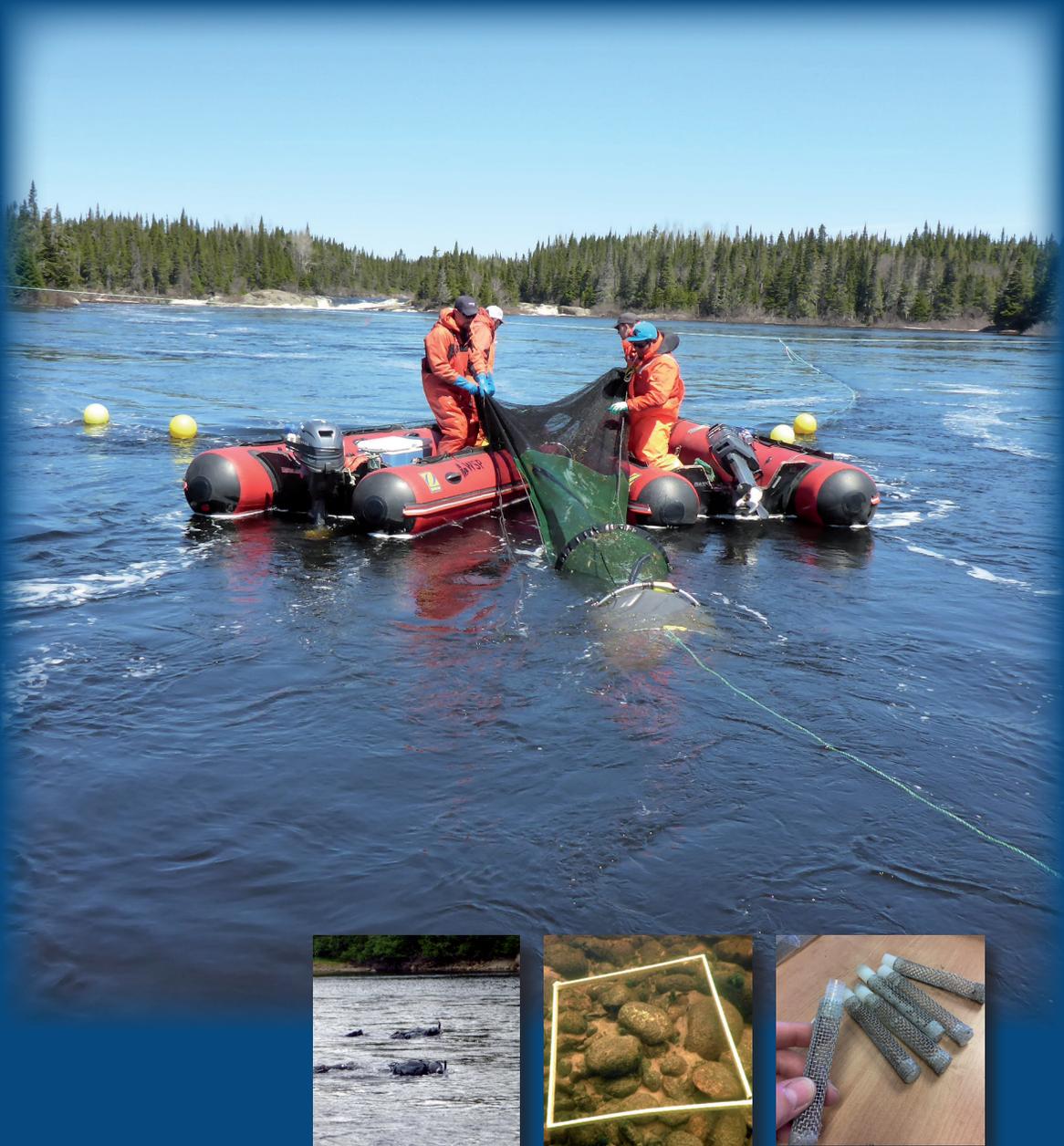


Complexe de la Romaine

Suivi de la population de saumon atlantique



DÉCEMBRE 2019



Complexe de la Romaine

Suivi environnemental 2018 en phase exploitation

Suivi de la population de saumon atlantique

Version finale

Décembre 2019

Préparé par :

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Bernard Aubé-Maurice'.

Responsable scientifique
Bernard Aubé-Maurice
Biologiste
WSP Canada Inc.

Préparé par :

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Guillaume Jeanmoye-Turcotte'.

Responsable scientifique
Guillaume Jeanmoye-Turcotte
Géomorphologue
WSP Canada Inc.

Révisé et
approuvé par :

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Louis Belzile'.

Responsable scientifique
Louis Belzile
Directeur de projet
WSP Canada Inc.

Le présent rapport a été préparé à la demande d'Hydro-Québec, dans le contexte déterminé par les termes spécifiques du mandat accordé à WSP Canada Inc. par Hydro-Québec et selon l'entente intervenue entre les deux parties. Aucune copie en tout ou en partie de ce rapport ne peut être réalisée par un tiers sans le consentement explicite d'Hydro-Québec.

Référence pour fins de citation :

AUBÉ-MAURICE, B., BELZILE, L., JEANMOYE-TURCOTTE, G et J.-C. GUAY. 2019. *Complexe de la Romaine. Suivi environnemental 2018 en phase exploitation. Suivi de la population de saumon atlantique*. Préparé pour Hydro-Québec. 128 p. et annexes. Version finale.

Mots clés : Saumon atlantique, dévalaison, smolt, smoltification, taux de croissance, montaison, barrière de dénombrement, décompte de nids, dénombrement de juvéniles, entraînement de juvéniles, tapis d'antennes, échouage de saumons juvéniles, intégrité des aménagements, embryons, capsule d'incubation, alevin, tacon, méthode, suivi, complexe hydroélectrique, centrale, barrage, rivière Romaine

HydroDoc : HQ-2019-056

Sommaire

Référence pour fins de citation :

AUBÉ-MAURICE, B., BELZILE, L., JEANMOYE-TURCOTTE, G et J.-C. GUAY. 2019. *Complexe de la Romaine. Suivi environnemental 2018 en phase exploitation. Suivi de la population de saumon atlantique*. Préparé pour Hydro-Québec. 128 p. et annexes. Version finale.

Résumé :

En 2018, neuf activités étaient prévues au programme de suivi environnemental du saumon atlantique (*Salmo salar*) dans la rivière Romaine, soit : l'étude des smolts en dévalaison, le suivi de la montaison des saumons adultes, le suivi de l'entraînement des saumons juvéniles à la suite de changements de débit, l'inventaire des juvéniles sur certaines aires d'élevage, la caractérisation du substrat de surface dans les habitats aménagés, le suivi du déroulement de la fraie, le dénombrement des nids de saumons après la fraie à l'automne, la vérification de l'échouage des juvéniles lors du passage de deux à un groupe turbine-alternateur à la centrale de la Romaine-1, ainsi que l'évaluation de la survie des embryons dans les principales frayères du cours principal de la Romaine (implantation des embryons seulement en 2018). Toutes ces activités ont eu lieu au cours du printemps, de l'été ou de l'automne 2018, à l'exception de la vérification de l'échouage qui n'a pas pu être réalisée, car les conditions de débits n'ont pas été propices à la tenue de cette activité.

L'année 2018 s'inscrit dans la période globale de transition (2014-2021) associée au remplissage des réservoirs et à la mise en fonction des installations hydroélectriques. Toutefois, aucun réservoir n'a été rempli en 2018. Bien que les conditions de débit se rapprochaient des conditions qui prévaudront en période d'exploitation, lorsque le Complexe sera terminé, des ajustements au patron de gestion de l'eau à la centrale de la Romaine-1 ont été apportés à l'automne 2018, afin de réduire l'amplitude et la fréquence des variations de débit en période hivernale. Ces ajustements ont été soumis aux autorités gouvernementales.

La dévalaison des smolts au PK 5 de la Romaine s'est déroulée du 14 juin au 17 juillet 2018, soit environ deux semaines plus tard que lors des années de référence (2013 et 2014). Ce retard avait également été observé en 2015, 2016 et 2017. Le principal pic d'abondance est survenu le 28 juin, mais des pics de moindre amplitude ont aussi été enregistrés le 22 juin et le 1^{er} juillet. Les analyses génétiques indiquent que **79 %** des smolts ont une affiliation de la Puyjalon, comparativement à **21 %** pour la Romaine. La prédominance des smolts affiliés à la Puyjalon est plus marquée depuis 2016. Contrairement à 2017, aucun des smolts analysés n'a pu être associé aux ensemencements faits en 2015 (Romaine) ou en 2016 (Romaine et Puyjalon). Comme en 2017 et en 2013, deux estimations d'abondance des smolts ont été menées avec une méthode de CMR, dans la Romaine au PK 5 et dans la Puyjalon près de son embouchure. L'étude de CMR dans la Puyjalon permet d'estimer la population de smolts de

cette rivière à 9 284. Pour le site au PK 5 de la Romaine, le nombre de smolts capturés, marqués et recapturés a été particulièrement faible en 2018, ne permettant pas un calcul de CMR jugé fiable pour ce site. Dans ce contexte, il a été jugé préférable d'extrapoler l'estimation obtenue pour la Puyjalon à l'ensemble du bassin de la Romaine en utilisant les proportions d'appartenance issues des analyses génétiques des smolts capturés au PK 5 de la Romaine, comme cela avait aussi été fait en 2017 et 2013. Ainsi, la population de smolts en dévalaison dans la Romaine en 2018 est évaluée à environ **11 721** individus, dont approximativement **2 437** sont affiliés à la Romaine et **9 284** à la Puyjalon (reproduction naturelle seulement). Les données préliminaires sur le nombre de smolts produit par nid de fraie pour la cohorte d'œufs de 2014 indiquent que la décroissance observée chez les cohortes d'œufs précédentes dans le cours principal de la Romaine se poursuivrait.

La présence abondante d'algues à la dérive dans le cours principal de la Romaine, qui est observée depuis 2015 et qui entraîne le colmatage des engins de pêche, serait associée à une augmentation temporaire de la teneur en phosphore dans la rivière en aval des réservoirs suivant la mise en eau de ceux-ci. Des algues étaient à nouveau abondantes en 2018, suivant la mise en eau du réservoir de la Romaine 3 en 2017.

L'âge moyen des smolts en dévalaison en 2018 est évalué à **2,25 ans** pour la population de la Romaine et à **2,53 ans** pour celle de la Puyjalon. Pour les cohortes d'œufs de 2010 à 2014 (données partielles pour 2014), l'âge à la smoltification varie de **2,00 ans** et à **2,35 ans** dans le cours principal de la Romaine comparativement à **2,38 ans** à **2,84 ans** dans la Puyjalon. Les comparaisons de croissances interannuelles indiquent également des croissances annuelles plus élevées dans la Romaine.

En 2018, **164 saumons** en montaison ont été enregistrés à la barrière de comptage installée au PK 7,3 de la Romaine. Le premier saumon a franchi la barrière de comptage le 15 juillet et le dernier, le 2 septembre. Les trois principaux pics de montaison ont été enregistrés le 17 juillet, le 28 juillet et le 10 août et 93 % des saumons ont migré entre le 16 juillet et le 15 août, ce qui représente un retard d'environ deux semaines par rapport à la montaison de 2015, qui avait elle-même été plus tardive que celles de 2010 et de 2013. Les débits très élevés, conjugués à la présence d'une grande quantité de débris à la dérive dans la colonne d'eau, ont nui au bon fonctionnement de la barrière au début de la période de montaison et pourraient avoir compromis son étanchéité pour une courte période vers la fin juin. Il est donc possible que quelques saumons additionnels aient traversé la barrière sans être comptés, mais ce nombre est vraisemblablement faible. Le total de 164 saumons ayant franchi la barrière de comptage est donc considéré représentatif de la montaison annuelle. Les proportions de madeleineaux et de rédibermarins s'élèvent respectivement à **39 %** (longueur moyenne à la fourche de 53,9 cm) et à **61 %** (longueur moyenne à la fourche de 84,4 cm), ce qui est similaire aux évaluations des années précédentes.

Le suivi de l'entraînement des saumons juvéniles vise à valider que les règles de gestion des débits établis sont adéquates pour permettre aux saumons juvéniles de se maintenir dans leurs habitats. Ce suivi repose sur l'utilisation d'un tapis d'antennes télémétriques installé en 2016 sur l'habitat d'élevage amont du PK 49 et sur le marquage de juvéniles à l'aide de transpondeurs passifs. Les mouvements des juvéniles peuvent ensuite être documentés en continu sur l'habitat d'élevage alors que des campagnes de détection télémétrique mobile permettent de localiser ponctuellement les juvéniles marqués à l'extérieur de celui-ci.

À l'automne 2018, des transpondeurs passifs ont été implantés sur 110 juvéniles. La campagne de détection mobile réalisée à la mi-novembre n'a toutefois pas permis de détecter de juvéniles dans le secteur des PK 48,5 à 50,5. À cet égard, la profondeur de détection de l'antenne ne permet pas toujours de couvrir adéquatement le fond de la rivière.

En 2018, les densités de saumons juvéniles sur les aires d'élevage aménagées aux PK 49 et 51 ont été particulièrement faibles. En août, seulement six juvéniles ont été aperçus, tous des tacons, dont quatre dans l'habitat d'élevage amont du PK 49. Ce site est caractérisé par la plus grande abondance de saumons juvéniles parmi les sites aménagés à chacun des suivis depuis 2015. En octobre, aucun juvénile n'a été aperçu. Comme au cours des années précédentes, les habitats aménagés étaient partiellement recouverts de sable, notamment dans le cas de l'aire d'élevage du PK 51. Sur ce site, le sable semblait nettement plus abondant qu'au cours des années précédentes.

Le suivi du déroulement de la fraie indique qu'elle s'est terminée au début de novembre sur le cours principal de la Romaine en 2018, soit légèrement plus tard qu'en conditions naturelles. Dans les rivières Allard et Bat-le-Diable, la fraie était terminée lors du décompte de nids, les 4 et 5 novembre respectivement. Dans la rivière Puyjalon, la fraie n'était toutefois pas encore complétée lors de la première tentative de décompte les 4 et 5 novembre. Le dénombrement des nids sur ce tributaire a donc été entièrement refait le 12 novembre, date à laquelle la fraie était terminée. Un total de **137 nids** de fraie du saumon a été comptabilisé dans le bassin versant de la Romaine en 2018, ce qui est inférieur aux trois années précédentes (2015 à 2017), mais plus élevé qu'au cours des cinq premières années du suivi annuel (2010 à 2014). La répartition des nids entre le cours principal de la Romaine et ses tributaires est similaire à ce qui avait été observé en 2017, mais les nombres de nids sont en baisse avec **74 nids** dans le cours principal, **54 nids** dans la Puyjalon, **6 nids** dans la Bat-le-Diable et **3 nids** dans la rivière Allard.

Pour la cinquième année consécutive, soit depuis que le débit de la Romaine est régularisé, plus de la moitié des nids du cours principal de la Romaine ont été dénombrés en amont de la chute à Charlie, soit **70 %**. Les frayères aménagées ont à nouveau été utilisées par les saumons, avec près de la moitié des nids recensés dans le cours principal de la Romaine en 2018 (36 nids). Une augmentation notable de l'utilisation de la frayère aménagée du PK 51 a d'ailleurs été observée en 2018 (10 nids comparativement à 4 en 2017).

Pour la deuxième fois en condition d'exploitation, un suivi de la survie des embryons de saumons est prévu en 2018-2019 sur les principales frayères naturelles (PK 34,5 et 46,2) et aménagées (PK 49 et 51) du cours principal de la Romaine. Ce suivi est réalisé à l'aide de capsules d'incubation, à raison de 36 capsules contenant 12 embryons chacune par frayère, réparties sur trois îlots. Les capsules ont été implantées comme prévu sur les deux frayères aménagées et sur la frayère naturelle du PK 49. Toutefois, les conditions climatiques au moment de l'implantation des capsules le 16 novembre 2018 sur la frayère du PK 34,5 n'ont pas permis que ceux-ci soient implantés de façon sécuritaire. Ainsi, les 36 capsules d'embryons destinées à cette frayère ont plutôt été distribuées sur les trois autres frayères à l'étude, à raison d'un îlot additionnel par frayère.

La fraie artificielle réalisée aux installations du LARSA la veille de l'implantation a permis la création de 12 lignées d'œufs issues de trois mâles et quatre femelles. Dans chacun des îlots, 12 capsules contenant chacune 12 œufs d'une même lignée parentale ont été regroupées par six sur des supports à capsules, à raison de deux supports par îlot et de quatre îlots par frayère. Le taux de mortalité post-fécondation (24 heures après la fraie) des œufs insérés dans les 144 capsules s'élève à **58,3 %**. Un total de **801 œufs** vivants a donc été enfoui dans trois des quatre principales frayères de la Romaine. Le taux de survie jusqu'à l'éclosion sera connu seulement au printemps 2019, lorsque les capsules seront retirées du substrat des frayères, aux environs de la date présumée où 50 % des œufs auront éclos. Cette date sera estimée à l'aide de l'évolution de la température de l'eau de la Romaine et du suivi de l'éclosion des œufs dans les lots témoins conservés au site d'incubation de la Société saumon de la rivière Romaine (SSRR) sur la rivière (PK 3).

Executive Summary

Reference to mention:

AUBÉ-MAURICE, B., BELZILE, L., JEANMOYE-TURCOTTE, G and J.-C. GUAY. 2019. *Romaine Complex. 2018 Environmental Monitoring – Operation Phase. Monitoring of the Atlantic Salmon Population*. Prepared for Hydro-Québec. 128 p. and Appendices. Final version.

Summary:

Nine activities were planned for the 2018 Environmental Monitoring Program for Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the Rivière Romaine, i.e. study of the descent of smolts, monitoring of the upstream migration of adult salmon, monitoring of juvenile salmon downstream entrainment following changes in flow, inventory of juvenile salmon in created rearing areas, characterization of the surface substrate in created habitats, monitoring of spawning, counting of salmon nests after the fall spawning, checking for stranded juvenile salmon (after passage from two to one generating unit at the Romaine-1 generating station), as well as the assessment of the embryonic survival in the primary spawning grounds of the main stem of the Rivière Romaine (embryos were only implanted in 2018). All activities took place during the spring, summer or fall of 2018, except the activity consisting in checking for stranded juvenile salmon which could not be carried out as the flow conditions were not conducive for this activity.

The year 2018 falls within the overall transition period (2014-2021) associated with filling of the reservoirs and commissioning of the hydroelectric facilities. However, no reservoirs were filled in 2018. Even though the flow conditions resembled the conditions that will prevail during operation, when work at the Romaine Complex is finished, adjustments to the water management pattern of the Romaine-1 generating station were made in the fall of 2018 to reduce the amplitude and frequency of flow variations during winter. These adjustments were presented to the governmental authorities.

The downstream migration of smolts at KP 5 on the Rivière Romaine took place from June 14 to July 17, 2018, i.e. approximately two weeks later than in the reference years (2013 and 2014). This delay had also been observed in 2015, 2016 and 2017. The main peak of abundance occurred on June 28, but smaller peaks were also recorded on June 22 and July 1. Genetic analyses show that **79%** of smolts are affiliated to the Puyjalon, compared to **21%** to the Romaine. The prevalence of smolts affiliated to the Puyjalon has been more pronounced since 2016. Unlike in 2017, none of the smolts analyzed could be associated with the stocking conducted in 2015 (Romaine) or in 2016 (Romaine and Puyjalon). As in 2017 and 2013, two estimates of smolt abundance were conducted in the Romaine (KP 5) and in the Puyjalon (near its mouth) using the capture-mark-recapture (CMR) method. The capture-mark-recapture study in the Puyjalon made it possible to estimate the smolt population of this river at 9,284. For the site at KP 5 on the Romaine, the number of smolt captured, marked and recaptured was

particularly low in 2018, thus making it impossible to get a CMR calculation deemed reliable for this site. It was therefore considered preferable to extrapolate the estimate obtained for the Puyjalon to the entire Romaine basin using the proportions of affiliation derived from the genetic analyses of smolts caught at KP 5 of the Rivière Romaine, as had also been done in 2017 and 2013. Thus, the population of smolts migrating downstream the Romaine in 2018 is estimated at approximately **11,721** individuals, of which approximately **2,437** are affiliated to the Romaine and **9,284** to the Puyjalon (natural reproduction only). Preliminary data on the number of smolts produced per spawning ground for the 2014 egg cohort indicates that the decline observed in previous egg cohorts in the main stem of the Rivière Romaine continues.

The overwhelming presence of drifting algae in the main stem of the Romaine, which has been observed since 2015 and causes the clogging of fishing gear, would be linked to a temporary increase in the phosphorus levels in the river downstream of the reservoirs following their impoundment. Algae was again found in great quantity in 2018 following the impoundment of the Romaine 3 reservoir in 2017.

The average age of smolts migrating downstream in 2018 was estimated at **2.25** and **2.53 years** for the population in the Romaine and in the Puyjalon respectively. For the egg cohorts of 2010 to 2014 (partial data for 2014), the age at smoltification ranges from **2.00 years** to **2.35 years** in the main stem of the Romaine and from **2.38 years** to **2.84 years** in the Puyjalon. When comparing the interannual growth, the Romaine also shows higher annual growth.

In 2018, **164 salmon** migrating upstream were recorded at the counting fence installed at KP 7.3 on the Rivière Romaine. The first and last salmon crossed the counting fence on July 15 and September 2 respectively. The three main upstream migration peaks were recorded on July 17, July 28 and August 10 and 93% of salmon migrated between July 16 and August 15, which represents a delay of about two weeks compared to the 2015 upstream migration, which was itself later than the 2010 and 2013 upstream migrations. The very high flows, combined with the presence of a large amount of drifting debris in the water column, affected the proper operation of the fence at the beginning of the migration period and could have compromised its efficiency for a short period towards the end of June. It is therefore possible that a few additional salmon may have crossed the fence without being counted, but this number is most likely small. The total of 164 salmon having crossed the counting fence is therefore considered representative of the annual upstream migration. The proportions of first-sea-winter and multi-sea-winter salmon are **39%** (mean fork length of 53.9 cm) and **61%** (mean fork length of 84.4 cm), respectively, which is similar to previous years' assessment.

Monitoring of juvenile salmon entrainment is intended to validate that the established flow management rules are suitable to allow juvenile salmon to stay in their habitats. This monitoring is based on the use of a telemetry antenna array installed in 2016 in the upstream created rearing habitat at KP 49 and on the marking of juveniles using passive transponders. The movement of juveniles within the rearing habitat can then be continuously documented, while mobile telemetry detection campaigns make it possible to locate the marked juveniles outside the habitat.

In the fall of 2018, passive transponders were implanted on 110 juveniles. However, no juveniles were detected in the KP 48.5 to 50.5 sector during the mobile detection campaign carried out in mid-November. In this regard, the detection depth of the antenna does not always adequately cover the river bed.

In 2018, densities of juvenile salmon in created rearing areas at KP 49 and 51 were particularly low. In August, only six juveniles were observed, all parrs, including four in the rearing habitat upstream of KP 49. This site is characterized by the greatest abundance of juvenile salmon among the sites created for each of the monitoring campaigns since 2015. In October, no juvenile was observed. As for previous years, the created habitats were partially covered with sand, notably the rearing area at KP 51. At this site, the sand appeared to be much more abundant than in previous years.

Monitoring of spawning in 2018 indicates that it ended in early November on the main stem of the Rivière Romaine, slightly later than under natural conditions. In Rivière Allard and Rivière Bat-le-Diable, spawning was finished when it came time for counting nests on November 4 and 5, respectively. However, in Rivière Puyjalon, spawning was not yet finished at the time of the first count attempt on November 4 and 5. The counting of nests on this tributary was therefore conducted on November 12 (spawning was finished at that date). A total of **137 salmon nests** were recorded in the Romaine watershed in 2018, which is lower than the three previous years (2015 to 2017), but higher than in the first five years of the annual monitoring (2010 to 2014). The distribution of nests between the main stem of the Romaine and its tributaries is similar to what was observed in 2017, but the number of nests is in decline: **74 nests** in the main stem, **54 nests** in the Puyjalon, **6 nests** in the Bat-le-Diable and **3 nests** in the Allard.

For the fifth consecutive year, i.e. since the flow of the Romaine has been regularized, more than half of the nests (**70%**) in the main stem of the Romaine have been counted upstream of the Chutes à Charlie. The created **spawning** grounds were again used by salmon, with nearly half of the nests recorded in the main stem of the Romaine in 2018 (36 nests). A significant increase in the use of the spawning ground at KP 51 was observed in 2018 (10 nests compared to four in 2017).

For the second time under operating conditions, monitoring of salmon embryo survival was planned for 2018-2019 on the main natural (KP 34.5 and 46.2) and created (KP 49 and 51) spawning grounds in the main stem of the Rivière Romaine. This monitoring was carried out using incubation capsules: 36 capsules containing 12 embryos each per spawning ground, distributed over three plots. The capsules were implanted as planned on the two created spawning grounds and on the natural **spawning** ground at KP 49. However, the climatic conditions when the capsules were implanted on November 16, 2018, on the spawning ground at KP 34.5 did not allow for a safe implantation. Thus, the 36 embryo capsules intended for this spawning ground were distributed among the other three spawning grounds under study, with one additional plot per spawning ground.

The artificial spawning at the LARSA facilities the day before implantation resulted in the creation of 12 egg lines from three males and **four** females. For each plot, 12 capsules each containing 12 eggs from the same parent line were grouped by six on capsule holders, with two

holders per plot and four plots per spawning ground. The post-fertilization mortality rate (24 hours after spawning) of eggs introduced in the 144 capsules is **58.3%**. A total of **801 live eggs** were therefore buried in three of the four main spawning grounds of the Romaine. The survival rate to hatching will only be known in the spring of 2019, when the capsules are removed from the substrate of the spawning grounds, around the assumed date when 50% of the eggs will have hatched. This date will be estimated using the evolution of the water temperature of the Romaine and the monitoring of egg hatching in the control batches stored at the Société saumon de la rivière Romaine (SSRR) incubation site on the Rivière Romaine (KP 3).

Équipe de réalisation

Hydro-Québec

Coordonnatrice du suivi environnemental :
Maude Richard St-Vincent

Responsable scientifique :
Jean-Christophe Guay

WSP Canada Inc.

Directeurs de projet :
Louis Belzile
Jean Daneau

Chargé de projet :
Bernard Aubé-Maurice

Analyse et rédaction :
Bernard Aubé-Maurice
Louis Belzile
Guillaume Jeanmoye-Turcotte
Marie-Ève Larouche

Collaborateur :
Georges Morin

Travaux de terrain :

Carl Gauthier (coordonnateur principal)
Stéphane Geissel
Nicolas Rathé
Dominick Cuerrier
Olivier Barthell Mailhot
David Bérubé
Luc Bilodeau
Maxime Bouchard
Georges-Antoine Boudreau
Richard Brunet
Jacob Carrier
Jean-Pierre Chabot
Félix Charbonneau-Comte
Carlos Delgado
Christian Demers
Jérémy Desjardins
Rémi Duhamel

Frédéric Milord (agent de plongée)
Frédéric Gagné
Pier-Luc Gagnon
Patrick Garneau
Jérémy Gauthier-Boutin
Marie-Claude Julien
Olivier Langlois-Tremblay
Bernard Larochelle
Marie-Ève Larouche
Charles Otis
Laury Parent
Julie Simard
Antoine Therrien
Cynthia Thibault
Philippe Thibault
Joanie Tremblay
Julien Tremblay

Infographie :
Diane Gagné
Maude Le Houillier-Viens

Édition :
Linette Poulin
Cathia Gamache

Uanan Experts-Conseils inc.

Aides de terrain d'Ekuanitshit :

David Basile (coordonnateur)

Moïse-Alexis Basile

Pierre Desjardins

Nicolas Fontaine

Robert Guillemette

Jean-Philippe Hervieux

Antoine Ishpatao

Russel Malec

Allen Mollen

Athanase Napess Mestokosho

Nico Napess

Mike Natkush

Keanu Nolin

Omer Nolin

Samuel Picard

Nicolas Pietacho

Robert Wapistan

Sigles et abréviations

CMR	Capture-marquage-recapture
E.T.	Écart type
I.C.	Intervalle de confiance
IBIS	Institut de biologie intégrative et des systèmes
INRS	Institut national de la recherche scientifique
INRS-ETE	Institut national de la recherche scientifique – Centre Eau Terre Environnement
LARSA	Laboratoire de recherche en sciences aquatiques de l'Université Laval
LQE	Loi sur la qualité de l'environnement
LF	Longueur à la fourche
LT	Longueur totale
Moy.	Moyenne
MPO	Pêches et Océans Canada
PK	Point kilométrique
SSRR	Société saumon de la rivière Romaine
T/A	Turbine-alternateur

Table des matières

1. INTRODUCTION	1
1.1 Description sommaire du projet	1
1.2 Engagements et obligations.....	1
1.3 Revue des études antérieures	5
1.4 Objectifs et zone d'étude.....	8
2. DÉVALAISON DES SMOLTS.....	11
2.1 Matériel et méthode	11
2.1.1 Plan d'échantillonnage et sites d'étude.....	11
2.1.2 Engins de pêche et période d'échantillonnage	14
2.1.3 Marquage et transport des smolts	16
2.1.4 Estimation d'abondance des smolts	17
2.1.5 Mesures, prélèvements et analyses en laboratoire	18
2.1.6 Traitement des données	21
2.1.7 Débit et température de l'eau.....	21
2.2 Résultats et discussion	21
2.2.1 Débit et température de l'eau.....	21
2.2.2 Chronologie de la dévalaison	22
2.2.2.1 Rivière Romaine.....	22
2.2.2.2 Rivière Puyjalon	28
2.2.3 Capture et recapture.....	31
2.2.4 Abondance des smolts	32
2.2.4.1 Efficacité des trappes.....	32
2.2.4.2 Facteurs affectant le nombre de captures.....	33
2.2.4.3 Estimation de l'abondance de la population.....	34
2.2.4.4 Relation entre le nombre de nids et la dévalaison des smolts	36
2.2.4.5 Algues à la dérive dans la colonne d'eau.....	38
2.2.5 Caractéristiques biologiques de la population	39
2.2.5.1 Âge, longueur, masse et coefficient de condition.....	39
2.2.5.2 Âge à la smoltification par cohorte d'œufs	41
2.2.5.3 Rapport des sexes	42
2.2.5.4 Croissance annuelle.....	42
2.2.6 Autres espèces capturées	44

Table des matières (suite)

3.	MONTAISON DES SAUMONS ADULTES.....	47
3.1	Matériel et méthode	47
3.1.1	Description des principaux équipements.....	47
3.1.1.1	Barrière flottante.....	47
3.1.1.2	Système de comptage IchtyoS	48
3.1.1.3	Plateforme de travail	48
3.1.1.4	Autres accessoires.....	51
3.1.2	Installation de la barrière de comptage	51
3.1.3	Données biologiques	53
3.2	Résultats et discussion	54
3.2.1	Débit et température de l'eau	54
3.2.2	Dénombrement des saumons adultes.....	54
3.2.3	Chronologie de la montaison du saumon.....	57
3.2.4	Caractéristiques biologiques des saumons adultes à la barrière de comptage.....	57
3.2.5	Comparaison interannuelle.....	58
3.2.6	Dénombrement des autres espèces de poisson	59
4.	ENTRAÎNEMENT DES SAUMONS JUVÉNILES	61
4.1	Matériel et méthode	62
4.1.1	Description des principaux équipements.....	62
4.1.1.1	Tapis d'antennes télémétriques et antenne mobile.....	62
4.1.1.2	Transpondeurs passifs.....	62
4.1.2	Captures de juvéniles et implantation des transpondeurs passifs.....	62
4.1.2.1	Implantation des transpondeurs passifs.....	65
4.1.3	Détection mobile.....	66
4.2	Résultats et discussion	66
4.2.1	Débit et température de l'eau	66
4.2.2	Marquage des saumons juvéniles	66
4.2.3	Détection des saumons juvéniles	68
4.2.3.1	Détection mobile	68
4.2.3.2	Détection par le tapis d'antennes.....	68
4.2.4	Autres espèces capturées	68

Table des matières (suite)

5. INVENTAIRE VISUEL DE SAUMONS JUVÉNILES DANS LES HABITATS AMÉNAGÉS ET CARACTÉRISATION DU SUBSTRAT	71
5.1 Matériel et méthode	71
5.1.1 Inventaire de saumons juvéniles dans les habitats d'élevage aménagés	71
5.1.2 Recouvrement du substrat.....	72
5.1.2.1 Estimation du recouvrement en sédiments fins.....	72
5.1.2.2 Estimation du recouvrement en algues	75
5.2 Résultats et discussion	75
5.2.1 Débit et température de l'eau.....	75
5.2.2 Inventaire de saumons juvéniles dans les habitats d'élevage aménagés	75
5.2.3 Recouvrement du substrat.....	80
5.2.3.1 Estimation du recouvrement en sédiments fins.....	80
5.2.3.2 Estimation du recouvrement en algues	87
6. DÉCOMPTE DE NIDS DE FRAIE	89
6.1 Matériel et méthode	89
6.1.1 Déroulement de la fraie	89
6.1.2 Décompte de nids de fraie	89
6.2 Résultats et discussion	91
6.2.1 Déroulement de la fraie	91
6.2.1.1 Débit et température de l'eau	91
6.2.1.2 Observation des activités de reproduction du saumon	92
6.2.2 Décompte de nids de fraie	95
6.2.2.1 Nombre de nids de fraie en 2018	95
6.2.2.2 Comparaison interannuelle	99
6.2.2.3 Franchissabilité des chutes à Charlie.....	103
6.2.2.4 Estimation du nombre de nids avec œufs	103
6.2.2.5 Estimation du nombre de nids par femelle	105
6.2.2.6 Analyses génétiques sur les œufs prélevés dans les frayères de la Romaine.....	105
7. ÉCHOUAGE DES SAUMONS JUVÉNILES	107

Table des matières (suite)

8. SURVIE DES EMBRYONS	109
8.1 Matériel et méthode	109
8.1.1 Capsules d'incubation et support	110
8.1.2 Approvisionnement en embryons	110
8.1.2.1 Création des lignées parentales.....	110
8.1.2.2 Transport, acclimatation et encapsulation.....	111
8.1.3 Implantation des capsules	111
8.1.3.1 Plan expérimental	111
8.1.3.2 Piquage et mortalité post-fécondation.....	116
8.1.3.3 Implantation	116
8.1.4 Retrait des capsules	116
8.2 Résultats préliminaires.....	117
8.2.1 Débit et température de l'eau	117
8.2.2 Mortalité post-fécondation	117
8.2.3 Implantation dans les frayères.....	118
9. CONCLUSION.....	121
10. BIBLIOGRAPHIE.....	125

Liste des tableaux

Tableau 2-1	Dates auxquelles 50 %, 75 % et 90 % de la population de smolts en dévalaison ont été atteints au PK 5 de la Romaine	28
Tableau 2-2	Bilan des captures de smolts lors de l'étude de la dévalaison en 2018 au PK 5 de la Romaine	31
Tableau 2-3	Bilan des captures de smolts lors de l'étude de la dévalaison en 2018 dans la Puyjalon.....	31
Tableau 2-4	Répartition des smolts capturés au PK 5 de la Romaine en 2018.....	32
Tableau 2-5	Nombre de smolts capturés au PK 5 de la Romaine et succès de pêche entre 2013 et 2018	33
Tableau 2-6	Nombre de smolts capturés dans la Puyjalon et succès de pêche en 2017 et 2018	33
Tableau 2-7	Évaluation de l'abondance des smolts en dévalaison dans la Puyjalon en 2018 et répartition des smolts selon leur origine au PK 5 de la Romaine.....	35
Tableau 2-8	Évaluation de l'abondance des smolts en dévalaison dans la Romaine en 2018	35
Tableau 2-9	Évaluation de l'abondance des smolts en dévalaison dans la Romaine entre 2005 et 2018	36
Tableau 2-10	Nombre moyen de smolts produits par nid de fraie pour les cohortes d'œufs de 2010 à 2015	38
Tableau 2-11	Caractéristiques biologiques des smolts de la Romaine et de la Puyjalon en 2018	40
Tableau 2-12	Nombre total de smolts en dévalaison et âge à la smoltification selon les cohortes d'œufs de 2010 à 2014 et leur provenance	41
Tableau 2-13	Rapport des sexes des smolts capturés au PK 5 de la Romaine en 2018	42
Tableau 2-14	Croissance interannuelle des smolts des rivières Romaine et Puyjalon	43
Tableau 2-15	Nombre de poissons par espèce capturés dans la Romaine en 2018.....	45
Tableau 2-16	Nombre de poissons par espèce capturés dans la Puyjalon en 2018	45

Liste des tableaux (suite)

Tableau 3-1	Dates d'enregistrement du 25 ^e centile et du 75 ^e centile de la montaison en 2010, 2013, 2015 et 2018	57
Tableau 3-2	Caractéristiques biologiques des saumons adultes dénombrés à l'été 2018 à la barrière de comptage (PK 7,3)	58
Tableau 3-3	Nombre de saumons adultes dénombrés dans la Romaine	59
Tableau 3-4	Synthèse des déplacements vers l'amont des poissons recensés au PK 7,3 de la Romaine à l'été 2018 (31 mai au 3 septembre)	59
Tableau 4-1	Nombre de juvéniles capturés par jour pour les journées où on a eu recours à l'utilisation de la seine entre 2016 et 2018	67
Tableau 4-2	Nombre de juvéniles capturés par jour pour les journées où on a eu recours à l'utilisation de la pêche électrique entre 2016 et 2018	68
Tableau 4-3	Nombre de juvéniles capturés par jour indépendamment de l'engin de pêche utilisé (seine et/ou pêche électrique) entre 2016 et 2018	68
Tableau 4-4	Nombre de poissons par espèce capturés à la pêche électrique dans la Romaine à l'automne 2018	69
Tableau 4-5	Nombre de poissons par espèce capturés à la seine dans la Romaine à l'automne 2018	69
Tableau 5-1	Résultats de l'inventaire de juvéniles réalisé le 22 août 2018 dans les habitats d'élevage aménagés des PK 49 et PK 51	78
Tableau 5-2	Résultats de l'inventaire de juvéniles réalisé du 28 au 30 octobre 2018 dans les habitats d'élevage aménagés des PK 49 et PK 51	78
Tableau 5-3	Résultats de l'inventaire de juvéniles de 2015 à 2018 dans l'habitat d'élevage amont du PK 49.....	79
Tableau 5-4	Résultats de l'inventaire de juvéniles de 2015 à 2018 dans l'habitat d'élevage aval du PK 49	80
Tableau 5-5	Résultats de l'inventaire de juvéniles de 2015 à 2018 dans l'habitat d'élevage du PK 51	80
Tableau 5-6	Évolution de la superficie (m ²) recouverte de sable entre 2016, 2017 et 2018 sur la frayère du PK 49 et du PK 51	81
Tableau 5-7	Évolution de la superficie (m ²) recouverte de sable entre 2016, 2017 et 2018 sur l'habitat d'élevage amont du PK 49 et sur l'habitat d'élevage du PK 51	87

Liste des tableaux (suite)

Tableau 6-1	Température de l'eau et principales observations sur les frayères du cours principal de la Romaine pendant le déroulement de la fraie	92
Tableau 6-2	Moment du décompte des nids, température de l'eau et état d'avancement de la fraie, entre 2010 et 2018	95
Tableau 6-3	Nombre de nids de fraie et température de l'eau sur les frayères à saumon du bassin versant de la Romaine en 2018	95
Tableau 6-4	Nids de fraie du saumon dénombrés dans les portions accessibles du bassin versant de la Romaine entre 2003 et 2018.....	100
Tableau 6-5	Nids de saumon dénombrés dans les frayères du cours principal de la Romaine entre 2001 et 2018.....	102
Tableau 6-6	Pourcentage de nids contenant des œufs lors des dénombrements des nids de fraie	104
Tableau 6-7	Estimation du nombre de nids par femelle pour les années où les montaisons ont été comptabilisées au PK 7,3 de la Romaine	105
Tableau 8-1	Mortalité post-fécondation (24 heures après la fraie) des œufs implantés dans les frayères de la Romaine le 16 novembre 2018	118
Tableau 8-2	Nombre d'embryons vivants implantés dans les frayères de la Romaine en 2018.....	119

Liste des cartes

Carte 1-1	Situation du projet	2
Carte 1-2	Zone d'étude des activités de suivi du saumon en 2018 dans la Romaine.....	9
Carte 2-1	Sites de capture des smolts dans la Romaine en 2018	12
Carte 2-2	Site de capture des smolts dans la Puyjalon en 2018	13
Carte 3-1	Barrière de comptage du saumon au PK 7,3 de la rivière Romaine.	49
Carte 4-1	Localisation des antennes télémétriques dans l'habitat d'élevage aménagé du PK 49	63
Carte 4-2	Localisation des sites de capture de juvéniles utilisés pour la télédétection en 2018 sur la rivière Romaine.....	64
Carte 5-1	Emplacement des stations de caractérisation du substrat de surface pour la frayère et les habitats d'élevage aménagés du PK 49.....	73
Carte 5-2	Emplacement des stations de caractérisation du substrat de surface pour la frayère et l'habitat d'élevage aménagés du PK 51.....	74
Carte 5-3	Inventaire des saumons juvéniles dans les habitats aménagés du PK 49	76
Carte 5-4	Inventaire des saumons juvéniles dans les habitats aménagés du PK 51	77
Carte 5-5	Évolution du recouvrement en sable sur les habitats aménagés du PK 49 en 2017 et 2018	83
Carte 5-6	Évolution du recouvrement en sable sur les habitats aménagés du PK 51 en 2017 et 2018	85
Carte 6-1	Répartition des nids de saumon dans le bassin versant de la rivière Romaine.....	97
Carte 8-1	Répartition des supports à capsules d'embryons au PK 46,2 de la Romaine.....	113
Carte 8-2	Répartition des supports à capsules d'embryons au PK 49 de la Romaine.....	114
Carte 8-3	Répartition des supports à capsules d'embryons au PK 51 de la Romaine.....	115

Liste des figures

Figure 1-1	Températures et débits près de l’embouchure de la Romaine en 2018.....	4
Figure 2-1	Filet-trappe utilisé pour la capture de smolts en 2018	15
Figure 2-2	Période de dévalaison des smolts au PK 5 de la Romaine entre 2013 et 2018	24
Figure 2-3	Contribution relative des smolts de la Puyjalon et de la Romaine dans les captures de smolts au PK 5 de la Romaine entre 2013 et 2018	26
Figure 2-4	Période de dévalaison des smolts dans la Puyjalon en 2017 et 2018	29
Figure 2-5	Période de dévalaison des smolts au PK 5 de la Romaine et dans la rivière Puyjalon en 2018.....	30
Figure 3-1	Chronologie de la montaison de saumons au PK 7,3 de la Romaine en 2010, 2013, 2015 et 2018	55
Figure 6-1	Températures et débits (PK 46) moyens journaliers de la Romaine en octobre et en novembre 2018	93
Figure 6-2	Répartition des nids de saumon entre 2001 et 2018 à l'échelle du bassin versant de la Romaine et du cours principal de la Romaine	101
Figure 8-1	Plan expérimental pour l’étude de la survie des embryons.....	112

Liste des annexes

- Annexe 1 Débits moyens journaliers et températures moyennes journalières de l'eau de la Romaine au PK 46 de 2010 à 2018 et débits horaires en 2018
- Annexe 2 Conditions d'autorisation du MELCC (n° 530-2009) et du MPO (n° 2015-006)
- Annexe 3 Étude génétique des smolts de la Romaine en 2018 (Perreault-Payette et coll., 2019)
- Annexe 4 Répertoire photographique
- Annexe 5 Données brutes de captures dans la Romaine et dans la Puyjalon en 2018
- Annexe 6 Données brutes des smolts capturés en 2018
- Annexe 7 Débits horaires de la Romaine à l'hiver et au printemps entre 2013 et 2018
- Annexe 8 Calcul de l'évaluation de la population de smolts par la méthode de capture-marquage-recapture (CMR)
- Annexe 9 Détail du calcul de l'âge à la smoltification par cohorte d'œufs
- Annexe 10 Détail du calcul du nombre de smolts produits par nid de fraie par cohorte d'œufs
- Annexe 11 Données brutes des enregistrements à la barrière de comptage en 2018
- Annexe 12 Passages de saumons adultes enregistrés par le système IchtyoS en 2018
- Annexe 13 Stades d'anesthésie
- Annexe 14 Données brutes des saumons juvéniles capturés dans la Romaine en 2018
- Annexe 15 Sites d'ensemencement d'alevins de 2015 à 2018 par la SSRR
- Annexe 16 Résultats détaillés de la caractérisation visuelle du substrat dans les habitats aménagés de la Romaine en 2018
- Annexe 17 Résultats détaillés du décompte de nids dans les frayères du cours principal de la Romaine et dans la Puyjalon et ses tributaires en 2018
- Annexe 18 Répartition des nids de saumon inventoriés sur le cours principal de la Romaine en 2018
- Annexe 19 Évaluation de la survie des embryons de saumon – Protocole de fraie 2018
- Annexe 20 Résultats détaillés de la mortalité post-fécondation des embryons implantés dans les frayères de la Romaine en 2018

1. Introduction

1.1 Description sommaire du projet

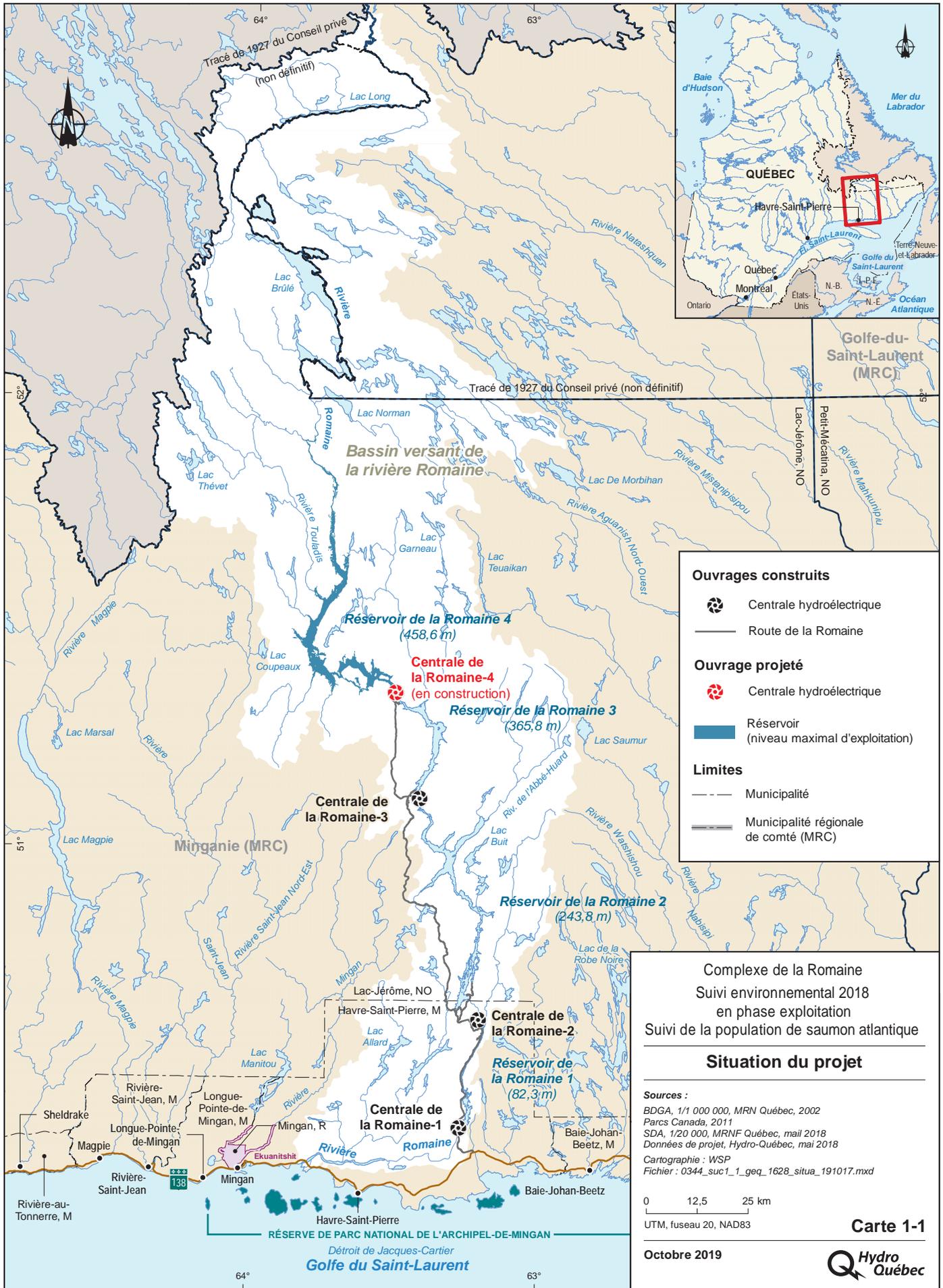
En mai 2009, les gouvernements fédéral et provincial autorisaient l'aménagement d'un complexe hydroélectrique sur la rivière Romaine (Complexe de la Romaine), au nord de la municipalité de Havre-Saint-Pierre, sur la Côte-Nord. Hydro-Québec a dès lors amorcé la construction de quatre centrales hydroélectriques d'une puissance totale de 1 550 MW sur ce cours d'eau. Chacun des quatre aménagements hydroélectriques de ce complexe, situés respectivement au PK 191,9 (Romaine-4), au PK 158,4 (Romaine-3), au PK 90,3 (Romaine-2) et au PK 51,5 (Romaine-1), comprend un barrage en enrochement, une centrale et un réservoir (carte 1-1). Les centrales de la Romaine-2, de la Romaine-1 et de la Romaine-3 ont respectivement été mises en service lors des automnes 2014, 2015 et 2017, à la suite du remplissage des réservoirs correspondant au cours des mois précédents. Il est prévu que la mise en eau du réservoir de la Romaine 4 débute au printemps 2020 et que la centrale de la Romaine-4 soit mise en service au printemps 2021. La superficie totale des quatre réservoirs projetés est de 279,2 km². Le projet inclut également la construction d'une route de 150 km reliant la route 138 aux aménagements hydroélectriques, ainsi qu'environ 500 km de lignes de transport d'énergie.

1.2 Engagements et obligations

La réalisation du complexe hydroélectrique de la Romaine est soumise au respect de nombreuses conditions et engagements, dont plusieurs concernent la protection de l'environnement et le suivi environnemental. Un programme de suivi environnemental pour la période de 2009 à 2040 a été déposé aux autorités gouvernementales en janvier 2010. Ce programme a été mis à jour pour le saumon en juin 2014, de concert avec les autorités concernées. Il couvre l'ensemble des éléments du suivi et comprend les objectifs poursuivis, les zones d'études, les méthodes retenues ainsi que le calendrier de réalisation. Ce programme comprend, entre autres, divers suivis sur la population de saumon qui permettront d'évaluer les effets de l'exploitation des aménagements hydroélectriques sur cette espèce, de même que l'efficacité des mesures d'atténuation, de bonification et de compensation mises en place dans le cadre du projet. Le saumon atlantique (*Salmo salar*), une espèce hautement valorisée, est peu abondant dans la Romaine où il fréquente le tronçon compris entre l'embouchure et le PK 51, où se trouvait une chute infranchissable pour le saumon avant la construction de la centrale de la Romaine-1.

En considérant que la mise en eau des réservoirs et l'exploitation des centrales entraîneront une modification du régime hydrologique de la Romaine, notamment dans le tronçon entre son embouchure et le canal de fuite de la centrale de la Romaine-1, un régime de débit réservé écologique a été établi, des modalités d'exploitation particulières ont été instaurées et des habitats (frayères et habitats d'élevage) ont été aménagés pour minimiser les impacts du projet sur le saumon atlantique. En conditions naturelles, le régime hydrologique de la Romaine était typique des rivières de la Côte-Nord, c'est-à-dire caractérisé par des crues printanières généralement fortes (1 500 m³/s en moyenne) et des étiages hivernaux prononcés (entre 75 et 100 m³/s).

L'étiage le plus prononcé survenait en hiver, alors que le débit minimal variait généralement de 58 à 84 m³/s (25^e et 75^e centile des débits moyens journaliers en février et mars, série de 1958 à 2004; Hydro-Québec, 2007). Ce régime est maintenant remplacé par un régime d'exploitation où le module annuel demeure le même, mais où le débit varie généralement à l'intérieur d'une plage plus restreinte, soit entre 140 et 525 m³/s (en moyenne), égal ou supérieur au régime de débits réservés écologiques.



Comme prévu, l'inertie thermique associée à la présence des réservoirs en amont a pour effet de retarder le réchauffement printanier de l'eau de la Romaine alors qu'à l'inverse, le refroidissement automnal se produit plus tard qu'en conditions naturelles. Les figures jointes à l'annexe 1 (annexes A1-1 et A1-2) montrent les débits journaliers et les températures journalières de la Romaine au PK 46 (station ROMA0944) entre 2010 et 2018. Elles illustrent les modifications associées à la mise en eau et à la présence de réservoirs dans la portion aval du bassin versant (Romaine 2 en 2014, Romaine 1 en 2015, puis Romaine 3 en 2017).

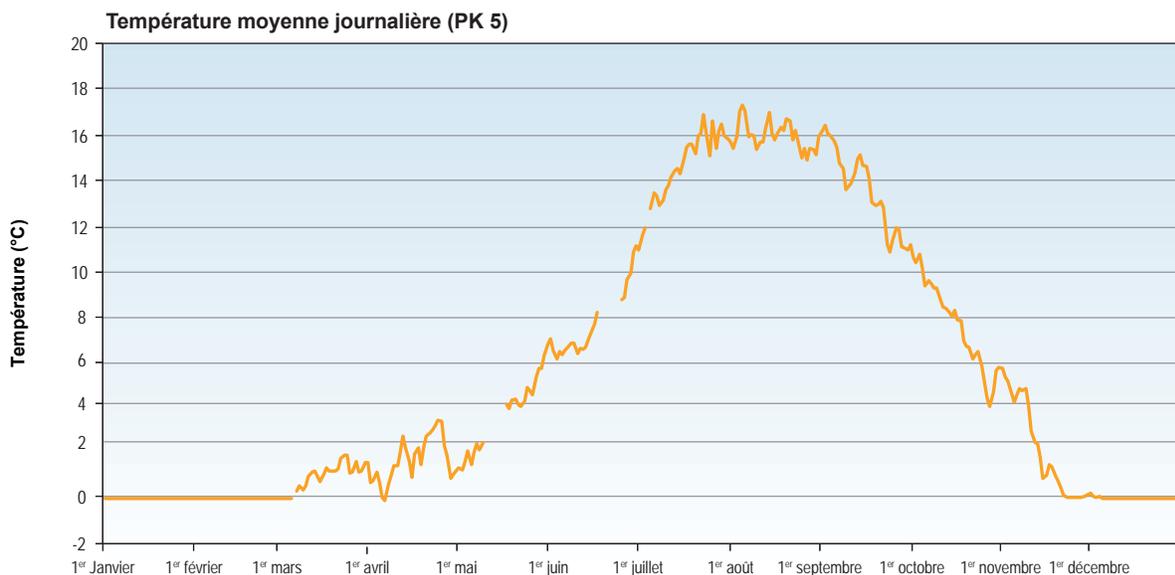
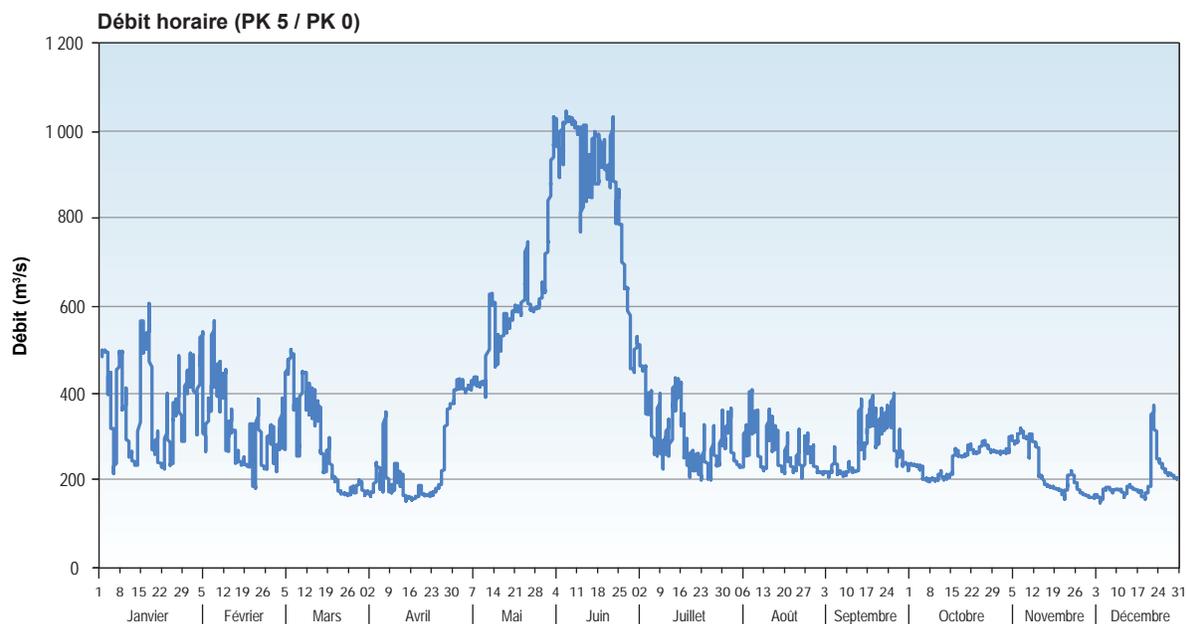
La construction de l'aménagement de la Romaine-2 a été complétée en 2014 et le remplissage du réservoir, d'une superficie de 85,8 km², s'est échelonné du 10 mai au 7 novembre 2014. La centrale a ensuite été mise en service le 21 novembre 2014. Le remplissage du réservoir de la Romaine 1, d'une superficie de 12,6 km² s'est déroulé du 23 septembre au 20 octobre 2015. La centrale de la Romaine-1 a ensuite été mise en service le 25 novembre 2015. Enfin, le réservoir de la Romaine 3, d'une superficie de 38,6 km², a été rempli en 2017, soit du 10 mai au 12 juin. La centrale de la Romaine-3 a ensuite été mise en service le 2 septembre 2017.

Depuis 2014, les conditions météorologiques et les contraintes techniques associées au remplissage des réservoirs causent une variabilité accrue des débits évacués comparativement aux conditions normales d'exploitation attendues. Cette variabilité est observée notamment lors des déversements qui entraînent une hausse subite du débit de la Romaine en aval des installations hydroélectriques. L'année 2018 s'insère dans la période transitoire qui s'échelonne jusqu'en 2021, soit jusqu'à la mise en service de la centrale de la Romaine-4. La présence de ce réservoir de 142,2 km² contribuera à réduire les fluctuations de débit associées aux apports naturels. La figure 1-1 montre les fluctuations de débit et de température à l'embouchure de la Romaine entre le début d'avril et la fin de novembre 2018. L'annexe A1-3 montre également les débits horaires enregistrés au PK 46 (station ROMA0944) au cours de l'année 2018.

Conformément à ses engagements et à ses obligations, Hydro-Québec a procédé à divers aménagements visant à maintenir ou à augmenter la production salmonicole de la Romaine. Des frayères et des habitats d'élevage ont ainsi été réalisés au printemps 2014 dans la portion amont de la Romaine accessible au saumon. Dans le secteur du PK 49, les aménagements incluent une frayère de près de 5 700 m² et deux habitats d'élevage totalisant environ 8 900 m². Plus près de la centrale de la Romaine-1, au PK 51, une autre frayère d'environ 1 550 m² a également été aménagée, de même qu'un habitat d'élevage de 6 300 m².

De plus, un régime de débits réservés écologiques minimum est appliqué en conditions d'exploitation à l'aval de la centrale de la Romaine-1 afin d'assurer le maintien de conditions propices à l'accomplissement de chacune des phases du cycle vital du saumon atlantique en rivière (Hydro-Québec, 2010). Du 7 juin au 7 juillet (période d'émergence des alevins), le débit réservé minimum est de 200 m³/s. Pour la période du 8 juillet au 15 octobre, le débit réservé minimum est de 170 m³/s. Par la suite, entre le 16 octobre et le 15 novembre, soit pendant la période de reproduction du saumon, le débit turbiné sera généralement maintenu à 200 m³/s pour éviter de perturber les activités de reproduction du saumon, sauf si les risques de déversement à l'évacuateur de crue sont élevés. Par la suite, à partir du 16 novembre au 6 juin (incubation des œufs), le débit réservé hivernal minimal est fixé à 140 m³/s, mais la gestion de l'eau se fait généralement entre 200 et 400 m³/s pour les besoins de puissance en hiver (le débit normal d'exploitation en hiver atteint rarement 140 m³/s sauf en cas de faible hydraulité et en cas de bris des deux groupes turbines-alternateurs de la centrale de la Romaine-1). Outre le respect d'un régime de débits réservés, certaines restrictions sur les arrêts et les redémarrages des groupes turbine-alternateur (T/A) de la Romaine-1 s'appliquent à certaines heures pour prévenir les risques d'échouage ou d'entraînement des juvéniles de saumon.

Figure 1-1 **Températures et débits près de l'embouchure de la Romaine en 2018**



Le présent document porte sur les activités réalisées en 2018 dans le contexte du programme de suivi du saumon. Il s'agit de l'évaluation du nombre de smolts¹ en dévalaison (6^e année consécutive de suivi depuis 2013), du suivi de la montaison des saumons adultes (4^e année de suivi après 2010, 2013 et 2015), du suivi de l'entraînement des saumons juvéniles (3^e année de suivi après 2016 et 2017), de l'inventaire des juvéniles sur les habitats aménagés (4^e année consécutive de suivi depuis 2015), de l'évaluation de l'intégrité des habitats aménagés (partie caractérisation visuelle du substrat de surface, 3^e année de suivi après 2016 et 2017), du déroulement de la fraie (4^e consécutive depuis 2015), du dénombrement des nids de saumons (9^e année consécutive depuis 2010) et, finalement, de l'estimation du taux de survie des embryons implantés dans les frayères de la Romaine (4^e suivi après 2010-2011, 2012-2013 et 2016-2017). Les résultats complets de ce dernier suivi ne seront connus qu'au printemps 2019, lorsque les embryons implantés dans les frayères de la Romaine à l'automne 2018 seront récupérés. Un troisième suivi de l'échouage des saumons juvéniles après 2016 et 2017 était également prévu en 2018, mais n'a toutefois pas pu être réalisé puisque les conditions de débit recherchées (passage de deux à un groupe T/A à Romaine-1 et maintien du débit à un groupe T/A pendant au moins 36 heures) ne se sont pas présentées en 2018. Le suivi de la qualité granulométrique des frayères a également été réalisé en 2018, mais fait l'objet d'un rapport distinct.

Ces activités sont liées à des engagements ou des conditions d'autorisations provenant :

- de l'étude d'impact :
 - le suivi du saumon est prévu au chapitre 47 de l'étude d'impact, section 47.2.3.
- du certificat d'autorisation du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) délivré en vertu de l'article 164 de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE) (référence 530-2009, annexe 2);
- de l'autorisation du ministère des Pêches et des Océans du Canada (MPO) (n° 2015-006, annexe 2).

1.3 Revue des études antérieures

Conditions à l'état de référence (2003-2014)

Lors des études d'avant-projet réalisées pour les besoins de l'étude d'impact sur l'environnement et de celles réalisées à la suite de l'obtention des autorisations gouvernementales en 2009, Hydro-Québec a dressé un état de référence détaillé de la population de saumon atlantique et de ses habitats dans la rivière Romaine (Hydro-Québec, 2007, 2008; GENIVAR, 2002, 2011, 2012a, 2013; WSP, 2014, 2015). Ces études ont permis, entre autres, d'estimer l'abondance de la population de saumons adultes en montaison, de caractériser la qualité des frayères naturelles, d'y dénombrer les nids de fraie, d'étudier les conditions hydrologiques permettant aux saumons de franchir les chutes à Charlie et d'estimer l'abondance de smolts produits annuellement dans la rivière.

1 Saumons dévalant vers la mer après leurs premières années de vie (généralement 2 ou 3 ans) passées en rivière.

Le saumon remontait la rivière Romaine jusqu'au pied de la Grande Chute (emplacement actuel de la centrale de la Romaine-1), localisée au PK 51, ainsi que la rivière Puyjalon, un tributaire important localisé au PK 13 de la Romaine. Le nombre de saumons en montaison a été estimé lors de trois années, soit par un système hydroacoustique, soit à l'aide d'une barrière de comptage. Les résultats indiquent que l'abondance de la population de saumons adultes est plutôt faible, avec des montaisons s'établissant respectivement à 330 en 2001, 151 en 2010 et 266 en 2013. La pêche sportive a d'ailleurs été fermée en 2011 à la suite de la faible montaison observée en 2010. Les estimations de la montaison comprennent les captures par les Innus (2010, 2013) et par la pêche sportive allochtone (2001 et 2010). Le nombre de saumons ayant participé à la fraie est donc plus faible, soit aux environs d'une cinquantaine en 2010 et de l'ordre de 125 en 2013.

Dans le cours principal de la Romaine, on trouvait quatre frayères avant le début de la construction du complexe hydroélectrique, situées aux PK 34,5, 46,2, 48,9 et 51,4. Les principales frayères sont celles situées aux PK 34,5 et 46,2. Elles ont été systématiquement utilisées par le saumon à chacune des années d'inventaires, tant avant qu'après le début de la construction du complexe hydroélectrique. La frayère du PK 48,9 n'était pas utilisée de façon régulière par le saumon avant 2014. Elle est encore utilisée de façon occasionnelle depuis cette année-là. Enfin, la frayère du PK 51,4, une frayère rarement utilisée en conditions naturelles, a été détruite lors de la construction de Romaine-1. Sa perte a été compensée par l'aménagement de frayères artificielles au PK 49 et au PK 51.

Plusieurs sites de fraie sont également présents dans la Puyjalon au pied d'obstacles infranchissables, soit dans un tronçon d'environ 5 km en aval du lac Puyjalon et dans deux tributaires de la Puyjalon, soit les rivières Allard et Bat-le-Diable. Un décompte des nids de fraie dans les rivières Romaine et Puyjalon a été réalisé en 2003 et 2004, puis annuellement depuis 2010. Le nombre de nids recensé a varié entre 196 en 2003 et 72 en 2014. Dans la Romaine plus spécifiquement, le nombre de nids a récemment fluctué entre 30 et 63 de 2010 à 2014. Sur l'ensemble des nids inventoriés dans le bassin de la Romaine accessible au saumon, la proportion des nids retrouvés dans le cours principal de la Romaine a varié entre 24 et 56 %, selon les années de l'état de référence.

Le nombre de smolts en dévalaison a été évalué à environ 21 300 en 2013 et à 27 800 en 2014. La mortalité étant généralement reconnue comme très importante en mer (98 %), en particulier depuis les années 1990, ces chiffres concordent à des retours de saumon de l'ordre de 300 individus, comme ceux évalués en 2001 et en 2013.

Aménagements pour le saumon (2014)

Comme précisé à la section 1.2, deux frayères ainsi que des habitats d'élevage adjacents ont été aménagés pour le saumon par Hydro-Québec en 2014 (GENIVAR, 2012b; Hydro-Québec, 2014). Ces aménagements sont localisés aux PK 51 et 49 de la rivière Romaine. Les critères de conception font en sorte que les conditions d'écoulement sur les frayères sont optimales pour les débits prévus d'exploitation de Romaine-1, soit 200 et 400 m³/s, et permettent l'ennoiement complet des deux frayères au débit réservé minimal de 140 m³/s prévu durant la période hivernale.

Suivis environnementaux en condition d'exploitation (2015-2017)

Bien que le remplissage du réservoir de la Romaine 2 ait débuté au printemps 2014, son remplissage n'a été complété qu'à la fin de 2014 et la centrale de la Romaine-2 a été mise en exploitation à compter du 21 novembre de la même année. L'année 2015 constitue ainsi la première année complète du suivi en phase exploitation avec des conditions d'hydraulicité modifiées dans la rivière Romaine. Mais c'est également une année de transition, car ce fut celle du remplissage du réservoir de la Romaine 1. En 2016, les conditions hydrauliques qui prévalaient dans la Romaine se rapprochaient davantage des conditions normales d'exploitation puisque les aménagements de la Romaine-1 et de la Romaine-2 étaient alors en service et que le débit de la Romaine n'a pas été influencé par le remplissage d'un réservoir et la mise en service d'une centrale. La variabilité des débits demeurerait toutefois plus élevée que lorsque le réservoir de la Romaine 4 accumulera les apports naturels de l'amont du bassin versant, causant ainsi le laminage des débits. En 2017, les conditions étaient à nouveau similaires à celles qui prévalaient en 2015, en raison du remplissage du réservoir de la Romaine 3.

En 2015, la montaison des saumons s'est échelonnée entre le 13 juin et le 26 août, et 85 % des saumons ont migré en juillet, soit plus tard que les années précédentes (2010 et 2013). La montaison totale a été estimée à 188 saumons en 2015, dont 172 comptés à la barrière au PK 7,3. De ceux-ci, 35 % étaient des madeleineaux et 65 % des rédibermarins, ce qui est similaire aux évaluations de 2010 et 2013.

De 2015 à 2017, la fraie du saumon dans le cours principal de la Romaine s'est déroulée à une période similaire à celle de 2010, malgré des températures de l'eau plus élevées. Ce constat semble indiquer que la photopériode a une influence marquée dans le déroulement de la fraie depuis que le régime thermique de la rivière a été modifié en 2015. Quant aux nombres de nids de saumons recensés dans l'ensemble du bassin versant de la Romaine, les années 2015 à 2017 affichent les plus hauts totaux depuis le début du suivi annuel en 2010, avec respectivement 151, 273 et 181 nids (WSP, 2016; WSP, 2017a; WSP, 2019). Cette augmentation traduit principalement la hausse considérable de nids recensés dans le cours principal de la Romaine avec 138, 205 et 93 nids entre 2015 et 2017, incluant une proportion considérable dans les frayères aménagées, en particulier celle du PK 49 (47, 86 et 25 nids).

Les travaux réalisés en 2015 et en 2016 ont également permis de constater que la dévalaison des smolts s'est déroulée environ deux semaines plus tard que lors des années précédentes. Ce décalage a cependant été nettement moins marqué en 2017, ce qui est vraisemblablement attribuable à la température printanière de l'eau plus élevée, se rapprochant des conditions de référence. Au cours de ces trois années, la population de smolts en dévalaison dans la Romaine a respectivement été évaluée à 12 277, à 15 443 et à 11 479 individus, ce qui est plus faible qu'au cours des deux années précédentes. Il est à souligner que les travaux réalisés jusqu'ici en conditions d'exploitation ont été compliqués par la présence d'une algue filamenteuse dans la colonne d'eau augmentant la résistance offerte par les engins de capture. Ce phénomène serait associé à la mise en eau des réservoirs et serait toutefois limité à quelques années. D'ailleurs, les algues étaient moins abondantes au printemps et à l'été 2017, alors que le plus récent remplissage de réservoir remontait à 2015.

Certaines activités de suivi ont été réalisées uniquement depuis le début de la période d'exploitation des aménagements hydroélectriques, soit celles qui concernent l'utilisation et l'intégrité des habitats aménagés en 2014 (inventaire des juvéniles sur les habitats aménagés et intégrité de ceux-ci), de même que celles associées à la gestion des débits de la Romaine (entraînement et échouage des saumons juvéniles). L'inventaire de juvéniles dans les habitats aménagés indique que l'aire d'élevage amont du PK 49 est la plus utilisée, et ce, chaque année. Les habitats aménagés sont stables et conservent leur intégrité physique, bien que quelques zones soient caractérisées par la présence de sédiments fins. Quant au suivi de l'échouage des juvéniles réalisé pour la première fois en 2016, puis à nouveau en 2017, celui-ci indique que le passage de deux à un groupe T/A aux installations de la Romaine-1 ne semble pas occasionner de problématique significative d'échouage chez les saumons juvéniles.

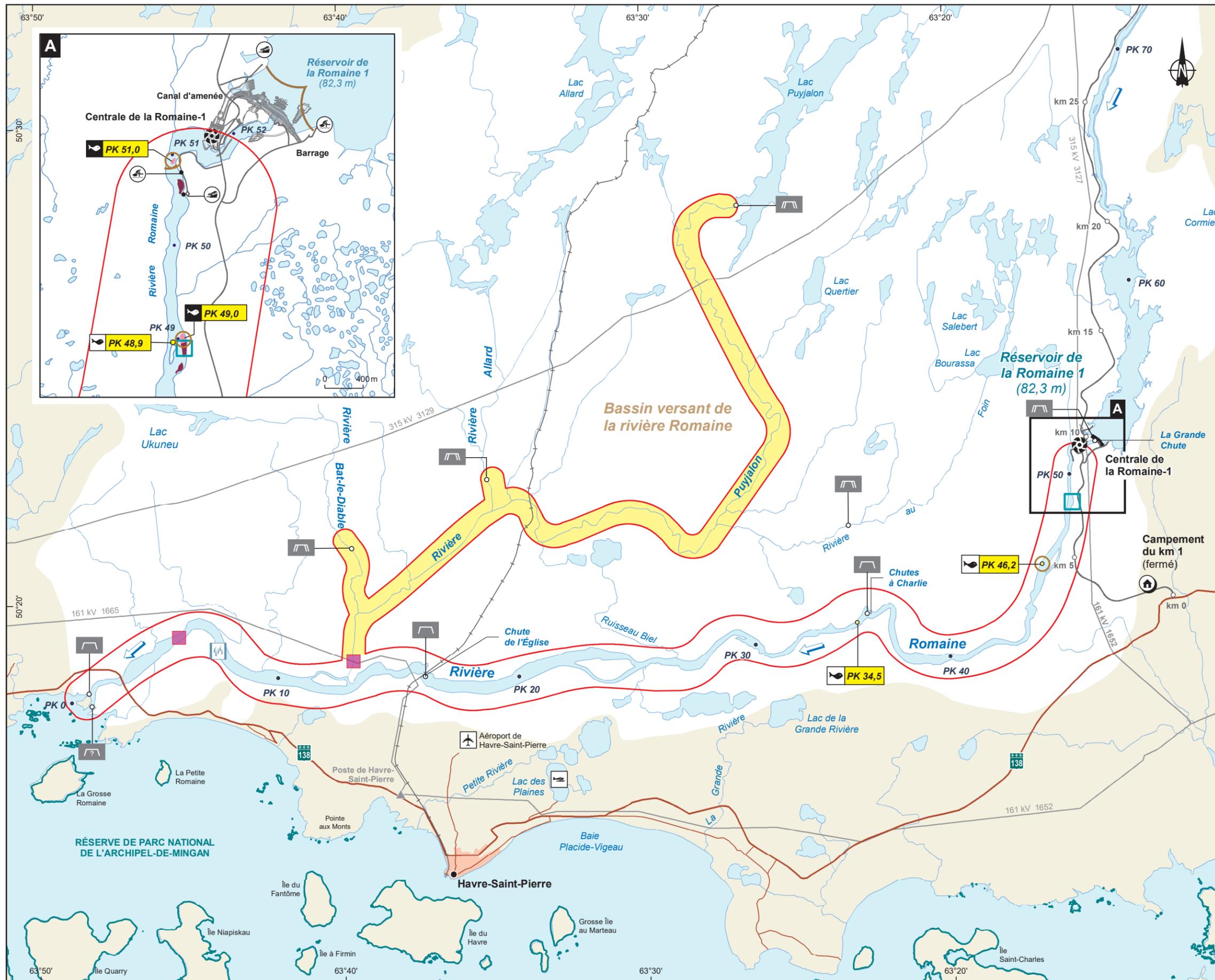
1.4 Objectifs et zone d'étude

L'objectif général de l'étude est de vérifier les effets de la modification du régime thermique et du régime de débits sur la population de saumon et ses habitats. Dans ce contexte, les activités suivantes ont été réalisées en 2018 :

- évaluer le nombre de smolts en dévalaison dans le cours principal de la Romaine et dans son affluent Puyjalon au printemps et à l'été;
- déterminer l'âge à la smoltification ainsi que la croissance et estimer l'indice de survie des juvéniles de saumon (smolts) issus de la fraie de 2014;
- évaluer le nombre de saumons adultes en montaison;
- participer à l'étude de l'entraînement des saumons juvéniles menée par l'INRS;
- décrire l'intégrité physique des habitats aménagés et leur utilisation par les saumons adultes et juvéniles, notamment en évaluant les densités d'alevins et de tacons dans les habitats d'élevage aménagés dans le cours principal de la Romaine;
- documenter le déroulement de la fraie du saumon et réaliser le décompte de nids de fraie du saumon dans la portion accessible de la Romaine et de ses affluents (rivière Puyjalon et ses tributaires Bat-le-Diable et Allard), ce qui permettra de suivre l'évolution de la population de saumon en conditions aménagées (Romaine) et naturelles (affluents);
- implanter des embryons dans les frayères de la Romaine en vue d'estimer le taux de survie des embryons au printemps 2019.

Il est à souligner que le suivi de l'échouage des saumons juvéniles prévu en 2018 n'a pas pu être réalisé, car les conditions de débit recherchées pour ce suivi ne se sont pas présentées.

La méthodologie, les résultats et la discussion pour les différentes activités sont présentés dans les chapitres suivants dans l'ordre chronologique de leur réalisation. Les zones où les sites d'étude de chacune des activités réalisées en 2018 sont présentés sur la carte 1-2.



Zone d'étude

Estacade

Activités de suivi réalisées en 2018

- Dévalaison des smolts
- Entraînement des saumons juvéniles
- Inventaire des saumons juvéniles dans les habitats d'élevage aménagés
- Montaison des saumons adultes

Intégrité des aménagements des PK 49 et 51 (recouvrement du substrat)

Décompte de nids

- Frayère
- Habitat d'élevage

Tributaire

- Frayère naturelle
- Frayère aménagée

Obstacles

- 1^{er} obstacle infranchissable pour le saumon
- Obstacle franchissable avec réserve pour le saumon
- Obstacle franchissable pour le saumon

Infrastructures construites

- Rampe de mise à l'eau
- Rampe d'accostage
- Campement des travailleurs
- Route de la Romaine et autres chemins permanents

Infrastructures

- Centrale hydroélectrique
- Barrage
- Aéroport
- Aérodrome
- Route principale
- Route secondaire
- Voie ferrée
- Poste et ligne de transport

Autres

- km 5 Borne kilométrique de route
- Sens de l'écoulement
- PK 50 Point kilométrique de rivière

Complexe de la Romaine
Suivi environnemental 2018 en phase exploitation
Suivi de la population de saumon atlantique

Zone d'étude des activités de suivi du saumon en 2018 dans la Romaine

Sources :
BDTA, 1/250 000, MRN Québec, 2002
BNDT, 1/250 000, RNCAN, 2007
Parcs Canada, 2011
BGTE, Hydro-Québec TransÉnergie, avril 2016
Données de projet, Hydro-Québec, juillet 2016
Inventaires et cartographie : WSP, 2016
Fichier : 0344_suc1_2_geq_1629_sp_191017.mxd

0 1,5 3 km
MTM, fuseau 5, NAD83

Carte 1-2

Hydro Québec

Octobre 2019

2. Dévalaison des smolts

Les objectifs spécifiques de cette activité sont de :

- évaluer le nombre de smolts en dévalaison dans les rivières Romaine et Puyjalon;
- pour la rivière Romaine, déterminer à l'aide d'analyses génétiques le nombre de smolts issus de la reproduction naturelle et des ensemencements, ainsi que leur appartenance aux sous-populations de la Romaine et de la Puyjalon;
- faire une caractérisation biologique sommaire des deux sous-populations (âge, taille, masse, coefficient de condition, sexe, etc.);
- établir dans la mesure du possible une relation entre l'abondance des smolts et le nombre de nids lors des fraies antérieures.

2.1 Matériel et méthode

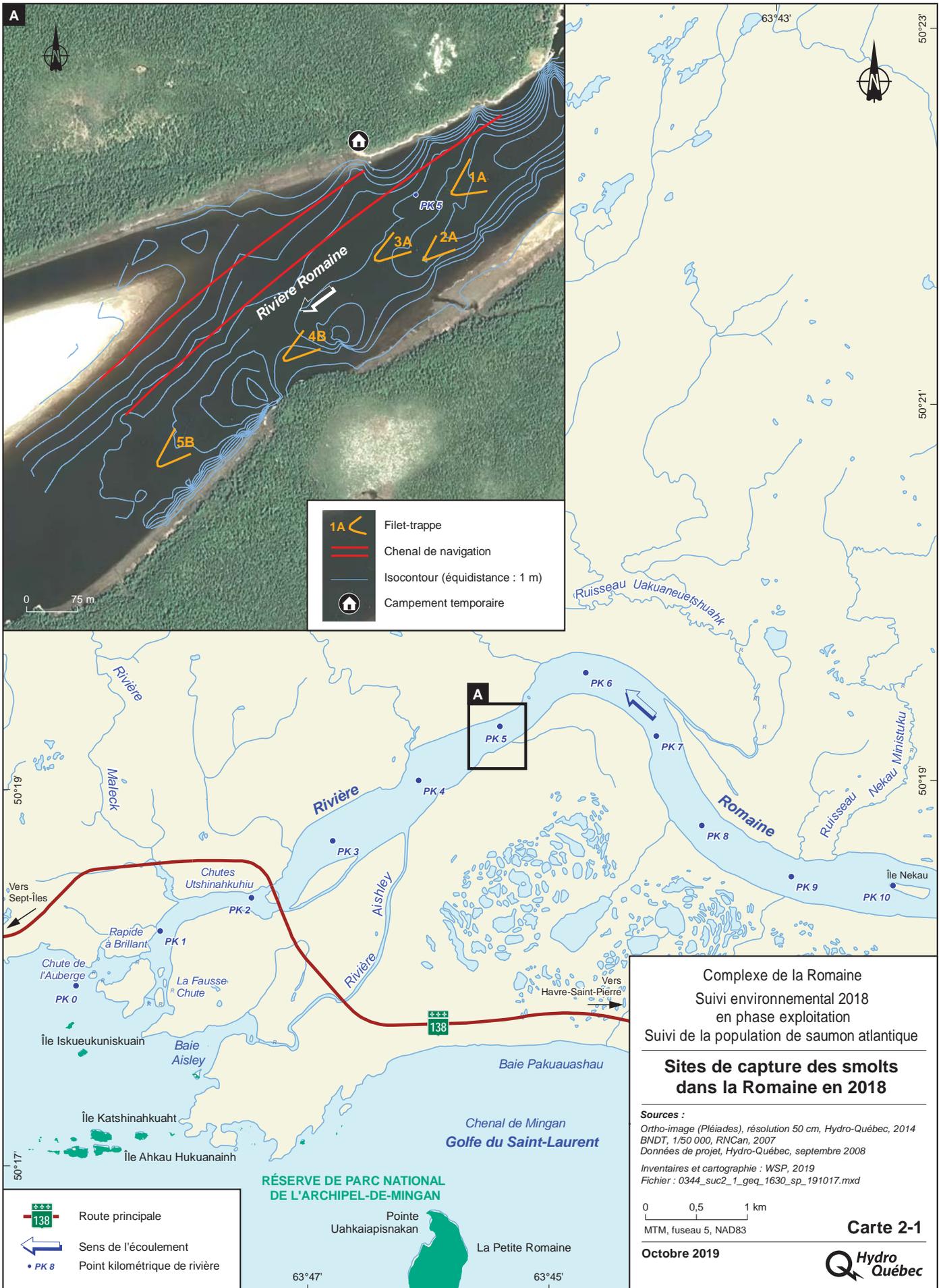
2.1.1 Plan d'échantillonnage et sites d'étude

Comme lors des années précédentes du suivi, les populations de smolts en dévalaison dans les rivières Romaine et Puyjalon ont été évaluées au moyen de la méthode de capture-marquage-recapture (CMR), en utilisant des filets-trappes de type « chalut » comme engins de capture. Le principe de base consiste à capturer une partie de la population que l'on considère représentative. Les spécimens capturés sont ensuite marqués et relâchés. Une fois que les individus marqués sont mélangés avec le reste de la population, des captures sont à nouveau effectuées au sein de celle-ci. En considérant que le nombre d'individus marqués dans le second échantillon est proportionnel au nombre d'individus marqués dans la population totale, il est alors possible d'estimer la taille de la population totale. Plus précisément, l'abondance de la population est évaluée à l'aide de l'estimateur de Petersen (modifié par Chapman), lequel est décrit en détail à la section 2.1.4, de même que les conditions de son application au terrain.

L'estimation d'une population de smolts en dévalaison peut être effectuée selon deux approches. Une première consiste à prévoir deux sites de captures : un premier site, en amont, est le lieu où les smolts sont capturés, marqués et relâchés; le second site, plus en aval, est le lieu où les smolts sont capturés en vue de les examiner pour déceler ceux qui portent des marques.

La seconde approche est d'établir un seul site de capture : les poissons y sont capturés et marqués, puis ils sont transportés et relâchés un peu plus en amont, de façon à ce qu'ils se mélangent aux autres smolts en dévalaison. Depuis le début du suivi, c'est la seconde approche qui a été adoptée.

Les sites d'échantillonnage sont les mêmes qu'au cours des dernières années de suivi. Dans la Romaine, le site d'échantillonnage est situé à la hauteur du PK 5 (carte 2-1). Dans la Puyjalon, le site d'échantillonnage se trouve à environ 1 km en amont de son embouchure dans la Romaine (bras amont) (carte 2-2).



	Filet-trappe
	Chenal de navigation
	Isocontour (équidistance : 1 m)
	Campement temporaire

Complexe de la Romaine
Suivi environnemental 2018
en phase exploitation
Suivi de la population de saumon atlantique
Sites de capture des smolts
dans la Romaine en 2018

Sources :
 Ortho-image (Pléiades), résolution 50 cm, Hydro-Québec, 2014
 BNDT, 1/50 000, RNCan, 2007
 Données de projet, Hydro-Québec, septembre 2008
 Inventaires et cartographie : WSP, 2019
 Fichier : 0344_suc2_1_geq_1630_sp_191017.mxd

0 0,5 1 km
 MTM, fuseau 5, NAD83

Carte 2-1
Hydro Québec
Octobre 2019

	Route principale
	Sens de l'écoulement
	Point kilométrique de rivière



2.1.2 Engins de pêche et période d'échantillonnage

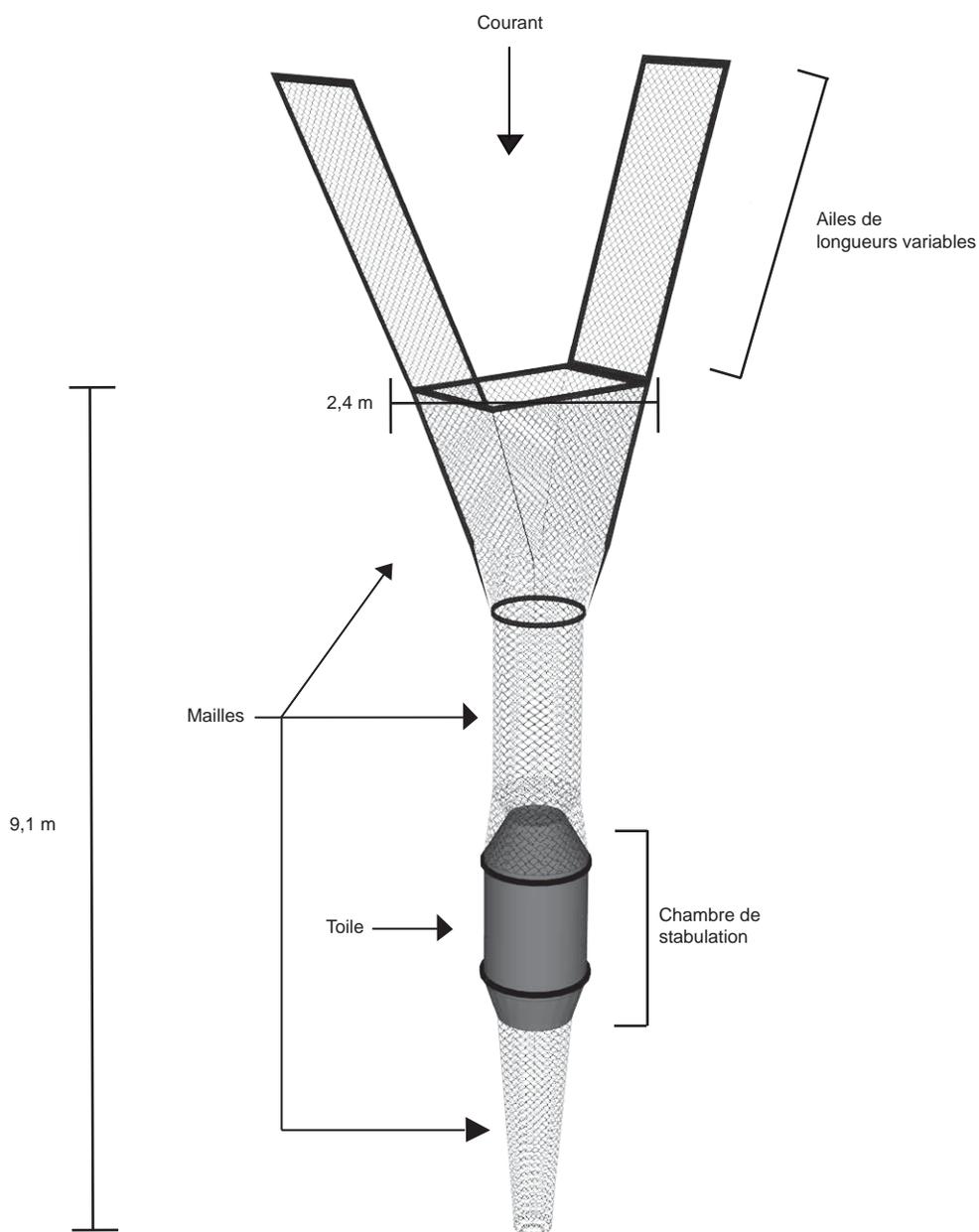
Les filets-trappes utilisés pour la capture de smolts sont spécialement conçus pour opérer efficacement sous des vitesses de courant élevées. Ces engins, d'une longueur de 9,1 m, ont une forme cylindrique et sont munis de cerceaux de 0,75 m de diamètre, de deux cônes antiretour de 25 cm de diamètre et d'une chambre de récupération faite en toile de nylon dans laquelle les poissons capturés se regroupent (figure 2-1). Cette chambre constitue un abri où la vitesse de courant est diminuée par rapport à ce qui prévaut en rivière. L'ouverture des engins est rectangulaire et fait 1,8 m x 2,4 m. La grandeur des mailles des filets-trappes varie de 3,2 cm à 1,3 cm, de l'ouverture vers la chambre de récupération des captures. Les filets-trappes possèdent également des ailes de 7,6 m de longueur (25 pi) pouvant être raccordées à des ailes supplémentaires de 9 m (30 pi) ou 18 m (60 pi) de longueur pour couvrir une plus large section de rivière et augmenter les probabilités de capture, à condition que les conditions en rivière le permettent.

Dans le cours principal de la Romaine, cinq filets-trappes ont été installés à la hauteur du PK 5 au début de juin 2018, soit en aval des zones de production salmonicole du cours principal de la Romaine et de l'affluent Puyjalon (carte 1-2). Les cinq trappes (désignées 1A, 2A, 3A, 4B et 5B), fixées au lit de la rivière au moyen d'ancres, étaient opérationnelles à partir du 9 juin (premières levées le 10 juin) (carte 2-1, annexe 4, photo 1). Elles ont initialement été installées près de la surface (environ 40 à 60 cm de profondeur), mais les câbles reliant les trappes aux bouées ont été allongés le 14 juin, se traduisant par un abaissement des trappes à environ 2 m sous la surface. Les trappes ont ensuite été repositionnées près de la surface à partir du 10 juillet. Toutes les trappes ont initialement été installées sans ailes en raison du débit élevé générant des vitesses de courant élevées et une grande quantité de débris à la dérive. Les conditions difficiles au tout début de la période de dévalaison (débit élevé, débris, vagues) ont d'ailleurs mené au retrait des trappes pour une durée d'un à trois jours (11 au 13 juin).

Le débit de la Romaine ayant diminué graduellement au cours de juin, des ailes de 9 m (trappe 1A) ou de 18 m (trappes 2A, 3A, 4B et 5B) ont été rajoutées aux engins de pêche à compter du 28 juin. Les cinq trappes ont été retirées le 20 juillet. Comme en 2017, ce retrait relativement tardif vise à tenir compte du décalage de quelques jours dans la période de dévalaison des smolts sur le cours principal de la Romaine, en raison du réchauffement printanier plus tardif de l'eau depuis que des réservoirs sont aménagés dans la portion amont du bassin versant.

Dans la Puyjalon, la trappe (désignée 11A) était fonctionnelle dès le 5 juin (première levée le 6 juin). Cette trappe a été installée tout près du site caractérisé par un succès de capture élevé en 2017, soit à proximité du PK 1 de la Puyjalon (carte 2-2, annexe 4, photo 2). Soulignons qu'elle a été légèrement repositionnée à quelques reprises, afin que sa localisation soit toujours optimale en fonction du débit. Elle a toujours été positionnée en surface, soit à une vingtaine de centimètres de profondeur. Comme dans la Romaine, la trappe a initialement été installée sans ailes, mais des ailes de 12 m (40 pi) ont été utilisées du 16 au 19 juin, puis à compter du 24 juin. Une aile de 18 m (60 pi) a ensuite été ajoutée le 2 juillet en rive gauche, pour un total de 30 m (100 pi) ajouté de ce côté. En raison de la dévalaison relativement tardive dans la Puyjalon en 2018, la trappe 11A est demeurée fonctionnelle jusqu'au 20 juillet comme dans la Romaine.

Figure 2-1 Filet-trappe utilisé pour la capture de smolts en 2018



Note : La figure n'est pas à l'échelle

0344_suf2_1_geq_1657_sp_191017.ai

Les trappes ont été relevées quotidiennement pendant toute la durée de l'échantillonnage (annexe 4, photos 1 à 4), sauf du 11 au 13 juin, alors que les trappes installées au PK 5 de la Romaine ont été retirées de l'eau pour une durée d'un à trois jours. Comme c'est le cas depuis la mise en eau du premier réservoir en 2014, des algues à la dérive dans la colonne d'eau s'accumulent sur les ailes et sur les trappes installées dans la Romaine, augmentant la résistance à l'écoulement offerte par celles-ci (annexe 4, photo 3). Les opérations au terrain ont ainsi à nouveau dû être adaptées en raison de la présence de ces algues. Les trappes ont donc été nettoyées minutieusement lors de chacune des levées (annexe 4, photo 4). Pour ce faire, la pompe utilisée depuis 2016 pour le nettoyage a de nouveau été utilisée en 2018. Il n'a pas été jugé nécessaire de procéder à deux levées quotidiennes des trappes, à l'exception du 22 et du 27 juin, alors que la quantité de débris à la dérive dans la Romaine était particulièrement grande. Les débris à la dérive menaçaient alors d'endommager les engins de capture tout en occasionnant un stress accru chez les smolts. Dans la Puyjalon, on a procédé à deux levées quotidiennes le 7 et le 8 juillet, soit pendant le pic de dévalaison. Les autres journées d'échantillonnage, une levée a été jugée suffisante.

Les smolts capturés dans chacune des trappes étaient transférés dans une glacière remplie d'eau fraîche (annexe 4, photos 5 et 6). Au moment de la levée des trappes, les autres espèces de poissons étaient dénombrées et relâchées sur place. Les smolts, quant à eux, étaient transportés à des laboratoires de terrain en rive, près des sites de capture sur les deux rivières. Le personnel a toujours manipulé les smolts en portant des gants de latex (annexe 4, photos 7 et 8).

2.1.3 Marquage et transport des smolts

Chaque smolt capturé était examiné minutieusement pour vérifier la présence éventuelle d'une marque appliquée les jours précédents. Tous les smolts capturés une première fois et en bonne condition étaient marqués. Dans la Puyjalon, les smolts étaient marqués au moyen de l'ablation de l'extrémité inférieure de la nageoire caudale (notons que la partie excisée des nageoires adipeuses a été conservée dans de l'éthanol pur à 95 %, non dénaturé, à des fins d'analyse génétique [voir section 2.1.5]). Dans la Romaine, les smolts ont fait l'objet d'une marque différente de façon à les distinguer de ceux marqués dans la Puyjalon : ils ont été marqués en pratiquant une ablation partielle de la nageoire adipeuse. Une fois marqués, les smolts étaient replacés dans la glacière d'eau fraîche pour leur transport en amont et pour s'assurer de leur bon état de santé avant de les relâcher. Les smolts déjà marqués (les recaptures) étaient déposés dans une autre glacière.

Sur la rivière Romaine, les smolts marqués pour une première fois étaient transportés en bateau sur une distance d'environ 4 km en amont des trappes (PK 9) et relâchés individuellement ou en petits groupes de moins de cinq individus dans la veine d'eau principale afin de favoriser leur mélange avec le reste de la population. Cette approche visait aussi à prévenir la formation d'un banc de poissons marqués. Sur la rivière Puyjalon, les smolts étaient relâchés moins loin, car la trappe couvrait une proportion plus grande de la largeur de la rivière. Dans ce cas, les smolts étant relâchés dans les contre-courants en aval de la chute située à l'extrémité amont d'un bassin, soit à environ 220 m en amont de la trappe. Les smolts déjà marqués, incluant les smolts marqués dans la Puyjalon et capturés dans la Romaine, étaient relâchés en aval des trappes.

2.1.4 Estimation d'abondance des smolts

L'abondance des smolts en dévalaison a été évaluée à l'aide de l'estimateur de Petersen, modifié par Chapman :

$$N = (M+1) \times (C+1) / (R+1)$$

où :

N est le nombre de smolts estimés dans la population;

M est le nombre de smolts marqués;

C est le nombre de captures;

R est le nombre de recaptures.

L'intervalle de confiance est obtenu à l'aide des équations proposées par Zar (1984). Ce calcul est basé sur la relation entre la distribution F (rapport entre deux variances) et la distribution binomiale, ce qui correspond précisément à la structure de l'estimateur de Petersen, c'est-à-dire le rapport R/C, lequel estime la proportion marquée des smolts en dévalaison. Ainsi, la variabilité des recaptures, celle des captures et du rapport entre les deux sont pris en compte.

L'estimateur de Petersen (modifié par Chapman) demeure valide même lorsqu'il se produit une mortalité en cours d'expérience, pourvu que celle-ci affecte l'ensemble de la population de smolts à l'étude, autant les individus marqués que les non marqués.

Selon Williams et coll. (2002), pour que la méthode de CMR soit valable, certaines conditions doivent être satisfaites :

1. le marquage ne doit pas affecter la vulnérabilité du poisson (susceptibilité à la recapture);
2. les individus marqués ne doivent pas perdre leur marque;
3. les individus marqués doivent pouvoir se mélanger aux non marqués avant le site de recapture;
4. les probabilités de capture et de recapture doivent être identiques pour tous les individus durant la période d'échantillonnage;
5. il ne doit pas exister de recrutement entre les sites de capture et de recapture.

Si les conditions 2 et 5 sont relativement faciles à satisfaire avec la méthodologie utilisée, les conditions 1, 3 et 4 sont plus difficiles à respecter. La vulnérabilité du poisson à la capture (condition 1) peut varier à cause du stress occasionné par leur manipulation lors du marquage.

Ce biais est plus susceptible de survenir pour des espèces ou des tailles vulnérables, comme chez les smolts. Ce biais dans ce type de suivi en rivière est inévitable et il est également survenu lors des années précédentes. Plusieurs précautions particulières ont néanmoins été prises pour minimiser le stress chez les smolts lors du marquage et de leur transport. Ainsi, des gants de latex ont systématiquement été utilisés lors des manipulations. La température de l'eau et de la densité des smolts dans les glacières de transport a par ailleurs fait l'objet d'un suivi. Pour les smolts visés par des manipulations additionnelles, la surface de prélèvement d'écaillés a été minimisée autant que possible. Enfin, la proportion de smolts ayant fait l'objet de manipulations additionnelles a été plus faible qu'en 2017.

Le mélange des smolts marqués et non marqués (condition 3) est jugé efficace lorsque les smolts sont relâchés en petits nombres dans la veine principale d'écoulement de la rivière, à une distance d'environ 4 km en amont des trappes, ce qui permet d'éviter un comportement d'agrégation en banc n'assurant pas un mélange homogène (Nathalie Guérard et Carl Gauthier, observ. pers. dans WSP, 2016, 2017a). Toutefois, en conditions aménagées, il est possible que les eaux de la Puyjalon et du cours principal de la Romaine ne se mélangent pas parfaitement durant la période d'échantillonnage, en raison entre autres de l'écart thermique entre ces deux cours d'eau. Soulignons cependant que les trappes sont disposées pour couvrir la largeur du chenal principal d'écoulement de la rivière.

Les variations des probabilités de capture (condition 4) peuvent être occasionnées, notamment, par les variations journalières de débit (plus grande facilité d'évitement de la trappe à de faibles courants) et par les modifications apportées à la trappe pour augmenter l'efficacité de capture ou pour réduire les bris ou les mortalités. Toutefois, comme ce sont les mêmes engins qui sont utilisés pour la capture et la recapture, la probabilité de capture pour chaque journée d'échantillonnage demeure la même pour les deux groupes (marqués et non marqués) pour les deux CMR.

En somme, malgré certains biais pouvant affecter les probabilités de capture, ceux-ci affectent généralement autant les probabilités de capture que de recapture et n'ont généralement pas d'influence significative sur l'estimation de l'abondance. Ainsi, l'estimateur d'abondance de la population est jugé fiable dans de telles circonstances et les résultats sont généralement comparables d'une année à l'autre, les mêmes biais étant présents chaque année. Par exemple, cette situation pourrait s'appliquer à l'abondance d'algues dans la Romaine depuis 2015, lesquelles ont rendu les trappes probablement moins efficaces à la fois pour la capture et la recapture des smolts (voir section 2.2.3).

2.1.5 Mesures, prélèvements et analyses en laboratoire

Mesures et prélèvements

Pour limiter l'effet des manipulations sur la condition des poissons, la proportion de smolts visée par des mesures (longueur totale) et des prélèvements d'écaillés pour la détermination ultérieure de l'âge a été réduite en 2018 comparativement à 2017. Ainsi, dans la Romaine, environ 40 % des smolts ont fait l'objet de manipulations additionnelles en 2018, en excluant les smolts morts dans les trappes. Cette proportion était plutôt de près de 75 % en 2017. Dans la Puyjalon, c'est un peu plus de 30 % des smolts capturés qui ont été visés par ces manipulations en 2018, par rapport à environ 50 % en 2017.

Les smolts morts dans les trappes (capture ou recapture) ont été conservés afin de recueillir des données morphologiques et anatomiques. Ainsi, en plus d'être mesurés (longueur totale) et de faire l'objet d'un prélèvement d'écaillés et, dans certains cas, de nageoire adipeuse (pour les analyses génétiques, Romaine seulement), ces smolts ont été pesés au moyen d'une balance électronique (précision de $\pm 0,1$ g) et sexés. La longueur à la fourche de ces spécimens a également été mesurée en plus de la longueur totale.

La condition de ces poissons a également été évaluée à l'aide du coefficient de Fulton qui est calculé à partir de l'équation suivante :

$$K = \text{masse (g)} \times 10^5 / \text{longueur totale (mm)}^3$$

Analyses génétiques

Chaque année de suivi depuis 2013, un échantillon de smolts capturés sur l'ensemble de la période de dévalaison dans le cours principal de la Romaine fait l'objet d'analyses génétiques, afin d'établir les proportions de smolts issus de la Puyjalon et du cours principal de la Romaine. En effet, des analyses génétiques effectuées en 2013 sur des smolts dont la provenance était certaine (Puyjalon ou Romaine) ont permis de déceler des différences significatives entre les deux sous-populations (Albert et Bernatchez, 2006; annexe 5 dans WSP, 2014).

Au total, 102 échantillons de nageoires adipeuses provenant de smolts capturés au PK 5 de la Romaine ont été acheminés au laboratoire du Dr Louis Bernatchez de l'Université Laval pour réaliser des analyses génétiques. Il s'agit de la grande majorité des smolts capturés à cet endroit. Les recaptures (smolts marqués dans la Romaine ou dans la Puyjalon) n'ont pas été analysées, de même que quelques autres spécimens dont la nageoire adipeuse a été perdue. Par ailleurs, aucune analyse génétique n'a été réalisée sur les smolts capturés dans la rivière Puyjalon.

La méthodologie relative aux analyses génétiques est décrite à l'annexe 3 (Perreault-Payette et coll., 2019). Soulignons également que depuis 2017, une partie des smolts en dévalaison est issue de la fraie artificielle et des ensemencements réalisés par la Société saumon de la rivière Romaine (SSRR). L'étude génétique jointe à l'annexe 3 vise également à identifier ces smolts, à l'aide de la signature génétique connue des adultes dont ils sont issus.

Puisque les premiers ensemencements ont été réalisés en 2015, les smolts qui en sont issus sont susceptibles de dévaler avec ceux provenant de la reproduction naturelle depuis 2017. Ainsi, en 2018, les analyses génétiques permettaient de départager les smolts provenant de la reproduction naturelle de ceux issus des premiers ensemencements de 2015 (smolts âgés de 3 ans en 2018) ou de 2016 (smolts âgés de 2 ans en 2018). Comme lors des années précédentes, les analyses génétiques visaient aussi à départager l'affiliation populationnelle des smolts (cours principal de la Romaine par rapport à Puyjalon).

En 2015, tous les ensemencements ont été faits dans le cours principal de la Romaine, mais incluaient à la fois des alevins affiliés à la Romaine et à la Puyjalon. En 2016, les ensemencements ont été faits dans la Puyjalon et dans la Romaine selon l'affiliation populationnelle des géniteurs. Ainsi, les smolts ensemencés âgés de 3 ans en 2018 (ensemencements de 2015) proviennent nécessairement de la Romaine, mais peuvent être affiliés à l'une ou l'autre des deux sous-populations. Quant aux smolts ensemencés âgés de 2 ans en 2018 (ensemencements de 2016), ils peuvent provenir de l'une ou l'autre des deux rivières, en fonction de leur affiliation populationnelle. Dans ce contexte, quatre groupes différents de smolts ont été suivis en 2018, soit les smolts issus de la reproduction naturelle, affiliés à l'une ou l'autre des deux rivières, et les smolts issus des ensemencements qui sont regroupés selon la rivière dans laquelle ils ont été ensemencés plutôt que selon leur affiliation populationnelle (en résumé : 1) reproduction naturelle – sous-population de la Puyjalon; 2) reproduction naturelle – sous-population de la Romaine; 3) ensemencements dans la Romaine; et 4) ensemencements dans la Puyjalon). Comme la grande majorité des smolts capturés dans la Romaine a fait l'objet d'analyses génétiques, il y a lieu de penser que les résultats qui en découlent permettent d'obtenir un portrait fiable de la proportion de smolts issus des groupes décrits précédemment.

Détermination de l'âge du poisson

En 2018, la nageoire adipeuse des smolts marqués dans la Romaine a été systématiquement conservée. Toutefois, afin de réduire le stress chez les poissons, seule une partie des smolts capturés vivants a fait l'objet d'un prélèvement d'écaillés pour la détermination de l'âge, soit environ 40 % des smolts capturés au PK 5 de la Romaine et 30 % des smolts capturés dans la Puyjalon. Des écaillés ont été prélevés sur tous les spécimens trouvés morts dans les trappes.

Les lectures d'âge sont réalisées comme lors des années précédentes, soit à partir des anneaux de croissance (annuli), selon la méthode de lecture conventionnelle. Celle-ci consiste à repérer la fin du rétrécissement entre les circuli pour y fixer l'arrêt de croissance durant la période hivernale. Une méthode de lecture indirecte a été utilisée comme pour les suivis antérieurs. D'abord, l'écaillé est photographié au moyen d'un binoculaire Leica MZ6 et d'un module d'enregistrement d'image DFC295. Ensuite, la qualité de la photo est améliorée et les marques d'interruption de croissance sont identifiées avec le logiciel *Leica suite*.

L'ensemble des écaillés utilisées pour déterminer l'âge des smolts a fait l'objet d'une interprétation par deux personnes qualifiées. En cas de disparité, les deux lecteurs échangent leurs observations et procèdent à une nouvelle lecture afin de trancher sur l'âge du poisson. Soulignons que les écaillés prélevées sur les recaptures n'ont pas été lues en raison de la possibilité que ces spécimens aient été échantillonnés deux fois.

En 2017, les premiers spécimens ensemencés ont fait l'objet de cette détermination d'âge à l'aide des écaillés. Il appert qu'ils présentent deux patrons d'écaillés. Le premier est similaire à celui des smolts issus de reproduction naturelle. Le second est caractérisé par un arrêt de croissance qui pourrait être assimilé à la période hivernale (resserrement des circuli). Toutefois, la mesure des distances inter-circuli et leur nombre permettent d'écarter cette possibilité. L'hypothèse avancée est que ces alevins, lors de leur ensemencement, ont été plus susceptible au choc thermique ou au changement de milieu (absence de nourriture aisément obtenue comme dans les bassins d'élevage), ce qui a provoqué un arrêt momentané de croissance, créant ainsi un faux annuli. Dans ce contexte, un protocole de lecture a été élaboré en 2017 afin de faciliter l'identification des smolts ensemencés lors des lectures d'âge et d'éviter de se méprendre sur leur âge. Ce protocole a été utilisé en 2018.

Rétrocalcul de la longueur à partir de l'écaillé

Comme le rayon des écaillés du saumon est directement proportionnel à la longueur du poisson, la technique des rétrocalculs permet d'estimer sa longueur à différents âges précédant sa capture. Pour la détermination de la longueur du poisson lors des arrêts antérieurs de croissance hivernale, les rétrocalculs sont réalisés directement sur les mesures faites à partir de la position des annuli fixés sur les images. Le logiciel *Leica suite* utilise les équations de Fraser-Lee qui se définissent comme suit :

$$\text{Équation 1 : } L_i = L_c (S_i / S_c)$$

$$\text{Équation 2 : } L_i = ((L_c - a) / S_c) S_i + a$$

où :

L_c est la longueur du poisson à la capture

S_c est le rayon de l'écaillé à la capture

S_i est le rayon à l'annuli antérieur considéré

L_i est la longueur du poisson à cet annuli

et a est une constante qui correspond à la longueur probable où l'alevin a commencé à former ses premières écailles. Pour le présent mandat, une longueur de 32 mm² est ajoutée à celle déterminée par rétrocalcul pour l'évaluation de la longueur du poisson à la fin de sa première année de croissance en rivière (Perrier, 2006).

2.1.6 Traitement des données

Des comparaisons statistiques (analyse de type ANOVA suivie d'un test de LSD [Least Significant Difference] ou d'un test HSD [Honestly Significant Difference] de Tukey, selon que la variance est homogène ou non entre les groupes, $p < 0,05$) ont été effectuées entre les smolts issus des différents groupes considérés, pour les caractéristiques de la population (âge, masse, longueur, coefficient de condition, croissance interannuelle). Ces analyses sont effectuées par groupe d'âge quand la taille de l'échantillon le permet (effectif minimum de 3 par groupe).

2.1.7 Débit et température de l'eau

Le débit et la température de l'eau de la Romaine peuvent aider à interpréter la chronologie de la dévalaison des smolts. Puisque cette activité est réalisée près de l'embouchure de la Romaine (PK 5), les données utilisées sont celles des stations ROMA0665 ou EROM0690 opérées par Hydro-Québec et localisées respectivement aux PK 5 et 0. Ces données sont prises en compte dans la réalisation des différentes activités du suivi et dans l'interprétation des résultats. Les données utilisées sont présentées sur la figure 2-2. Des températures de l'eau ont également été mesurées *in situ* pendant la période de dévalaison à l'aide d'un thermomètre digital. Enfin, des données de température de l'eau en provenance de la station RPUY0680 en fonction depuis avril 2016 sur la rivière Puyjalon ont aussi été utilisées.

2.2 Résultats et discussion

2.2.1 Débit et température de l'eau

Pendant la période de dévalaison des smolts, la température moyenne journalière de l'eau de la Romaine dans le secteur de l'embouchure a augmenté de façon relativement constante, passant graduellement d'environ 7 °C le 14 juin (date des premières captures de smolts), à 15 °C au moment du retrait des trappes, le 20 juillet (figure 2-2). L'évolution de la température de la Romaine pendant la dévalaison des smolts est similaire à celle observée depuis 2015, à la suite de la mise en eau du premier réservoir du complexe hydroélectrique (Romaine 2). Au cours des deux années précédentes, c'est-à-dire avant que le régime thermique de la Romaine ne soit influencé par la présence des réservoirs sur le cours principal, les températures étaient plus élevées aux mêmes dates et les maxima de 19 ou 20 °C ont été atteints dans la première semaine de juillet (figure 2-2).

Depuis 2015, l'eau du cours principal de la Romaine se réchauffe plus tardivement au printemps et au début de l'été en raison de l'influence des réservoirs en amont. Un tel phénomène est observé dans d'autres bassins versants aménagés pour la production hydroélectrique.

2 Longueur de l'alevin au moment de l'apparition des écailles et correspondant à l'ordonnée à l'origine de l'équation de Fraser-Lee déterminant la relation entre le rayon de l'écaille et la longueur du poisson. Cette valeur est basée sur 720 spécimens capturés dans la rivière Scorff (Morbihan, France) entre 1970 et 2003.

C'est notamment le cas dans la rivière Betsiamites, où le réchauffement printanier du cours principal est retardé de quelques semaines par rapport à celui de la rivière Boucher (tributaire non aménagé) (Richard Verdon, comm. pers., 2010 dans WSP, 2016).

Ce décalage dans le réchauffement de l'eau au printemps est d'autant plus marqué dans les zones de croissance des saumons juvéniles qui se trouvent les plus près du réservoir de la Romaine 1, d'autant plus qu'il n'y a pas de tributaires importants pouvant influencer le régime thermique de la rivière dans ce secteur de la Romaine. Par exemple, au PK 46 (station ROMA0944), la température moyenne de l'eau pendant la période d'opération des trappes (10 juin au 20 juillet) a été de 8,2 °C en 2018, comparativement à 11,2 °C dans le secteur de l'embouchure (en aval de la confluence avec l'affluent Puyjalon), soit 3,0 °C plus froide. Cette différence diminue à 2,7 °C lorsqu'on élimine quelques journées pour lesquelles la température n'était pas disponible près de l'embouchure, au début de la période de dévalaison de 2018. Des écarts de température similaires entre le PK 46 de la Romaine et son embouchure pendant la période de dévalaison des smolts ont aussi été observés en 2017 (2,8 °C; WSP, 2019) et en 2016 (2,6 °C; WSP, 2017a).

La rivière Puyjalon, d'où provient plus de la moitié des smolts du bassin versant de la Romaine depuis 2013, est le principal tributaire qui influence la température de l'eau de la Romaine entre le réservoir de la Romaine 1 et le site de capture des smolts au PK 5. Entre le 10 juin et le 20 juillet 2018, la température moyenne de l'eau dans ce tributaire (station RPUY0680) était de 14,6 °C, soit 3,4 °C plus chaude que près de l'embouchure de la Romaine (écart qui diminue à 3,0 °C si on élimine les quelques journées pour lesquelles la température n'était pas disponible près de l'embouchure). En comparant la rivière Puyjalon au PK 46 de la Romaine, l'écart grimpe à 6,4 °C. Des écarts semblables, qui s'expliquent en bonne partie par l'inertie thermique associée à la présence de réservoirs dans la portion amont du bassin versant de la Romaine, ont également été observés en 2017 (3,3 °C et 6,1 °C respectivement; WSP, 2019).

Au début de la période d'opération des trappes au PK 5 de la Romaine, le débit de la rivière près de son embouchure était très élevé, soit légèrement au-dessus de 1 000 m³/s (figure 2-2). Le débit est ensuite demeuré élevé pendant plusieurs jours, et ce n'est que le 26 juin qu'il est descendu sous les 800 m³/s. Il s'est ensuite abaissé de façon rapide et presque constante jusqu'au début de la deuxième semaine de juillet, aux environs de 250 m³/s. Une pointe de débit atteignant environ 400 m³/s a ensuite été enregistrée à la fin de la période de dévalaison, avant que le débit ne s'abaisse à nouveau. Dans la rivière Puyjalon, le débit a également été particulièrement élevé au début de la période d'opération de la trappe (plus de 100 m³/s), pour ensuite s'abaisser graduellement, jusqu'à passer sous les 20 m³/s à partir de la mi-juillet.

2.2.2 Chronologie de la dévalaison

2.2.2.1 Rivière Romaine

Au PK 5 de la Romaine, les premières captures de smolts ont été faites le 14 juin (2 captures) (figure 2-2, annexes 5 et 6), après 3 jours de pêche sans capture. Le premier pic de dévalaison a été enregistré environ une semaine plus tard, soit le 22 juin (12 captures), alors que le principal pic de dévalaison est survenu quelques jours plus tard, le 28 juin (17 captures). Le nombre de captures quotidiennes est ensuite demeuré élevé pendant quelques jours, avant de s'abaisser considérablement dans la première semaine de juillet. Le nombre de captures a ensuite brièvement augmenté le 7 juillet (6 captures), avant de redescendre à nouveau.

Pendant les 41 jours d'échantillonnage qui s'est étalé du 10 juin au 20 juillet, 119 smolts ont été capturés au total. La majeure partie de la dévalaison des smolts s'est produite dans une courte période de temps, soit 11 jours entre le 22 juin et le 2 juillet, où 81 captures ont été enregistrées, soit 74 % des prises totales de smolts. Seulement 4 smolts ont été capturés au cours de la dernière semaine et aucun lors des trois dernières journées d'échantillonnage, ce qui suggère que la dévalaison était terminée au moment du retrait des engins de pêche.

En considérant les smolts ayant fait l'objet d'analyses génétiques, il est possible de distinguer quotidiennement parmi les smolts capturés au PK 5, ceux appartenant aux sous-populations de la Romaine et de la Puyjalon. Les analyses génétiques permettent également d'identifier les smolts provenant des ensemencements réalisés par la SSRR dans le cours principal de la Romaine (depuis 2015) et dans la Puyjalon et ses tributaires (depuis 2016). Toutefois, en 2018 et contrairement à 2017, aucun des smolts ayant fait l'objet d'une analyse génétique n'a été identifié comme provenant des ensemencements. Il est à noter qu'en 2016, seulement 9 546 alevins ont été ensemencés dans la Romaine (cohorte la plus susceptible de dévaler en 2018), contre 22 000 en 2015.

L'importance relative des smolts provenant de la Puyjalon et de la Romaine (reproduction naturelle) est montrée sur la figure 2-3. Comme c'est généralement le cas depuis 2015 (première année où la présence d'un réservoir a influencé le régime thermique de la Romaine pendant la dévalaison des smolts), on observe un décalage temporel net, en 2018, de la dévalaison des smolts en provenance du cours principal de la Romaine, comparativement aux conditions de préaménagement. Ce décalage était cependant beaucoup moins perceptible en 2017, vraisemblablement en raison d'une température de l'eau plus élevée au début de la période de dévalaison. La température de l'eau de la Romaine avait alors atteint 10 °C dès le 7 juin, soit sensiblement aux mêmes dates qu'en 2013 et en 2014, comparativement au 29 juin en 2018, et environ une semaine plus tôt en 2015 et en 2016 (tableau 2-1).

Le décalage temporel de la dévalaison des smolts, comparativement aux conditions naturelles, est vraisemblablement associé au réchauffement plus tardif de l'eau du cours principal de la Romaine en raison de l'influence des réservoirs dans la portion amont du bassin versant. Ce phénomène, prévu lors de l'étude d'impact, est bien visible à l'annexe A1-1, qui montre les températures moyennes journalières de l'eau au PK 46 entre 2010 et 2018.

Les smolts issus de la reproduction naturelle dans la rivière Puyjalon et capturés au PK 5 de la Romaine montrent également un léger décalage dans leur période de dévalaison depuis 2015, mais celui-ci est moins marqué que dans la Romaine (figure 2-3 et tableau 2-1). On dénote la présence de trois pics de dévalaison des smolts appartenant à ce groupe les 22 et 28 juin, de même que le 2 juillet.

Dans la rivière de la Trinité, sur la Moyenne-Côte-Nord, la dévalaison s'est produite du 28 mai au 4 juillet 2018, avec une période de dévalaison plus intensive entre le 9 et le 24 juin (April et coll., 2019). Dans la rivière du Vieux-Fort, sur la Basse-Côte-Nord, les smolts ont dévalé entre le 29 juin et le 20 juillet, avec une concentration d'abondance entre le 1^{er} et le 14 juillet (Gagné et coll., 2018). Dans ces deux rivières, l'atteinte de températures de l'eau avoisinant les 10 °C constituerait l'un des principaux facteurs qui conditionnent la chronologie de la dévalaison.

Figure 2-2a Période de dévalaison des smolts au PK 5 de la Romaine entre 2013 et 2018

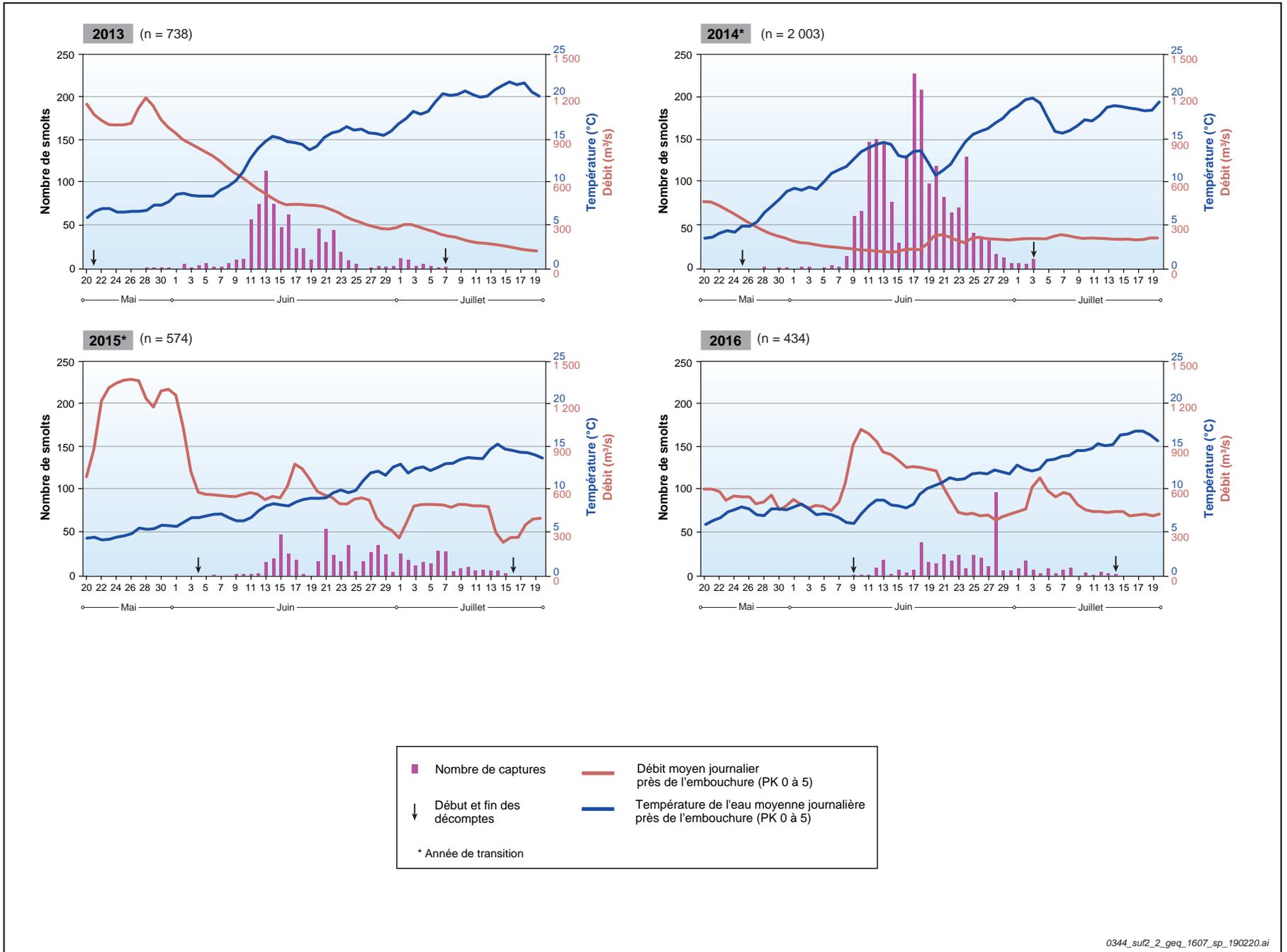


Figure 2-2b Période de dévalaison des smolts au PK 5 de la Romaine entre 2013 et 2018

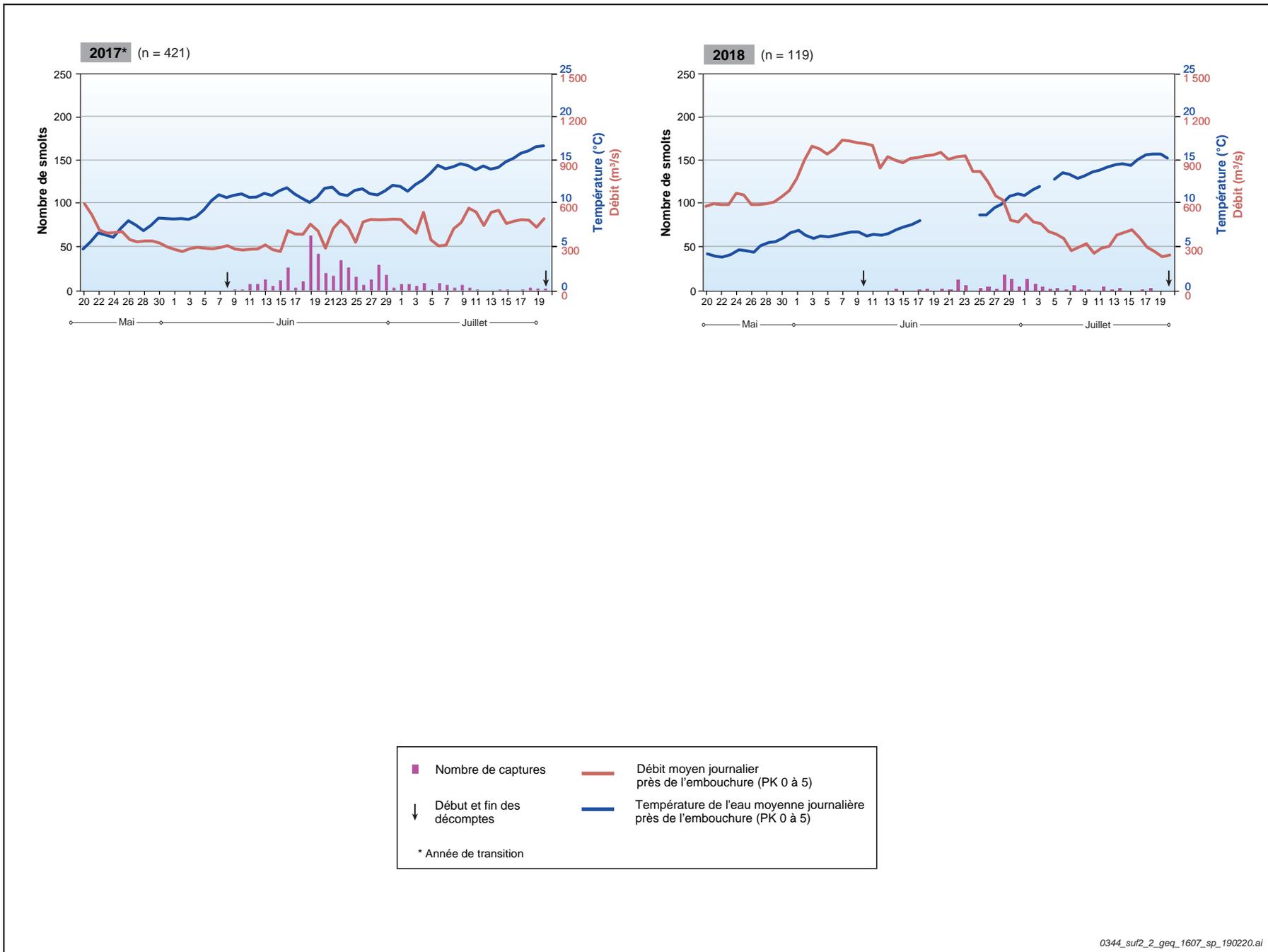


Figure 2-3a Contribution relative des smolts de la Puyjalon et de la Romaine dans les captures de smolts au PK 5 de la Romaine entre 2013 et 2018

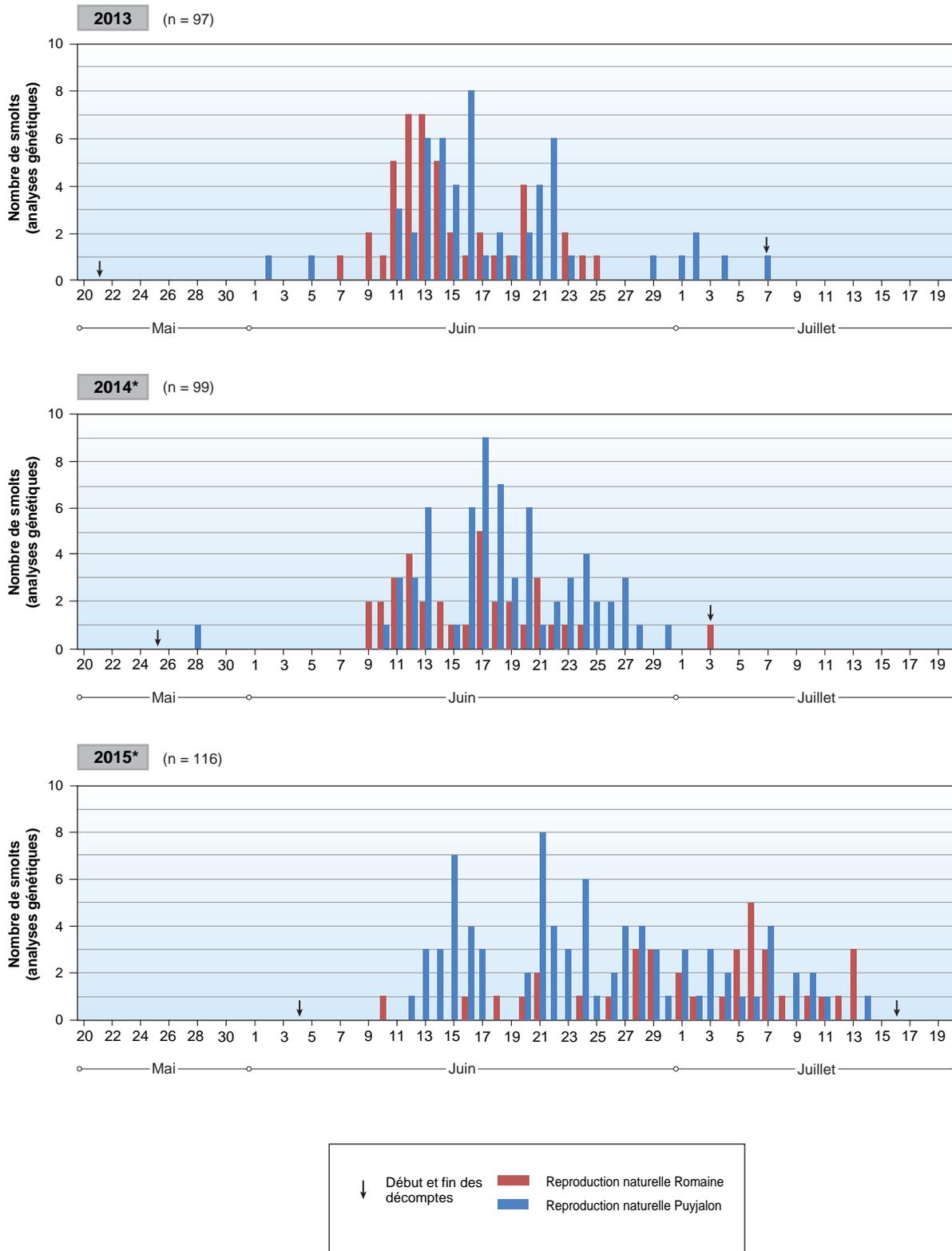
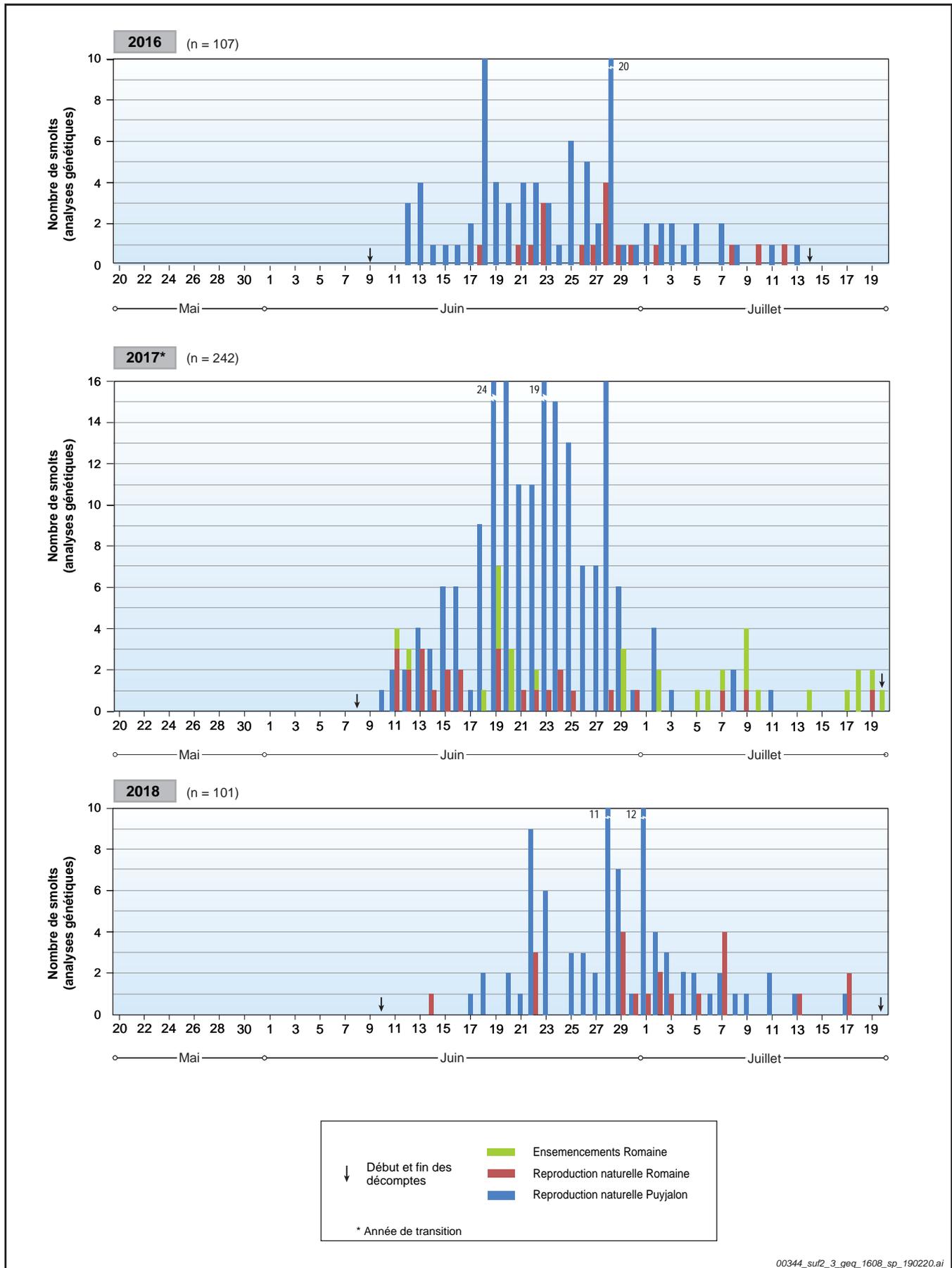


Figure 2-3b Contribution relative des smolts de la Puyjalon et de la Romaine dans les captures de smolts au PK 5 de la Romaine entre 2013 et 2018



00344_suf2_3_geq_1608_sp_190220.ai

Tableau 2-1 Dates auxquelles 50 %, 75 % et 90 % de la population de smolts en dévalaison ont été atteints au PK 5 de la Romaine

Année	Date à laquelle la température de l'eau a atteint 10 °C ¹	Sous-population de la Romaine (reproduction naturelle) ²			Sous-population de la Puyjalon (reproduction naturelle) ²			Romaine et Puyjalon (incluant ensemencements) ³		
		50 %	75 %	90 %	50 %	75 %	90 %	50 %	75 %	90 %
2013	9 juin	13 juin	17 juin	20 juin	16 juin	21 juin	29 juin	14 juin	20 juin	23 juin
2014	5 juin	16 juin	19 juin	22 juin	18 juin	22 juin	26 juin	17 juin	21 juin	24 juin
2015	23 juin	4 juillet	7 juillet	12 juillet	24 juin	1 ^{er} juillet	7 juillet	26 juin	3 juillet	7 juillet
2016	19 juin	28 juin	30 juin	10 juillet	25 juin	28 juin	3 juillet	25 juin	28 juin	4 juillet
2017	7 juin	19 juin	24 juin	7 juillet	22 juin	25 juin	28 juin	22 juin	28 juin	4 juillet
2018	29 juin	2 juillet	7 juillet	13 juillet	28 juin	1 ^{er} juillet	6 juillet	29 juin	3 juillet	11 juillet

1 Température moyenne quotidienne de l'eau près de l'embouchure de la Romaine (PK 0 à 5).

2 N = Smolts visés par une analyse génétique et issus de la reproduction naturelle.

3 N = Toutes les captures.

2.2.2.2 Rivière Puyjalon

Le premier smolt capturé avec la trappe installée dans la rivière Puyjalon l'a été lors de la première levée le 6 juin (figure 2-4). On note ensuite une augmentation assez graduelle des captures quotidiennes jusqu'à l'atteinte d'un premier pic de dévalaison le 21 juin (21 captures). Les captures se sont ensuite raréfiées pendant quelques jours, avant de reprendre de plus belle le 26 juin. La période entre le 26 juin et le 9 juillet a ensuite été caractérisée par un nombre élevé de captures quotidiennes, culminant avec un pic de 90 captures le 7 juillet. Le nombre de captures s'est ensuite abaissé substantiellement, mais des smolts ont néanmoins été capturés tous les jours jusqu'au démantèlement de la trappe, le 20 juillet.

Pendant les 45 jours d'échantillonnage, un total de 536 smolts a été capturé dans la rivière Puyjalon. Le plus fort de la dévalaison s'est produit pendant une période de deux semaines, entre le 26 juin et le 9 juillet, pendant laquelle 350 smolts (65 %) ont été capturés. Malgré la présence de quelques smolts à la fin de la période d'échantillonnage, la répartition temporelle des captures pendant la durée d'opération de la trappe indique que la dévalaison était alors pratiquement terminée.

Bien que les smolts issus de la Puyjalon représentent la majorité des captures au PK 5 de la Romaine, le patron de dévalaison des smolts, basé sur les captures quotidiennes, est passablement différent dans les deux rivières, en particulier à compter du début de juillet (figure 2-5). Les captures quotidiennes ont en effet été relativement soutenues dans la Puyjalon dans les deux premières semaines de juillet, avec un pic de captures le 7 juillet (90 captures), alors qu'au PK 5 de la Romaine, les captures ont décliné à cette même période, et ce, malgré des débits plus faibles ayant permis l'installation d'ailes sur les engins de pêche à compter de la fin juin.

Figure 2-4 Période de dévalaison des smolts dans la Puyjalon en 2017 et 2018

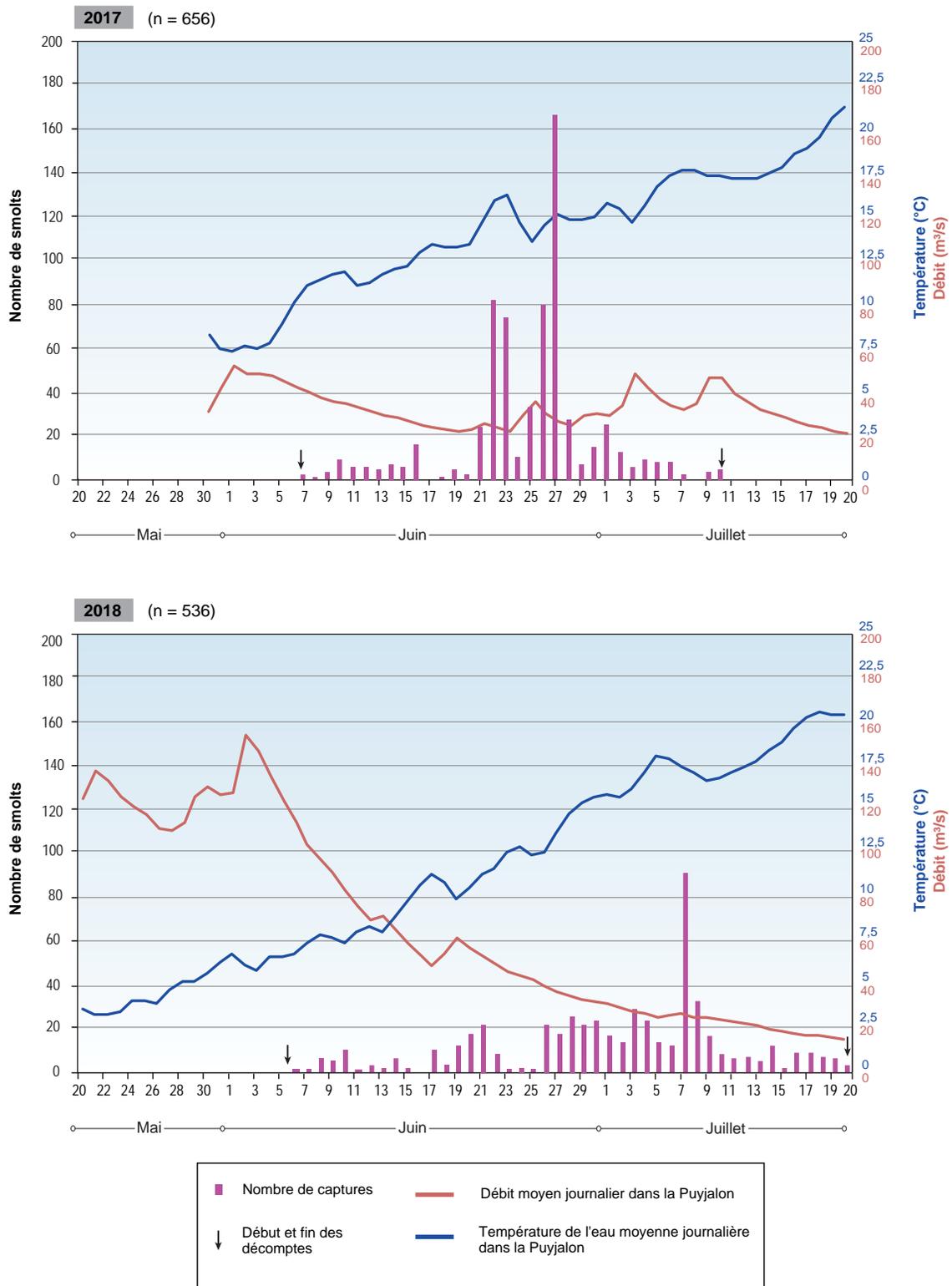


Figure 2-5 Période de dévalaison des smolts au PK 5 de la Romaine et dans la rivière Puyjalon en 2018



2.2.3 Capture et recapture

Romaine

Au total, 119 smolts ont été capturés au PK 5 de la Romaine en 2018 (tableau 2-2, carte 2-1), soit le plus faible nombre de captures depuis le début du suivi. De ceux-ci, 110 ont été marqués (quelques smolts ont été trouvés morts dans les trappes, d'autres ont été transférés en pisciculture ou encore remis à l'eau vivants). Aucun de ces smolts marqués n'a été recapturé. L'absence de recapture chez les smolts marqués au PK 5 de la Romaine en 2018 pourrait s'expliquer en partie par le nombre de smolts marqués nettement plus faible qu'au cours des années précédentes, en raison d'un succès de capture particulièrement bas.

Seulement deux des smolts capturés au PK 5 de la Romaine étaient morts au moment de lever la trappe, pour un taux de mortalité de 1,7 % (2/119), soit un taux plus faible qu'en 2017 (3,0 %). Les données brutes de captures lors de l'étude de la dévalaison des smolts en 2018 sont présentées aux annexes 5 et 6.

Tableau 2-2 Bilan des captures de smolts lors de l'étude de la dévalaison en 2018 au PK 5 de la Romaine

Répartition des smolts	Nombre
Captures totales :	117 ¹
Smolts non marqués :	9 ²
Smolts marqués :	110
Smolts recapturés :	0 ³
Recapture (%) :	0

1 Nombre utilisé pour le calcul CMR. Ce nombre exclut deux captures réalisées le premier jour (n = 2). Le nombre total de captures est donc 119.

2 Soit 2 smolts non marqués morts dans les trappes ou lors des manipulations, 3 smolts non marqués transférés en pisciculture et 4 smolts non marqués remis à l'eau (recaptures de la Puyjalon).

3 Excluant les 4 smolts marqués dans la Puyjalon.

Puyjalon

Les trappes installées dans la Puyjalon ont permis de capturer 536 smolts en 2018 (tableau 2-3, carte 2-2), dont 484 ont été marqués. Parmi ceux-ci, 27 ont été recapturés (5,6 % de recapture). Les données brutes de captures dans la rivière Puyjalon sont également présentées aux annexes 5 et 6.

Tableau 2-3 Bilan des captures de smolts lors de l'étude de la dévalaison en 2018 dans la Puyjalon

Répartition des smolts	Nombre
Captures totales :	535 ¹
Smolts non marqués :	25 ²
Smolts marqués :	484
Smolts recapturés :	27 ³
Recapture (%) :	5,58

1 Nombre utilisé pour le calcul CMR. Ce nombre exclut une capture réalisée le premier jour (n = 1). Le nombre total de captures est donc 536.

2 Soit 23 smolts non marqués morts dans les trappes ou lors des manipulations et 2 smolts non marqués remis à l'eau.

3 Incluant 14 smolts recapturés morts et 13 smolts recapturés vivants (remis à l'eau).

La mortalité des smolts capturés une première fois est d'environ 4,5 % (23/509) dans la Puyjalon, alors que les smolts recapturés affichent un taux de mortalité de 52 % (14/27). Bien que plus faible qu'en 2017 (6,1 %), le taux de mortalité des smolts capturés une première fois est donc plus du double de celui observé dans la Romaine, et ce, malgré l'absence d'une problématique d'accumulation d'algues dans les engins de capture. Tel qu'observé au cours des années précédentes, le taux de mortalité chez les smolts recapturés a également été nettement plus élevé que celui des smolts capturés une première fois. Ce taux a atteint 52 % en 2018, ce qui est le plus élevé enregistré jusqu'ici (35 % en 2017), et ce, malgré l'application des précautions décrites à la section 2.1.4 pour minimiser le stress chez les smolts lors du marquage et de leur transport.

Il est possible que le taux de mortalité plus élevé dans la Puyjalon s'explique par des vitesses plus élevées au site de capture pouvant conduire à l'épuisement des smolts prisonniers des trappes. Le 19 juin 2018, les vitesses de courant ont été mesurées vis-à-vis les cinq trappes installées au PK 5 de la Romaine (à 40 cm et à 2 m de profondeur). Celles-ci ont varié entre 0,70 et 0,85 m/s, alors que le débit moyen journalier près de l'embouchure était de 937 m³/s. Dans la Puyjalon, les vitesses mesurées le 21 juin vis-à-vis la chambre de stabulation contenant les smolts étaient plutôt de 0,97 et de 1,02 m/s, à 40 cm et à 1,2 m de profondeur respectivement, tandis que le débit moyen journalier (station RPUY0680) était de 52 m³/s.

Pour minimiser le stress chez les smolts pendant le pic de montaison, il a été décidé de procéder à deux levées par jour de la trappe 11A les 7 et 8 juillet. Le taux de mortalité est demeuré élevé lors de la première levée quotidienne (8 et 9 juillet), réalisée entre 17 et 22 heures après la dernière levée du jour précédent. Le taux de mortalité a alors été de 5,6 % (2/36) pour les smolts capturés une première fois et de 50 % pour les recaptures (4/8). Aucune mortalité n'a cependant été rapportée lors de la seconde levée quotidienne (7 et 8 juillet) pour les smolts capturés une première fois (0/26) (aucune recapture). Cette deuxième levée a eu lieu respectivement 2 heures et 7 heures après la première levée de la journée. Ainsi, pour des vitesses de l'ordre de 0,70 à 0,85 m/s à l'embouchure des trappes, une durée de contention prolongée affecte la survie des smolts capturés.

2.2.4 Abondance des smolts

2.2.4.1 Efficacité des trappes

Parmi les trappes installées au PK 5 de la Romaine, la trappe 1A est celle ayant connu le meilleur succès de pêche, avec 1,1 capture/jour (tableau 2-4). Cette trappe a permis de capturer 37 % de l'ensemble des smolts. Suivent ensuite les trappes 4B et 3A avec un succès de pêche de 0,7 capture/jour, puis les trappes 2A et 5B, avec seulement 0,3 et 0,2 capture/jour respectivement.

Tableau 2-4 Répartition des smolts capturés au PK 5 de la Romaine en 2018

N° de trappe (longueur des ailes) ¹	Effort de pêche (jour)	Capture	Succès de pêche (capture/jour)
1A (ailes de 9 m)	39	44	1,1
2A (ailes de 18 m)	40	10	0,3
3A (ailes de 18 m)	38	27	0,7
4B (ailes de 18 m)	40	29	0,7
5B (ailes de 18 m)	40	9	0,2
Total	197	119	0,6

1. Les ailes ont été installées du 28 juin au 3 juillet dans l'ordre suivant : 4B (28 juin), 1A (29 juin), 2A (1^{er} juillet), 3A (2 juillet) et 5B (3 juillet).

Le succès global de capture, toutes trappes confondues, s'élève à 0,6 capture/jour en 2018, ce qui est de loin le plus faible succès de pêche obtenu depuis 2013 (tableau 2-5). Il s'agit également de la quatrième année consécutive où le succès de pêche est plus faible que l'année précédente. Depuis le premier suivi de la dévalaison des smolts en 2013, l'année 2014 se distingue nettement avec un succès de capture particulièrement élevé (10,4 captures/jour). Celui-ci s'explique sans doute par la plus grande abondance de smolts en dévalaison en 2014 d'une part, et par les très faibles débits durant la période de dévalaison des smolts (figure 2-2) d'autre part. Ces très faibles débits ont prévalu en raison de la mise en eau du réservoir de la Romaine 2 au printemps 2014. De plus faibles débits se traduisent par une augmentation relative de la surface occupée par l'ouverture des trappes par rapport à l'aire de la section d'écoulement de la rivière et augmentent ainsi l'efficacité de la pêche.

Tableau 2-5 Nombre de smolts capturés au PK 5 de la Romaine et succès de pêche entre 2013 et 2018

Année	Effort de pêche (jour-trappe)	Captures totales	Smolts marqués	Recapture (%)	Succès de pêche (capture/jour)
2013 ¹	191	738	-	5 (0,7) ⁶	3,9
2014 ²	192	2 003	1 637	117 (7,1)	10,4
2015 ³	168	574	544	24 (4,4)	3,4
2016 ⁴	190	434	354	9 (2,5)	2,3
2017 ⁵	207	421	351	24 (6,8)	2,0
2018	197	119	110	0 (0)	0,6

1 WSP (2014).

2 WSP (2015).

3 WSP (2016).

4 WSP (2017a).

5 WSP (2019).

6 En 2013, un CMR a été réalisé dans la Puyjalon uniquement. Le taux de recapture était de 4,6 % (24 recaptures / 527 smolts marqués). Pour la même année au site du PK 5 de la Romaine, 5 smolts marqués dans la Puyjalon ont été récoltés sur les 738 captures (taux de recapture de 0,7 %).

À titre de comparaison, la trappe 11A utilisée dans la Puyjalon affiche un succès de capture beaucoup plus élevé que dans la Romaine, avec 11,9 captures/jour (tableau 2-6). Un tel succès avait aussi été observé en 2017.

Tableau 2-6 Nombre de smolts capturés dans la Puyjalon et succès de pêche en 2017 et 2018

Année	Effort de pêche (jour-trappe)	Captures totales	Smolts marqués	Recapture (%)	Succès de pêche (capture/jour)
2017 ⁵	36	656	512	37 (7,2)	18,2
2018	45	536	484	27 (5,6)	11,9

1 WSP (2019).

2.2.4.2 Facteurs affectant le nombre de captures

Le faible nombre de captures depuis 2015 s'explique, du moins en partie, par une efficacité de pêche réduite des trappes. En effet, la présence d'algues dans la colonne d'eau associée à l'enrichissement en phosphore suivant la mise en eau de réservoirs (WSP, 2017a) favorise le colmatage des ailes des trappes pouvant rendre ces dernières plus faciles à éviter pour les smolts en dévalaison. Soulignons également que la population de smolts issue du cours principal de la Romaine est plus faible depuis 2015 (voir section suivante et tableau 2-9), ce qui contribue aussi à réduire le succès de pêche. La diminution observée dans la taille de la sous-population de la

Romaine n'est pas observée dans celle de la Puyjalon. Cette tendance pourrait être liée à un taux de survie plus faible des juvéniles de la Romaine en raison de la gestion des eaux à la centrale de la Romaine-1 qui se traduit par des fluctuations marquées et fréquentes de débit dans la portion aval de la Romaine, notamment en hiver (annexe 7).

La situation observée au PK 5 de la Romaine en 2018 est cependant particulière de par le succès de pêche réduit et le nombre de captures très faible, même en comparaison avec les trois années précédentes. D'autres facteurs auraient donc aussi contribué à diminuer le succès de pêche. Tout d'abord, la dévalaison des smolts a débuté à un moment où le débit de la Romaine était encore très élevé, et ce débit est resté élevé longtemps, ce qui a eu pour effet de diminuer la surface relative occupée par l'ouverture des trappes par rapport à l'aire de la section d'écoulement de la rivière. De plus, ces débits élevés conjugués à la présence d'algues à la dérive dans la colonne d'eau ont eu pour effet d'augmenter la résistance à l'écoulement offerte par les engins de pêche, à un point tel que les longues ailes qui permettent d'accroître la superficie interceptée par les filets-trappe n'ont pu être installées graduellement qu'à compter du 28 juin.

De plus, les données amassées avec la trappe 11A installée sur la rivière Puyjalon révèlent que le pic de la dévalaison sur ce tributaire de la Romaine s'est produit vers la fin de la première semaine de juillet. Or, aucune hausse notable des captures n'a été enregistrée au PK 5 de la Romaine pendant cette période, bien que le débit de la Romaine était alors plus faible et que toutes les trappes étaient munies d'ailes (figure 2-5). Ainsi, comme évoqué précédemment, il semble qu'un autre facteur non identifié ait favorisé l'évitement des trappes installées au PK 5 de la Romaine vers la fin de la période de dévalaison.

2.2.4.3 Estimation de l'abondance de la population

Comme en 2017, l'estimation de la population de smolts en dévalaison a été faite de façon séparée pour l'ensemble du bassin versant de la Romaine (CMR basé sur les captures au PK 5 de la Romaine) et pour la rivière Puyjalon uniquement (CMR basé sur les captures dans la Puyjalon). Dans la Puyjalon, l'estimation de la population de smolts s'établit à 9 284 avec un intervalle de confiance allant de 7 086 à 13 441 smolts (tableau 2-7). Toutefois, en considérant l'absence de recapture au PK 5 de la Romaine et le très faible nombre de captures, il n'est pas possible de faire une estimation précise pour ce site.

Dans ce contexte, l'estimation de la taille de la population de smolts à l'échelle du bassin versant de la Romaine a été réalisée de la même manière qu'en 2013 et en 2017 (WSP, 2014; 2019), soit en extrapolant le nombre de smolts estimé pour la Puyjalon à l'aide des proportions d'appartenance à chacune des sous-populations issues des analyses génétiques sur les smolts capturés au PK 5 de la Romaine. Ainsi, en considérant que les smolts issus de la reproduction naturelle dans la rivière Puyjalon représentent 79 % des smolts au PK 5 de la Romaine (tableau 2-7), l'estimation de la population de smolts en dévalaison pour l'ensemble du bassin versant de la Romaine en amont du PK 5 s'établit à 11 721 smolts avec un intervalle de confiance entre 8 947 et 16 969 (tableau 2-8, annexe 8). En soustrayant les smolts morts dans les trappes ($n = 39$) et ceux transférés en pisciculture ($n = 4$), l'estimation du nombre de smolts se dirigeant vers la mer est d'environ 11 678 (tableau 2-8).

Tableau 2-7 Évaluation de l'abondance des smolts en dévalaison dans la Puyjalon en 2018 et répartition des smolts selon leur origine au PK 5 de la Romaine

Répartition des smolts	Estimation (I.C. 95 %) ¹
Nombre de smolts en dévalaison dans la Puyjalon d'après les résultats du CMR	9 284 (7 086 à 13 441)
Proportion de smolts au PK5 issus de la reproduction naturelle dans la Puyjalon ²	79,21 %
Proportion de smolts au PK5 issus de la reproduction naturelle dans la Romaine ²	20,79 %
Proportion de smolts au PK5 issus des ensemencements dans la Puyjalon ²	0 %
Proportion de smolts au PK5 issus des ensemencements dans la Romaine ²	0 %

¹ Limites minimale et maximale selon un intervalle de confiance de 95 %.

² Échantillon de 102 smolts répartis selon leur répartition chronologique tout au long de la période de dévalaison au PK 5 de la Romaine (annexes 5 et 6). 101 des 102 smolts analysés ont pu être associés avec confiance à l'une ou l'autre des deux sous-populations de la Romaine, soit 80 pour la rivière Puyjalon et 21 pour la Romaine. Aucun smolt provenant des ensemencements n'a été identifié en 2018.

Tableau 2-8 Évaluation de l'abondance des smolts en dévalaison dans la Romaine en 2018

Répartition des smolts	Estimation (I.C. 95 %) ¹
Nombre total de smolts en dévalaison estimé au PK 5 de la Romaine	11 721 (8 947 à 16 969)
Nombre de smolts issus de la Puyjalon - Reproduction naturelle	9 284 (7 086 à 13 441)
Nombre de smolts issus de la Romaine - Reproduction naturelle	2 437 (1 860 à 3 528)
Nombre estimé de smolts se dirigeant vers la mer ²	11 678 (8 904 à 16 926)

¹ Limites minimale et maximale selon un intervalle de confiance de 95 %.

² Nombre total de smolts moins les mortalités dans les trappes ou lors des manipulations (n = 39, soit 2 dans la Romaine et 37 dans la Puyjalon) et les smolts transférés en pisciculture (n = 4, soit 3 au PK 5 de la Romaine et 1 en amont de la confluence avec la rivière Puyjalon).

La proportion de smolts appartenant à la sous-population de la Romaine (reproduction naturelle), d'après les analyses génétiques réalisées, permet d'estimer le nombre total de smolts appartenant à ce groupe en 2018 à 2 437 (1 860 à 3 528) (tableau 2-8). Le nombre total de smolts de la sous-population de la Romaine en dévalaison estimé en 2018 est du même ordre de grandeur qu'au cours des trois années précédentes (tableau 2-9). Toutefois, contrairement à 2017, les analyses génétiques n'ont pas permis d'identifier de smolts issus des ensemencements de 2015 (Romaine seulement) ou de 2016 (Romaine et Puyjalon). Le nombre plus faible d'alevins ensemencés en 2016 dans la Romaine (cohorte d'alevins ensemencés la plus susceptible de dévaler en 2018) pourrait expliquer en partie ce constat.

Depuis 2013, le nombre de smolts en dévalaison appartenant à la sous-population de la Puyjalon (reproduction naturelle) varie généralement peu d'une année à l'autre, exception faite de 2014. La situation est bien différente pour les smolts de l'autre sous-population. En effet, les smolts de la sous-population de la Romaine ont été nettement moins nombreux au cours des quatre dernières années, comparativement à 2013 et 2014.

Tableau 2-9 Évaluation de l'abondance des smolts en dévalaison dans la Romaine entre 2005 et 2018

Année (référence)	Estimation pour l'ensemble du bassin versant	Intervalle de confiance (95 %) ¹	Reproduction naturelle		Ensemencements ²	
			Sous-population de la Puyjalon	Sous-population de la Romaine	Ensem. dans la Puyjalon	Ensem. dans la Romaine
2005 (GENIVAR, 2006) ³	15 264	10 023 à 25 597	n. d.	n. d.	-	-
2013 (WSP, 2014)	21 281	15 131 à 29 679	11 869 (56 %)	9 412 (44 %)	-	-
2014 (WSP, 2015)	27 818	23 260 à 33 847	18 264 (66 %)	9 554 (34 %)	-	-
2015 (WSP, 2016)	12 277	8 918 à 19 907	8 463 (69 %)	3 814 (31 %)	-	-
2016 (WSP, 2017a)	15 443	9 152 à 37 050	12 845 (83 %)	2 598 (17 %)	-	-
2017 (WSP, 2019) ⁴	11 479	9 096 à 15 763	8 843 (77 %)	1 284 (11 %)	-	1 353 (12 %)
2018 ⁴	11 721	8 947 à 16 969	9 284 (79 %)	2 437 (21 %)	0 (0 %)	0 (0 %)

1 Limites minimale et maximale avec un intervalle de confiance de 95 %.

2 Premiers ensemencements en 2015 dans le cours principal de la Romaine et en 2016 dans la Puyjalon et ses tributaires.

3 Le début de la dévalaison n'avait pu être échantillonné adéquatement en 2005, ce qui implique que l'estimation présentée est vraisemblablement inférieure à la dévalaison réelle.

4 Estimation basée sur le CMR réalisé dans la rivière Puyjalon et sur les résultats d'analyses génétiques au PK 5 de la Romaine.

2.2.4.4 Relation entre le nombre de nids et la dévalaison des smolts

Depuis 2017, le nombre de smolts dévalant, qui témoigne annuellement de l'ensemble des conditions de survie ayant prévalu en rivière, est potentiellement influencé par le programme de restauration du saumon par la SSRR. Toutefois, la génétique des smolts ensemencés étant connue, il est toujours possible d'estimer le rapport de smolts produits par nid en ne considérant que la fraction des smolts dévalant issus de la fraie naturelle dans le calcul.

Relation entre le nombre de smolts en dévalaison et le nombre de nids de fraie dont ils sont issus

Les smolts ayant dévalé en 2018 et capturés au PK 5 de la Romaine sont tous issus des fraies des automnes 2015 et 2016, et ce, autant pour la sous-population de la Romaine que pour celle de la Puyjalon. En effet, ces smolts étaient tous âgés de 2 ou 3 ans en 2018 d'après les lectures d'âge réalisées à partir des écailles prélevées (annexe 4, photos 9 à 12, annexe 6). Seuls les smolts capturés au PK 5 de la Romaine sont ici considérés, puisque ceux-ci ont aussi fait l'objet d'analyses génétiques, permettant de les associer avec certitude à leur sous-population d'origine, mais également de déterminer s'ils proviennent ou non des ensemencements. Précisons néanmoins qu'une partie des smolts capturés dans la Puyjalon a aussi fait l'objet de lecture d'âge. Dans ce cas, les smolts de 2 ou 3 ans représentaient aussi la grande majorité des spécimens analysés (98 %), mais deux smolts de 4 ans et un smolt de 5 ans ont été recensés.

Les smolts de la sous-population de la Romaine ayant dévalé en 2018 sont donc issus des 52 nids recensés en 2014 et des 138 nids recensés en 2015 dans les frayères du cours principal de la Romaine. Quant aux smolts issus de la sous-population de la Puyjalon, ils proviennent des 20 nids recensés en 2014 et des 13 nids recensés en 2015 dans la rivière Puyjalon et ses

tributaires. Le nombre de nids dans le bassin de la Puyjalon est légèrement sous-estimé pour ces deux années puisque le décompte n'avait pas pu être fait en 2014 sur la rivière Allard et qu'il n'avait été que partiellement réalisé sur ce même tributaire en 2015. Néanmoins, le nombre de nids a été nettement plus élevé sur le cours principal de la Romaine lors de ces deux années, alors que le nombre de smolts issu de cette sous-population est à l'inverse beaucoup plus faible. Ces données indiquent que les taux de survie des deux sous-populations ont été très différents.

Rapport du nombre de smolts par nid de fraie

Comparativement à l'estimation du taux de survie de l'œuf au smolt qui prend en compte plusieurs hypothèses et estimations, le nombre de smolts produits par nid de fraie fournit un indice de survie plus factuel qui minimise plusieurs biais potentiels.

Ce rapport utilise le nombre de nids de fraie recensés à l'automne sur les frayères à une année donnée et le nombre de smolts dénombrés au cours des années suivantes, principalement trois à quatre ans plus tard, puisque les smolts issus de la Romaine et de la Puyjalon dévalent généralement à deux ou trois ans, soit trois à quatre ans après la fraie.

Le tableau 2-10 présente le nombre de smolts produits par nid de fraie pour les cohortes d'œufs de 2010 à 2014, alors que le détail est fourni aux annexes 9 et 10. Les données présentées pour la cohorte de 2014 sont encore considérées préliminaires puisqu'il est possible que des smolts de 4 ans dévalent en 2019. Ces données offrent toutefois un ordre de grandeur du rapport de smolts par nid pour la cohorte de 2014, puisque les smolts de 4 ans représenteront une proportion marginale (< 10 %) ou nulle de l'ensemble des smolts lors de la dévalaison de 2019. Le nombre de smolts produits par nid pour la cohorte d'œufs de 2015 est également présenté, et ce, même si les données sont partielles.

Les données disponibles pour les smolts de 2 ans montrent une grande variabilité d'une année à l'autre (32 à 119 smolts par nid). Les cohortes d'œufs de 2010 et de 2011 se démarquent cependant avec une proportion de smolts par nid plus élevée. Pour les smolts de 3 ans, ce sont les cohortes d'œufs de 2010 et de 2012 qui affichent le nombre de smolts par nid le plus élevé. Une variabilité élevée est aussi observée pour ces smolts (47 à 136 smolts par nid). Ces fluctuations sont surtout présentes pour la production de la rivière Puyjalon. Pour la Romaine, une nette tendance à la baisse dans le nombre de smolts produits par nid de fraie est observée depuis la fraie de 2010. À noter que les alevins produits depuis la fraie de 2012 dans la Romaine ont vécu partiellement ou complètement sous les conditions de débit régulé par l'exploitation du Complexe de la Romaine. On peut suspecter que les diminutions du nombre de smolts produits par nid pour les cohortes de 2013 et 2014, qui sont les deux plus faibles enregistrés, sont peut-être liées à une diminution du taux de survie des juvéniles en lien avec un patron de gestion de l'eau marqués par des fluctuations de débit importantes et fréquentes, en particulier à l'hiver 2016-2017 et 2017-2018 (voir annexe 7).

Tableau 2-10 Nombre moyen de smolts produits par nid de fraie pour les cohortes d'œufs de 2010 à 2015

Cohorte d'œufs ¹	Cours principal de la Romaine (n)	Puyjalon et ses tributaires (n)	Total (n)
Fraie de 2010 ²			
Smolts de 2 ans (2013)	297	54	119
Smolts de 3 ans (2014)	73	123	109
Smolts de 4 ans (2015)	0	3	2
Total	369	180	230
Fraie de 2011			
Smolts de 2 ans (2014)	183	82	111
Smolts de 3 ans (2015)	16	50	40
Smolts de 4 ans (2016)	0	0	0
Total	199	132	152
Fraie de 2012			
Smolts de 2 ans (2015)	81	71	76
Smolts de 3 ans (2016)	0	246	136
Smolts de 4 ans (2017)	0	13	7
Total	81	331	219
Fraie de 2013			
Smolts de 2 ans (2016)	41	21	32
Smolts de 3 ans (2017)	2	106	47
Smolts de 4 ans (2018)	0	0	0
Total	43	127	80
Fraie de 2014 ²			
Smolts de 2 ans (2017)	22	151	58
Smolts de 3 ans (2018)	12	248	77
Total préliminaire	34	399	135
Fraie de 2015 ²			
Smolts de 1 an (2017) ³	<1	0	<1
Smolts de 2 ans (2018)	13	333	41

1 Entre parenthèses, année de dévalaison.

2 L'évaluation du nombre de smolts par nid est vraisemblablement légèrement surestimée dans le bassin versant de la Puyjalon pour les cohortes de 2010, de 2014 et de 2015, puisque la rivière Allard n'a pas été inventoriée en 2010 et en 2014 et qu'elle n'a été que partiellement inventoriée en 2015.

3 Un seul smolt de 1 an a été capturé depuis le début du suivi annuel de la dévalaison des smolts en 2013. Ce dernier a été capturé en 2017.

2.2.4.5 Algues à la dérive dans la colonne d'eau

Pour la quatrième année consécutive, une grande quantité d'algues et de débris à la dérive était présente dans la Romaine pendant la dévalaison des smolts. Les algues filamenteuses observées au cours des dernières années étaient cependant moins abondantes en 2018, cette année ayant plutôt été marquée par la présence d'algues de plus grande taille qui s'accumulaient dans les engins de pêche et compliquaient les opérations au terrain. Ainsi, en raison également du débit élevé au début de la période de dévalaison, les engins de pêche offraient une résistance à l'écoulement telle que les ailes n'ont pu être installées qu'à compter de la fin juin. Il n'a cependant pas été requis de procéder à deux levées quotidiennes, sauf le 22 et le 27 juin.

La présence de ces algues semble être associée à la mise en eau des réservoirs dans la portion amont du bassin versant, un phénomène aussi documenté après la mise en eau du réservoir de l'Eastmain 1 en 2005-2006 (Bastien et coll., 2007). Les algues à la dérive pendant la dévalaison des smolts de 2015 à 2018 découleraient ainsi de la mise en eau des réservoirs de la Romaine 2, de la Romaine 1 et de la Romaine 3 en 2014, 2015 et 2017 respectivement. Contrairement à 2017, où les algues, moins abondantes pendant l'été, avaient augmenté beaucoup à l'automne à la suite de la mise en eau du réservoir de la Romaine 3, les algues étaient abondantes autant en été qu'en automne au cours de l'année 2018. Cette situation devrait se poursuivre encore quelques années, puisque la mise en eau du réservoir de la Romaine 4 est prévue pour 2020 et favorisera aussi la prolifération d'algues. Il s'agit néanmoins d'une situation temporaire qui n'est pas représentative des conditions normales d'exploitation.

2.2.5 Caractéristiques biologiques de la population

2.2.5.1 Âge, longueur, masse et coefficient de condition

Six des huit smolts génétiquement affiliés à la sous-population de la Romaine (reproduction naturelle) et ayant fait l'objet d'une lecture d'âge en 2018 sont âgés de 2 ans et sont donc issus de la cohorte d'œufs de 2015. Les deux autres spécimens étaient âgés de 3 ans (cohorte d'œufs de 2014). L'âge moyen des smolts de la Romaine est donc de 2,25 ans (tableau 2-11), ce qui est similaire à 2014 (2,24 ans; WSP, 2015) et à 2015 (2,17 ans; WSP, 2016), mais plus élevé qu'en 2013 (2,02 ans; WSP, 2014), en 2016 (2,00 ans; WSP, 2017a) et en 2017 (2,04 ans; WSP, 2019).

Parmi les 30 smolts génétiquement associés à la Puyjalon (reproduction naturelle) dont l'âge est disponible, 14 sont âgés de 2 ans (46,7 %) et 16 sont de 3 ans (53,3 %). Ainsi, l'âge moyen des smolts issus de la Puyjalon est de 2,53 ans, ce qui est proche des valeurs obtenues en 2013 (2,61 ans; WSP, 2014), en 2014 (2,57 ans; WSP, 2015) et en 2015 (2,62 ans; WSP, 2016), mais inférieur à celles de 2016 (2,92 ans; WSP, 2017a) et de 2017 (2,73 ans; WSP, 2019). En 2018, il n'y a pas de différence significative entre les âges moyens des smolts provenant des deux rivières, mais l'effectif est toutefois faible pour la rivière Romaine ($n = 8$).

Par ailleurs, des lectures d'âge ont également été réalisées sur un sous-échantillon de 160 smolts capturés dans la rivière Puyjalon. Même s'ils n'ont pas fait l'objet d'analyses génétiques comme ceux capturés au PK 5 de la Romaine, ces smolts sont vraisemblablement tous affiliés à la sous-population de la rivière Puyjalon. Ils sont caractérisés par une proportion particulièrement élevée de smolts de 2 ans (99 smolts, soit 61,9 %). Les smolts de 3 ans représentent 36,3 % des captures (58 smolts), alors que deux smolts de 4 ans et un smolt de 5 ans ont aussi été capturés dans la Puyjalon.

Des comparaisons statistiques (voir section 2.1.6) ont été faites pour les variables du tableau 2-11 avec un effectif suffisant (> 3) en vue de comparer les smolts issus du cours principal de la Romaine à ceux de la Puyjalon. Afin de minimiser le stress occasionné par les manipulations, rappelons que la proportion de smolts sur lesquels des écailles ont été prélevées en vue de déterminer l'âge a été plus faible en 2018. Le faible nombre de captures au PK 5 de la Romaine a également contribué à réduire le nombre de smolts dont on a déterminé l'âge, en particulier dans le cas des smolts affiliés à la Romaine qui représentent une plus faible proportion des smolts capturés. Comme pour les années passées, on note néanmoins que les smolts issus de la reproduction naturelle dans la Romaine demeurent significativement plus grands que ceux de la Puyjalon, que ce soit à 2 ans ou pour l'ensemble de la population.

Tableau 2-11 Caractéristiques biologiques des smolts de la Romaine et de la Puyjalon en 2018

Variable	Romaine – Reproduction naturelle			Puyjalon – Reproduction naturelle		
	Âge		Tous ¹	Âge		Tous ¹
	2 ans	3 ans		2 ans	3 ans	
<i>Âge</i>						
Effectif	6	2	8	14	16	30
Âge moyen			2,25 ans ^a			2,53 ans ^a
<i>Masse (g)</i>						
Effectif	1	0	1	1	0	1
Moyenne	17,0	-	17,0	16,8	-	16,8
Minimum	-	-	-	-	-	-
Maximum	-	-	-	-	-	-
I.C. (95 %)	S. O.	-	S. O.	S. O.	-	S. O.
<i>Longueur totale (mm)</i>						
Effectif	6	2	9	14	16	36
Moyenne	180,7 ^a	207,0	183,6 ^a	146,4 ^b	157,3	152,1 ^b
Minimum	134	170	134	133	141	133
Maximum	201	244	244	176	174	179
I.C. (95 %)	25,8	-	23,8	6,5	5,0	4,1
<i>Longueur à la fourche (mm)</i>						
Effectif	1	0	1	1	0	1
Moyenne	124,0	-	124,0	125,0	-	125,0
Minimum	-	-	-	-	-	-
Maximum	-	-	-	-	-	-
I.C. (95 %)	S. O.	-	S. O.	S. O.	-	S. O.
<i>Coefficient de condition (Fulton)</i>						
Effectif	1	0	1	1	0	1
Moyenne	0,71	-	0,71	0,71	-	0,71
Minimum	-	-	-	-	-	-
Maximum	-	-	-	-	-	-
I.C. (95 %)	S. O.	-	S. O.	S. O.	-	S. O.

¹ Incluant les smolts appartenant à l'une ou l'autre des populations, mais pour lesquels l'âge n'a pas été déterminé.

* Des comparaisons statistiques ont été effectuées pour chacune des variables (effectif minimal de 3 spécimens par groupe) et des lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$) entre les valeurs obtenues pour les deux populations.

S. O. Effectif trop faible pour calculer l'intervalle de confiance.

Les longueurs totales moyennes des smolts de la Romaine (184 mm) et de la Puyjalon (152 mm) sont supérieures à celles mesurées dans les rivières de la Trinité (141 mm) et Saint-Jean (130 mm), mais inférieures à celle calculée pour les smolts de la rivière du Vieux-Fort en 2017 (201 mm) (April et coll., 2019; Gagné et coll., 2018). La taille n'est pas le seul facteur qui influence l'âge à la smoltification, comme l'indiquent les caractéristiques des smolts de la rivière Saint-Jean (LT de 126 mm pour un âge moyen de 3,39 ans depuis 1989) par rapport à ceux de la rivière de la Trinité (133 mm pour un âge moyen de 2,98 ans depuis 1984). En d'autres mots, la taille des smolts n'est pas nécessairement révélatrice de leur âge, comme c'est aussi le cas entre les smolts de la Puyjalon et de la Romaine.

2.2.5.2 Âge à la smoltification par cohorte d'œufs

En considérant les smolts de 2 ans issus de la cohorte d'œufs de 2014 ayant dévalé en 2017 et ceux âgés de 3 ans qui ont dévalé en 2018, il est possible d'évaluer de façon préliminaire l'âge à la smoltification des smolts issus de cette cohorte d'œufs (tableau 2-12, annexe 9). Dans le cours principal de la Romaine, l'âge à la smoltification de la cohorte d'œufs de 2014 est évalué à 2,35 ans comparativement à 2,62 ans dans la Puyjalon. Cette évaluation pourra être précisée en 2019 advenant le cas où des smolts de 4 ans viendraient compléter le portrait des smolts issus de la cohorte d'œufs de 2014.

Tableau 2-12 Nombre total de smolts en dévalaison et âge à la smoltification selon les cohortes d'œufs de 2010 à 2014 et leur provenance

Cohorte d'œufs	Cours principal de la Romaine		Puyjalon et ses tributaires	
	Nombre de smolts en dévalaison ¹ (I.C. 95 %)	Âge à la smoltification ¹	Nombre de smolts en dévalaison ¹ (I.C. 95 %)	Âge à la smoltification ¹
2010	11 444 (8 414 à 13 096)	2,20	15 268 (12 167 à 20 466)	2,71
2011	7 960 (6 583 à 9 949)	2,08	12 648 (10 046 à 17 343)	2,38
2012	3 160 (2 296 à 5 121)	2,00	15 876 (9 992 à 34 784)	2,82
2013	2 693 (1 615 à 6 364)	2,04	6 212 (4 719 à 9 578)	2,84
2014 ²	1 750 (1 369 à 2 449)	2,35	7 980 (6 178 à 11 325)	2,62

¹ Voir annexe 9 pour le détail du calcul.

² Total à ajuster en 2019 si la dévalaison de 2019 inclut des smolts de 4 ans.

Ces données semblent toujours indiquer une meilleure croissance dans le cours principal de la Romaine comparativement à la Puyjalon. Cette différence est cependant moins marquée pour la cohorte d'œufs de 2014. Cette dernière est la première à avoir été influencée par les conditions modifiées de débit et de température dans la Romaine à partir de la ponte des œufs. Cette cohorte d'œufs est caractérisée par l'âge à la smoltification le plus élevé observé jusqu'ici pour la sous-population de la Romaine.

La différence entre les âges à la smoltification semble liée au milieu de vie, dans la mesure où dans des conditions contrôlées identiques (au laboratoire du LARSA), les smolts provenant de la rivière Puyjalon montrent une croissance plus rapide que ceux de la Romaine (SSRR, données

non publiées). À titre de comparaison, dans la rivière Betsiamites, l'âge à la smoltification est de 2,10 ans selon des données compilées entre 1990 et 2009 (Richard Verdon, comm. pers., 2010 dans WSP, 2016), ce qui est semblable à ce qui est observé dans le cours principal de la Romaine.

Ces âges à la smoltification sont toutefois relativement faibles en comparaison avec d'autres rivières du Québec. Hutchings et Jones (1998) calculent un âge moyen à la smoltification de 3,60 ans \pm 0,79 an à partir de données issues de 27 rivières du Québec. L'âge à la smoltification des smolts de la Romaine et, dans une moindre mesure, ceux de la Puyjalon (tableau 2-12), est également moins élevé si on le compare avec celui de la rivière de la Trinité sur la Haute-Côte-Nord (2,98 ans depuis 1984), de la rivière Saint-Jean en Gaspésie (3,39 ans depuis 1989), et enfin ceux de la rivière du Vieux-Fort sur la Basse-Côte-Nord (3,78 ans depuis 2014) (April et coll., 2019; Gagné et coll., 2018). Dans tous les cas, les smolts de 2 ans sont très peu représentés, les smolts âgés de 3 ans dominent généralement dans les rivières de la Trinité et Saint-Jean alors que les smolts de 4 ans sont les plus abondants dans la population de la rivière du Vieux-Fort.

2.2.5.3 Rapport des sexes

Comme en 2017, le sexe des smolts a été déterminé par l'analyse génétique à partir d'un échantillon représentatif de la population. Les résultats sont présentés au tableau 2-13. Puisque moins de la moitié des smolts ayant fait l'objet d'une analyse génétique ont également fait l'objet d'une lecture d'âge, les smolts n'ayant pas été âgés ont aussi été inclus.

Tableau 2-13 Rapport des sexes des smolts capturés au PK 5 de la Romaine en 2018

Échantillon	Effectif	Femelle	Mâle	Femelle (%)	Mâle (%)
Total	101	62	39	61,4	38,6
2 ans	20	9	11	45,0	55,0
3 ans	18	12	6	66,7	33,3
Romaine	21	7	14	33,3	66,7
2 ans	6	2	4	33,3	66,7
3 ans	2	0	2	0	100
Puyjalon	80	55	25	68,8	31,3
2 ans	14	7	7	50,0	50,0
3 ans	16	12	4	75,0	25,0

Le rapport des sexes est majoritairement en faveur des femelles pour la sous-population de la Puyjalon (64,7 %), mais l'inverse est observé pour la Romaine (66,7 % de mâles), où l'effectif est cependant plus faible. Un déséquilibre en faveur des femelles est fréquemment observé chez les smolts. Selon Cunjak et coll. (1998), les tacons mâles sexuellement matures (tacons précoces) accumulent moins de réserves lipidiques que les tacons femelles immatures et seraient ainsi soumis à un plus haut taux de mortalité hivernale.

2.2.5.4 Croissance annuelle

À l'exception des alevins de 2015 (ponte de 2014), la croissance annuelle des saumons juvéniles avant leur smoltification est plus élevée dans la rivière Romaine que dans la rivière Puyjalon, les comparaisons des accroissements annuels étant toutes significativement différentes ($p < 0,05$) pour la même cohorte et la même classe d'âge (tableau 2-14). La plus faible compétition intraspécifique

pour la ressource alimentaire, en lien avec la plus faible densité des juvéniles dans le cours principal de la Romaine, serait le principal facteur expliquant ce phénomène. Les longueurs rétrocalculées pour un même âge varient considérablement d'une cohorte à l'autre, et ce, pour les deux rivières. Par ailleurs, ces données de croissance annuelle ne sont disponibles que pour les juvéniles qui se sont smoltifiés et ne renseignent donc pas sur les patrons de croissance chez les juvéniles n'ayant pas atteint ce stade.

Tableau 2-14 Croissance interannuelle des smolts des rivières Romaine et Puyjalon

Cohorte ¹	Croissance moyenne \pm I.C. (95 %) (mm) ^{2,3}		
	Âge 0 à 1 an	Âge 1 à 2 ans	Âge 2 à 3 ans
<i>Romaine naturelle</i>			
2011 (2010)	67,0 ^{ab} ($\pm 0,9$) [n=48]	47,1 ^d ($\pm 1,8$) [n=48]	47,3 ^a ($\pm 6,5$) [n=8]
2012 (2011)	69,5 ^a ($\pm 1,1$) [n=32]	51,3 ^{cd} ($\pm 2,2$) [n=32]	21,2 ^b ($\pm 7,5$) [n=6] ⁴
2013 (2012)	64,3 ^b ($\pm 1,2$) [n=28]	54,8 ^c ($\pm 2,3$) [n=28] ⁴	
2014 (2013)	64,1 ^b ($\pm 1,4$) [n=20] ⁴	70,0 ^a ($\pm 2,8$) [n=20] ⁵	65,7 [n=2] ⁵
2015 (2014)	54,2 ^c ($\pm 1,2$) [n=26] ⁵	61,5 ^b ($\pm 2,4$) [n=26] ⁵	56,7 [n=2] ⁵
2016 (2015)	66,9 ^{ab} ($\pm 2,3$) [n=7] ⁵	74,9 ^a ($\pm 5,0$) [n=6] ⁵	
<i>Puyjalon naturelle</i>			
2010 (2009)	59,7 ^{ab} ($\pm 1,4$) [n=31]	30,5 ^d ($\pm 1,8$) [n=31]	32,4 ^c ($\pm 1,8$) [n=31]
2011 (2010)	*60,9 ^a ($\pm 0,9$) [n=57]	*36,7 ^c ($\pm 1,4$) [n=57]	*41,0 ^a ($\pm 1,6$) [n=36]
2012 (2011)	*58,5 ^b ($\pm 0,8$) [n=72]	*43,0 ^b ($\pm 1,2$) [n=72]	*37,3 ^{ab} ($\pm 1,5$) [n=45]
2013 (2012)	*53,7 ^c ($\pm 0,6$) [n=126]	*35,0 ^c ($\pm 0,9$) [n=126]	36,6 ^b ($\pm 1,0$) [n=96]
2014 (2013)	*46,0 ^e ($\pm 0,6$) [n=115]	*31,9 ^d ($\pm 1,0$) [n=115]	34,6 ^{bc} ($\pm 0,9$) [n=108]
2015 (2014)	51,6 ^d ($\pm 0,7$) [n=79]	*45,4 ^b ($\pm 1,1$) [n=79]	38,5 ^{ab} ($\pm 1,4$) [n=16]
2016 (2015)	*57,7 ^{ab} ($\pm 1,8$) [n=14]	*54,0 ^a ($\pm 2,7$) [n=14]	
Romaine ensem.			
2015 (2014)	*73,3 ($\pm 1,4$) [n=29]	67,6 ($\pm 2,6$) [n=29]	

1 Cohorte de poisson (année de ponte des œufs, correspondant à la fraie, entre parenthèses).

2 Selon les rétrocalculs de l'âge des poissons réalisés à partir des écailles.

3 La croissance est exprimée en longueur à la fourche (LF). Les mesures de la longueur totale (LT) prises sur le terrain doivent donc être préalablement transformées en longueur à la fourche.

4 Année de croissance partiellement influencée par la présence des installations hydroélectriques (2014).

5 Années de croissance complètement influencées par la présence des installations hydroélectriques (2015 et +).

* Des comparaisons statistiques ont été effectuées pour chacune des variables (voir section 2.1.6) et les astérisques indiquent une différence significative ($p < 0,05$) entre les valeurs obtenues pour la Puyjalon ou les ensemencements comparativement à celles de la Romaine.

a Des comparaisons statistiques ont été effectuées interannuellement pour chacune des variables pour chaque rivière et des lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$) entre les années.

Rappelons que la croissance des juvéniles de la sous-population de la Romaine est influencée par la présence des installations hydroélectriques depuis 2014. Comme montré à l'annexe A1-1, la présence du réservoir de la Romaine 2, dont le remplissage a débuté le 10 mai 2014, a commencé à avoir une influence sur le régime thermique de la rivière à compter de l'automne 2014. Les cohortes d'alevins de 2012 à 2014 ont été partiellement soumises aux modifications des régimes thermiques et hydrologiques associées à la présence des équipements et à leur exploitation.

La cohorte d'alevins de 2015 (œufs déposés à l'automne 2014) est la première dont la croissance a pu être influencée dès l'éclosion par le nouveau régime thermique de la rivière. Bien que la première année de croissance de cette cohorte (54,2 mm) soit nettement inférieure à la moyenne des quatre cohortes précédentes (moyenne de 66,2 mm, voir tableau 2-14), cette tendance n'a pas été observée chez la seconde cohorte influencée par le nouveau régime thermique de la rivière entre 0 et 1 an, soit la cohorte d'alevins de 2016 (ponte de 2015). Dans ce cas, le nombre d'analyses est toutefois relativement faible ($n = 7$).

Pour ce qui est de la deuxième année de croissance des cohortes influencées par le nouveau régime thermique de la rivière (cohortes d'alevins de 2014 à 2016), on note une croissance moyenne supérieure (moyenne de 68,8 mm) à ce qui prévalait pour les trois cohortes précédentes (moyenne de 51,1 mm), non influencées par le nouveau régime thermique de la rivière entre 1 et 2 ans. Ces taux de croissance plus élevés chez les tacons pourraient traduire une plus faible compétition intraspécifique pour la nourriture.

Dans la Puyjalon, la croissance des alevins (0 à 1 an) en 2016 (ponte de 2015) est en hausse comparativement à celles des trois cohortes d'alevins précédentes (de 2013 à 2015) et se rapproche des croissances recalculées pour les cohortes d'alevins de 2010 à 2012 (pontes de 2009 à 2011). Chez les tacons d'âge 1+ (1 à 2 ans), la croissance annuelle présente également une tendance à la hausse. Les deux cohortes les plus récentes (cohorte d'alevins de 2015 et 2016) sont d'ailleurs caractérisées par les croissances les plus importantes enregistrées jusqu'ici (45,4 mm et 54,0 mm respectivement).

Ces résultats indiquent une meilleure croissance des saumons juvéniles dans le cours principal de la Romaine et leur smoltification à un plus jeune âge. Théoriquement, le fait de passer une année de moins en rivière entraîne une meilleure survie du saumon juvénile (une année de moins de mortalité naturelle). Toutefois, ces données sont disponibles uniquement pour les juvéniles ayant atteint le stade de smolt et ne permettent donc pas de savoir si cette meilleure croissance est corrélée à une plus grande mortalité chez les juvéniles, ce qui réduirait la compétition chez ces derniers. Par ailleurs, il ne semble pas que lesensemencements d'alevins, réalisés à partir de 2015 dans la Romaine et de 2016 dans la Puyjalon, se soient faits au détriment des alevins issus de reproduction naturelle, mais le nombre d'alevins ensemencés était relativement faible lors de ces deux années comparativement aux années subséquentes.

La meilleure croissance des juvéniles de saumon de la sous-population de la Romaine est vraisemblablement attribuable à une plus faible densité dans ce système, ce qui diminue la compétition pour la nourriture et pour les abris. Cette hypothèse est étayée par les travaux de la SSRR qui élève des smolts de la Romaine et de la Puyjalon pour en faire des reproducteurs. En conditions d'élevage contrôlées et identiques, ce sont plutôt les poissons de la Puyjalon, où la densité est près de 20 fois plus grande que dans la Romaine (12,3 juvéniles/100 m² par rapport à 0,68 juvéniles/100 m²; AECOM, 2013), qui affichent une meilleure croissance.

2.2.6 Autres espèces capturées

Les tableaux 2-15 et 2-16 présentent toutes les captures de poissons dans les rivières Romaine et Puyjalon en 2018. En excluant les smolts de saumon, le méné de lac domine les captures au PK 5 de la Romaine (32 captures), suivi de la ouitouche (21 captures), des alevins ou tacons de saumon (20 captures) et du meunier noir (19 captures). Huit autres espèces ont aussi été capturées en petit nombre (cumul de 17 captures) pour un total de 12 espèces. Bien que le nombre de spécimens capturés soit faible (109 en excluant les smolts), le nombre d'espèces se compare avantageusement aux années précédentes (8 à 16 espèces capturées entre 2013 et 2017), avec seulement une année caractérisée par un plus grand nombre d'espèces capturées (16 espèces en 2014).

Dans la Puyjalon, la ouitouche a été l'espèce la plus fréquemment capturée (183 captures), hormis les smolts de saumon. Suivent ensuite les alevins ou tacons de saumon (81 captures), le méné de lac (62 captures) et le meunier noir (53 captures). Six autres espèces totalisant

77 captures sont aussi rapportées dans la Puyjalon pour un total de 10 espèces. Ainsi, malgré le nombre de captures beaucoup plus élevé dans la Puyjalon (456 captures en excluant les smolts), moins d'espèces y ont été identifiées.

Tableau 2-15 Nombre de poissons par espèce capturés dans la Romaine en 2018

Nom français	Nom latin	Effectif
Saumon atlantique (smolt)	<i>Salmo salar</i>	119
Méné de lac	<i>Couesius plumbeus</i>	32
Ouitouche	<i>Semotilus corporalis</i>	21
Saumon atlantique (alevin ou tacon)	<i>Salmo salar</i>	20
Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	19
Épinoche à trois épines	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	8
Meunier rouge	<i>Catostomus catostomus</i>	3
Anguille d'Amérique	<i>Anguilla rostrata</i>	1
Éperlan arc-en-ciel	<i>Osmerus mordax</i>	1
Épinoche tachetée	<i>Gasterosteus wheatlandi</i>	1
Lotte	<i>Lota lota</i>	1
Ménomini rond	<i>Prosopium cylindraceum</i>	1
Touladi	<i>Salvelinus namaycush</i>	1
Total		228

Tableau 2-16 Nombre de poissons par espèce capturés dans la Puyjalon en 2018

Nom français	Nom latin	Effectif
Saumon atlantique (smolt)	<i>Salmo salar</i>	536
Ouitouche	<i>Semotilus corporalis</i>	183
Saumon atlantique (alevin ou tacon)	<i>Salmo salar</i>	81
Méné de lac	<i>Couesius plumbeus</i>	62
Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	53
Naseux des rapides	<i>Rhinichthys cataractae</i>	24
Anguille d'Amérique	<i>Anguilla rostrata</i>	20
Meunier rouge	<i>Catostomus catostomus</i>	17
Ombre de fontaine	<i>Salvelinus fontinalis</i>	11
Éperlan arc-en-ciel	<i>Osmerus mordax</i>	4
Épinoche à trois épines	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	1
Total		992

3. Montaison des saumons adultes

Les objectifs spécifiques de cette activité sont :

- de dénombrer le nombre de saumons adultes en montaison au PK 7,3 de la Romaine;
- de décrire la chronologie de la montaison;
- d'évaluer la longueur de chaque saumon adulte à l'aide des données enregistrées par le système IchtyoS et départager les rédibermarins des madeleineaux.

3.1 Matériel et méthode

Le dénombrement des saumons adultes a été réalisé de la même façon que lors des suivis précédents réalisés en 2010, 2013 et 2015 (GENIVAR, 2011; WSP, 2014; WSP, 2016), soit à l'aide de la barrière flottante et du système de comptage automatisé IchtyoS, développés par WSP. Cette méthode consiste à bloquer la rivière au PK 7,3 de la Romaine à l'aide d'une barrière, de manière à ce que les saumons en montaison passent par une ouverture unique équipée du système de comptage.

3.1.1 Description des principaux équipements

3.1.1.1 Barrière flottante

La barrière flottante est un dispositif permettant un dénombrement précis des saumons en montaison sur une rivière de la taille de la Romaine et abritant une petite population de saumons. La barrière, qui couvre toute la largeur de la rivière, est constituée de tuyaux de PVC verticaux reliés entre eux par des câbles. Elle comprend une partie principale supérieure flottante, d'une hauteur variant de 2,4 à 9,2 m, et une partie inférieure ou « bavette » d'environ 60 cm de longueur (voir schéma, carte 3-1). Ces deux parties sont articulées l'une par rapport à l'autre, le pivot étant constitué d'un câble d'amarrage qui longe le lit de la rivière. La longueur totale de la barrière est d'environ 410 m.

Le point d'articulation, grâce à la flexibilité relative de la combinaison tuyaux-câbles, permet à l'extrémité inférieure de la barrière d'épouser le relief du lit de la rivière. C'est également ce point d'articulation qui permet à la partie supérieure de s'adapter aux variations de niveau et de débit de la rivière. En effet, puisque la partie supérieure est flottante, elle suit les variations du niveau de l'eau en formant un angle plus ou moins grand par rapport à la surface, ce qui lui permet de couvrir toute la colonne d'eau en tout temps.

Quand le débit de la rivière diminue après un « coup d'eau » ou encore après le passage d'un tronçonneuse ou autres débris flottants, la barrière flottante remonte d'elle-même pour se replacer dans sa position normale d'exploitation, soit avec un angle d'environ 45 degrés avec la surface de l'eau.

Le principe de base de la barrière flottante a été adapté pour permettre son exploitation dans la rivière Romaine, plus large et plus profonde que les cours d'eau dans lesquels elle a été développée. La principale différence concerne le système d'amarrage qui est composé de pieux vissés au lieu de blocs de béton, surtout en raison de la quantité d'amarres requise et de l'accès difficile au site à l'étude.

La seconde différence majeure concerne la hauteur de la barrière, qui est jusqu'à trois fois celle des barrières déjà utilisées sur d'autres rivières (maximum de 9,2 m par rapport à 3,7 m). Pour assurer une flottabilité adéquate de la partie supérieure, des flotteurs sont positionnés sur chacune des sections qui la composent, en fonction de la hauteur et de l'emplacement de ces dernières le long de la barrière. Le nombre et la disposition des flotteurs doivent assurer une flottaison la plus égale possible tout le long de la barrière.

3.1.1.2 Système de comptage IchtyoS

Le système de comptage IchtyoS est installé près de la rive gauche de la Romaine (carte 3-1), dans la veine d'eau principale où passent naturellement les saumons en montaison. Basé sur une technologie utilisant un laser, il comprend une unité de surveillance constituée de trois bandes détectrices reliées par des panneaux de plexiglas. Chacune des bandes est composée d'une série d'émetteurs laser (en bas) et d'une série de récepteurs laser (en haut) placés vis-à-vis. L'ensemble constitue ainsi un passage horizontal, coupé par trois rideaux verticaux de faisceaux laser. C'est en coupant ces faisceaux que les poissons activent les différentes bandes détectrices. L'ordre dans lequel sont coupés les trois faisceaux permet de déterminer le sens du déplacement de chaque poisson. De plus, le système IchtyoS est muni d'une caméra sous-marine et d'un système d'éclairage. Les vidéos ainsi produites permettent d'identifier à l'espèce la plupart des poissons (tous ceux de grande taille) à toute heure de la journée. Pour les saumons, une estimation de la longueur est également réalisée, lorsque possible, avec les bandes vidéo. Celles-ci sont visionnées uniquement pour les périodes où des passages de poissons sont enregistrés. Ces enregistrements sont effectués lorsque des poissons de 13 cm ou plus sont détectés par deux bandes ou plus ou lorsque des bancs de poissons provoquent l'équivalent. Les poissons mesurant plus de 13 cm sont donc systématiquement enregistrés et comptés, alors que les plus petits le sont uniquement lors de passages en banc. Les passages de poissons-fourrages sont donc sous-évalués. Pour évaluer cette composante, il faudrait visionner toutes les vidéos, ce qui serait trop fastidieux en fonction des objectifs de l'étude. L'ensemble de ces équipements est alimenté par des panneaux solaires (annexe 4, photo 16), une éolienne et des batteries.

Les données (longueur totale des poissons, direction du déplacement, séquences vidéo) sont relayées par le câble de connexion vers l'unité de contrôle qui interprète les informations enregistrées par l'unité de surveillance. Le système IchtyoS est équipé d'un lecteur de carte mémoire permettant le transfert des données acquises par le système directement vers un ordinateur portable. Les données peuvent ainsi s'exporter facilement vers un chiffrier électronique courant, tel que Microsoft Excel.

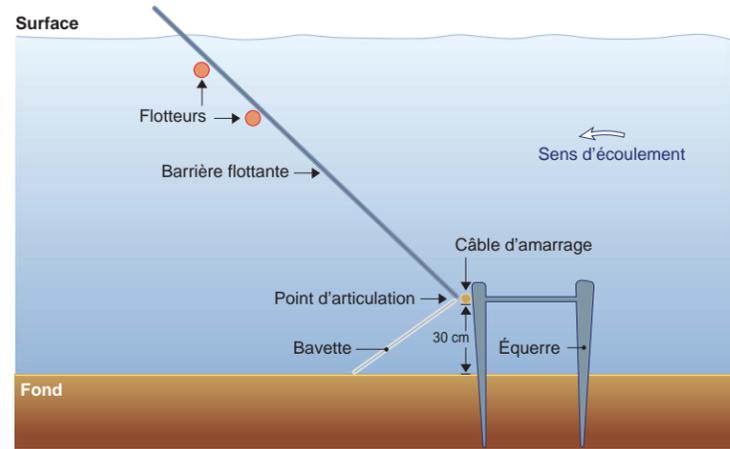
3.1.1.3 Plateforme de travail

Une plateforme de travail flottante a été aménagée comme lors des deux suivis précédents (annexe 4, photos 17 et 18). Celle-ci facilite l'assemblage puisqu'elle permet d'empiler plusieurs sections de barrière et est assez vaste pour que le personnel technique puisse y circuler. Elle accentue également la sécurité du personnel et permet d'accélérer l'étape du transport des sections de barrière. De plus, la plateforme permet de réduire le personnel requis sur le site et stabilise les embarcations de plongées sous-marines en offrant un point d'ancrage équivalent à un quai.

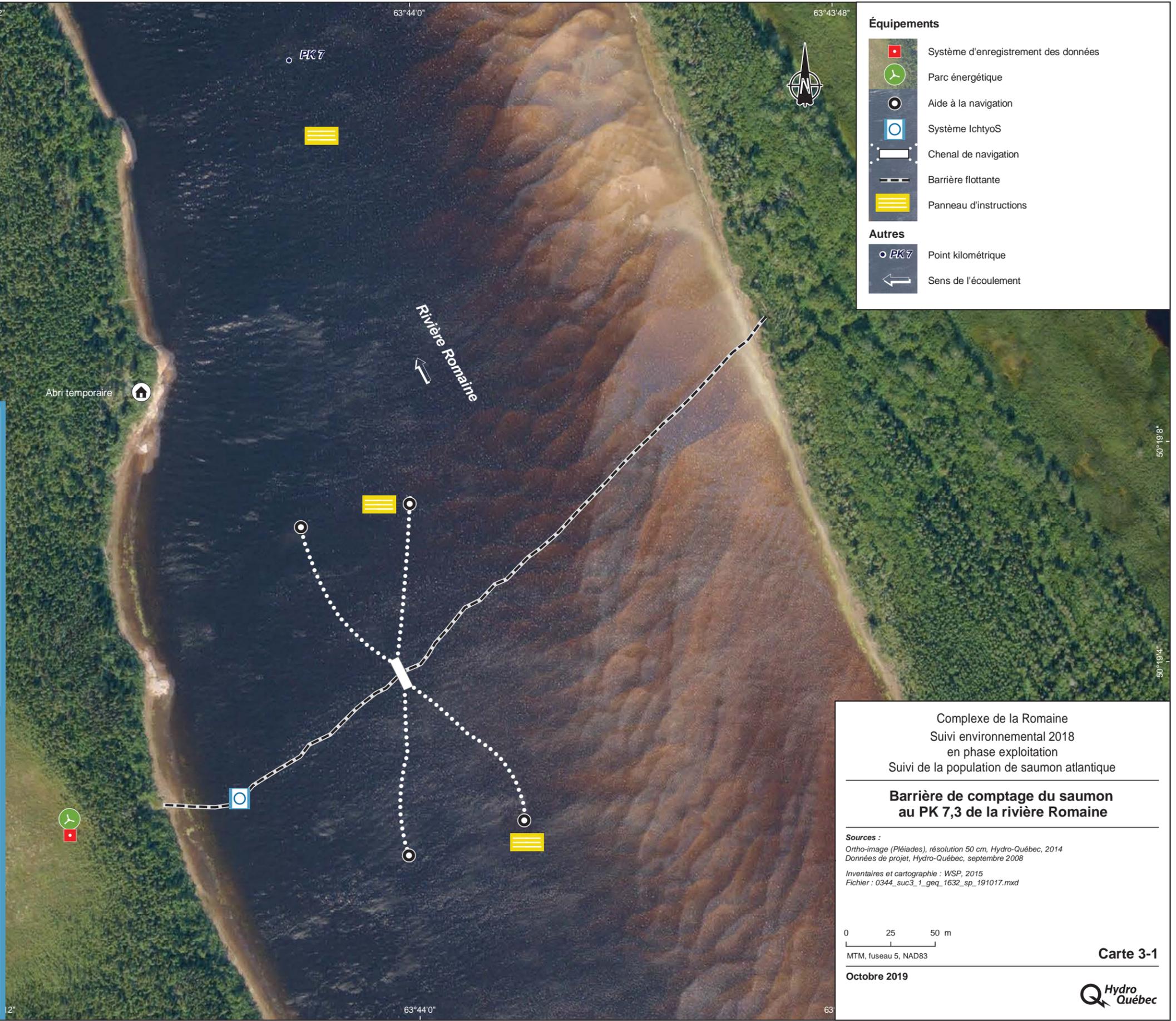
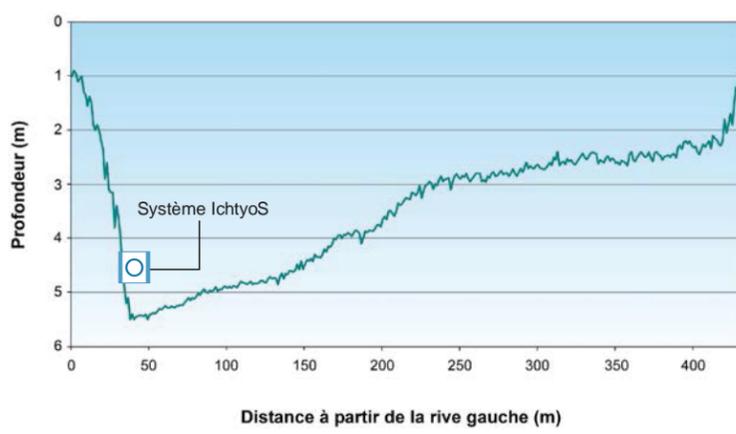
A Assemblage de la barrière flottante en 2018



Représentation schématique de profil de la barrière flottante



Profil bathymétrique à l'emplacement de la barrière de comptage en 2013 (PK 7,3 de la Romaine)

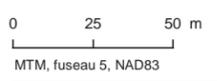


- Équipements**
- Système d'enregistrement des données
 - Parc énergétique
 - Aide à la navigation
 - Système IchtyoS
 - Chenal de navigation
 - Barrière flottante
 - Panneau d'instructions
- Autres**
- Point kilométrique
 - Sens de l'écoulement

Complexe de la Romaine
Suivi environnemental 2018
en phase exploitation
Suivi de la population de saumon atlantique

Barrière de comptage du saumon au PK 7,3 de la rivière Romaine

Sources :
Ortho-image (Pléiades), résolution 50 cm, Hydro-Québec, 2014
Données de projet, Hydro-Québec, septembre 2008
Inventaires et cartographie : WSP, 2015
Fichier : 0344_suc3_1_geq_1632_sp_191017.mxd



Carte 3-1

Octobre 2019



Cette plateforme peut être déplacée transversalement et longitudinalement sur la rivière, à l'aide de deux systèmes de poulies. Un premier système, relié à un câble traversant la rivière, permet de la déplacer d'une rive à l'autre. Le câble repose sur le lit de la rivière de part et d'autre de la plateforme, comme pour certains traversiers (bacs à câble) utilisés sur de petits cours d'eau. Le second système permet de se déplacer dans le sens amont-aval avec le câble traversant la rivière comme point d'attache.

La plateforme peut ainsi être placée près du quai en rive gauche pour charger les sections de barrière, puis être déplacée le long de la barrière pour leur installation. Toutes ces opérations se font en amont de la barrière.

3.1.1.4 Autres accessoires

Près de la rive gauche, un couloir balisé mène à un passage pour bateaux aménagé dans la barrière. Celui-ci est muni d'une porte automatique basée sur l'utilisation de ballast permettant à la porte de s'ouvrir uniquement à l'approche des embarcations. Pour ouvrir la porte, des réservoirs fixés sur le haut de la barrière sont vidés de leur air et la barrière localement lestée s'abaisse. Pour la fermer, les ballasts sont remplis d'air à l'aide d'un compresseur disposé en rive. Le dispositif est déclenché par des hydrophones installés en amont et en aval du site, lesquels détectent le bruit des moteurs de bateaux avant qu'ils soient au niveau de la barrière.

Enfin, une caméra sous-marine téléguidée depuis la surface ou une caméra fixée sur une longue tige rigide est utilisée pour inspecter la barrière en profondeur, la portion centrale de celle-ci ne pouvant être couverte uniquement en apnée. Cela permet d'effectuer des inspections fréquentes sans avoir recours à une équipe de plongeurs autonomes. Advenant le cas où des brèches seraient détectées sous la barrière, celles-ci sont comblées depuis la surface par l'ajout de sacs de sable. Les suivis antérieurs ont permis d'identifier deux zones particulièrement actives dans les ruptures de pente de part et d'autre du thalweg. Sur ces sites nécessitant une attention particulière, il y a un déplacement continu des bancs de sable pouvant se traduire par un déchaussement localisé de la barrière.

3.1.2 Installation de la barrière de comptage

Certaines activités sont réalisées préalablement à la mise en place proprement dite de la barrière, soit l'installation :

- des quais;
- du câble traversant la rivière pour la plateforme de travail;
- de l'éolienne et des panneaux solaires;
- de l'escalier amovible permettant d'accéder au haut de talus;
- du système de transport des sections de barrière depuis le talus jusqu'au quai;
- d'un abri pour le matériel et l'équipe de travail;
- des extrémités du câble principal de la barrière en rive, ce dernier ayant été laissé dans la rivière, avec ses ancrages, après le suivi de 2010.

Accessoirement, d'autres activités sont également réalisées, soit : le transport des sections de barrière depuis les conteneurs entreposés à l'aéroport jusque dans la clairière en rive gauche, l'installation du système d'abaissement d'une section de la barrière pour le passage des bateaux, l'installation du couloir balisé permettant d'orienter les bateaux au bon endroit pour leur passage, l'installation des divers panneaux de signalisation en amont et en aval de la barrière et à la rampe de mise à l'eau près du pont de la route 138. Les photos 13 à 20 de l'annexe 4 montrent les différentes étapes de l'aménagement de la barrière de comptage au PK 7,3 de la Romaine.

En 2018, l'équipe de terrain s'est mobilisée le 27 avril. En raison du printemps tardif, les premières activités au terrain ont consisté à déneiger et à déglacer la cour de l'entrepôt du matériel à Havre-Saint-Pierre, ainsi que la rampe de mise à l'eau et des quais aux abords de la rivière Romaine (près de la route 138). Il a également été nécessaire de déneiger la rive de la Romaine à la hauteur de la barrière de comptage (PK 7,3), ainsi que la clairière adjacente (tourbière) qui sert de point de chute et « d'entrepôt » temporaire pour le matériel transporté en hélicoptère. La préparation et le transport du matériel ont également commencé dès le début de la campagne de terrain et les premiers travaux dans l'eau ont débuté le 3 mai. Les travaux de plongée ont été interrompus pendant une semaine à compter de la mi-mai, pendant la période présumée de la crue printanière, pendant que l'équipe terrestre poursuivait les travaux en rive (p. ex. installation de la tyrolienne, préparation des panneaux de la barrière).

Au retour de l'équipe de plongée à la fin mai, les travaux se sont intensifiés et l'équipe a atteint un maximum de 21 personnes le 30 mai. Le débit de la Romaine a alors augmenté et s'est maintenu aux alentours de 800 à 1 000 m³/s (secteur de l'embouchure) pendant les trois premières semaines de juin. L'équipe de terrain a dû composer avec cette contrainte particulière. L'assemblage des sections de la barrière a débuté le 26 mai et le système IchtyoS a été mis en place le 30 mai. Les enregistrements du système IchtyoS ont débuté dès le 31 mai, mais ce n'est que le 15 juin que la barrière a été considérée comme pleinement opérationnelle (blocage de toute la largeur de la rivière incluant les zones plus profondes). Néanmoins, en raison du débit élevé et de la grande quantité de débris charriés par la rivière, une opération de nettoyage de grande envergure de la barrière a été nécessaire entre le 17 juin et le 23 juin. Une inspection de la barrière à la toute fin de juin a révélé qu'elle était à nouveau colmatée par les débris à la dérive et que sa partie supérieure était légèrement émergée sur une faible longueur (dans la partie du thalweg). Une seconde opération de nettoyage de grande envergure s'est donc déroulée entre le 2 et le 8 juillet. Dans ce contexte, il est possible que la barrière n'ait pas été parfaitement étanche pendant quelques jours.

Par la suite, les inspections régulières de la barrière se sont poursuivies tout au long de son opération afin de prévenir l'accumulation excessive de débris et d'assurer son bon fonctionnement continu. Ces inspections conduisent régulièrement à des interventions ponctuelles pour assurer une flottabilité optimale en tout temps et éviter l'apparition d'ouvertures sous la barrière. Un nettoyage régulier est également nécessaire afin d'éviter l'accumulation de débris pouvant augmenter la résistance au courant offerte par la structure. Une attention particulière est accordée aux événements caractérisés par une hausse marquée du débit qui s'accompagnent d'une augmentation du niveau d'eau et d'un apport plus grand de débris.

La barrière est demeurée entièrement fonctionnelle jusqu'au 28 août, date à laquelle le démantèlement des sections de clôture a débuté par la rive droite de la Romaine. Puisque cette zone est peu profonde et qu'elle se trouve à l'opposé de la veine d'eau principale, le nombre de saumons ayant pu contourner le système IchtyoS en passant par ce secteur pendant les premiers jours du démantèlement est probablement très faible, voire nul. Le système IchtyoS est cependant demeuré en fonction jusqu'au 3 septembre. Ainsi, la barrière de comptage a été pleinement opérationnelle pendant 74 jours, soit du 15 juin au 28 août, mais des enregistrements ont été amassés par le système IchtyoS pendant près de trois semaines additionnelles, soit entre le 31 mai et le 3 septembre.

3.1.3 Données biologiques

Grâce aux trois rideaux de faisceaux laser décrits précédemment, le système IchtyoS classe les poissons selon de grandes fourchettes de tailles (moins de 50 cm, 50 à 63 cm et plus de 63 cm), lesquelles sont adaptées à l'espèce ciblée (minimum de 13 cm). Pour cette étude, la longueur permettant de départager les madeleineaux et les rédibermarins est la même que celles utilisées par les gestionnaires de rivières à saumon, soit 63 cm (Saumon Québec, 2019). Ainsi, un « petit » poisson mesure moins de 50 cm (saumon juvénile, petit madeleineau ou espèce autre que le saumon), un « moyen » mesure entre 50 et 63 cm (madeleineau³) et un « grand » fait plus de 63 cm (rédibermarin⁴). Lorsqu'un poisson n'intercepte pas simultanément les deux premiers faisceaux lasers, c'est qu'il mesure moins de 50 cm. Lorsqu'il intercepte en même temps les deux premiers faisceaux, c'est qu'il mesure entre 50 et 63 cm alors que s'il coupe les trois faisceaux, sa longueur est plus grande que 63 cm.

Les résultats obtenus lors de tests en milieu naturel montrent que le système IchtyoS réalise un classement exact des saumons selon l'âge en mer (madeleineaux/rédibermarins) dans 97 % des cas (Brunet et coll., 2000, 2002). Les mesures de longueur totale (LT) fournies par le système IchtyoS peuvent être converties en longueur à la fourche (LF) à l'aide de l'équation de Froese et Pauly (2010) : $LF = LT * 0,976$.

De plus, le système IchtyoS mesure précisément la taille des poissons lorsque les conditions sont propices (poisson unique, vitesse de déplacement constante et déplacement perpendiculaire aux faisceaux). Le module effectue jusqu'à 18 mesures pour déterminer une longueur moyenne, les valeurs excédant l'écart type étant exclues. L'erreur est calculée à partir de la taille moyenne et de l'écart type des différentes mesures réalisées par le système pour un passage de poisson.

L'examen des séquences vidéo de chaque passage de saumon permet de valider les données et de corriger certaines évaluations de taille lorsque le visionnement indique que le saumon n'effectuait pas un déplacement perpendiculaire aux faisceaux lasers. Les mesures ne peuvent toutefois être considérées aussi précises que celles prises manuellement sur les saumons.

3 Saumon ayant passé une année en mer.

4 Saumon ayant passé plus d'une année en mer et pouvant avoir déjà frayé auparavant.

3.2 Résultats et discussion

3.2.1 Débit et température de l'eau

En 2018, la barrière de comptage a été entièrement opérationnelle entre le 15 juin et le 28 août, bien que les enregistrements par le système IchtyoS aient débuté dès le 31 mai pour se terminer le 3 septembre. Pendant les trois premières semaines de juin, les débits moyens quotidiens enregistrés dans le secteur de l'embouchure de la Romaine se sont maintenus entre 800 et 1 000 m³/s, pour ensuite s'abaisser de façon marquée pendant la dernière semaine de juin (figure 3-1). À compter du début juillet et jusqu'à la fin du démantèlement de la barrière au début septembre, soit pendant la période de montaison des saumons, le débit de la Romaine à son embouchure s'est généralement maintenu entre 200 et 400 m³/s.

Dans le secteur de l'embouchure de la Romaine, la température moyenne journalière de l'eau a augmenté graduellement pendant tout le mois de juin, dépassant 10 °C le 29 juin. Elle a poursuivi son réchauffement jusqu'à la mi-juillet, pour ensuite se maintenir entre 14 et 17 °C pour le reste de l'été, jusqu'au démantèlement de la barrière (figure 3-1). La température maximale a été atteinte le 5 août (17,3 °C). Comme montré à l'annexe A1-1, la température de l'eau de la Romaine pendant la période de montaison des saumons est désormais plus froide. Ce changement, prévu à l'étude d'impact, est causé par l'inertie thermique des réservoirs dans la portion amont du bassin versant qui se traduit par un réchauffement printanier plus tardif, une température maximale plus basse et un refroidissement plus lent à l'automne. Par ailleurs, depuis le remplissage du premier réservoir en 2014, l'année 2018 est celle où la température estivale de l'eau a été la plus froide.

3.2.2 Dénombrement des saumons adultes

Le système IchtyoS a enregistré 164 passages de saumons adultes à l'été 2018, tous dans la direction amont (annexes 11 et 12). Il demeure possible que quelques saumons aient profité d'une brèche temporaire pour franchir la barrière sans passer par le système IchtyoS, notamment à la fin juin, mais leur nombre est vraisemblablement faible en raison de l'entretien régulier dont elle a fait l'objet. Soulignons également qu'il est peu probable que des saumons aient traversé la clôture pendant la courte période où elle s'était légèrement affaissée en surface, en raison du colmatage par les débris à la dérive (fin juin) car les saumons se déplacent généralement plus profondément dans la colonne d'eau. L'estimation de 164 saumons est considérée fiable et représentative de la montaison des saumons adultes au-delà du PK 7,3 de la Romaine.

Pour obtenir un portrait complet de la montaison dans la Romaine en 2018, il faut également tenir compte des pêches de subsistance réalisées en aval de la barrière de comptage. Or, malgré quelques mentions de filet à l'embouchure de la Romaine en 2018, aucune information précise sur la capture de saumon dans ce secteur n'est disponible (Sylvio Aucoin, MFFP, comm. pers., 2019). Néanmoins, le nombre de saumons ayant franchi la barrière de comptage au PK 7,3 fournit un portrait réaliste de la montaison totale de saumon à l'embouchure de la Romaine.

Après avoir franchi le PK 7,3, une partie des 164 saumons comptés par le système IchtyoS est demeurée dans le cours principal de la Romaine, tandis que l'autre partie a bifurqué vers la rivière Puyjalon au PK 13. La répartition des saumons entre ces cours d'eau n'est pas connue, mais le nombre de nids comptés à l'automne donne une idée de celle-ci (voir section 6.2.2).

Figure 3-1a Chronologie de la montaison de saumons au PK 7,3 de la Romaine en 2010, 2013, 2015 et 2018

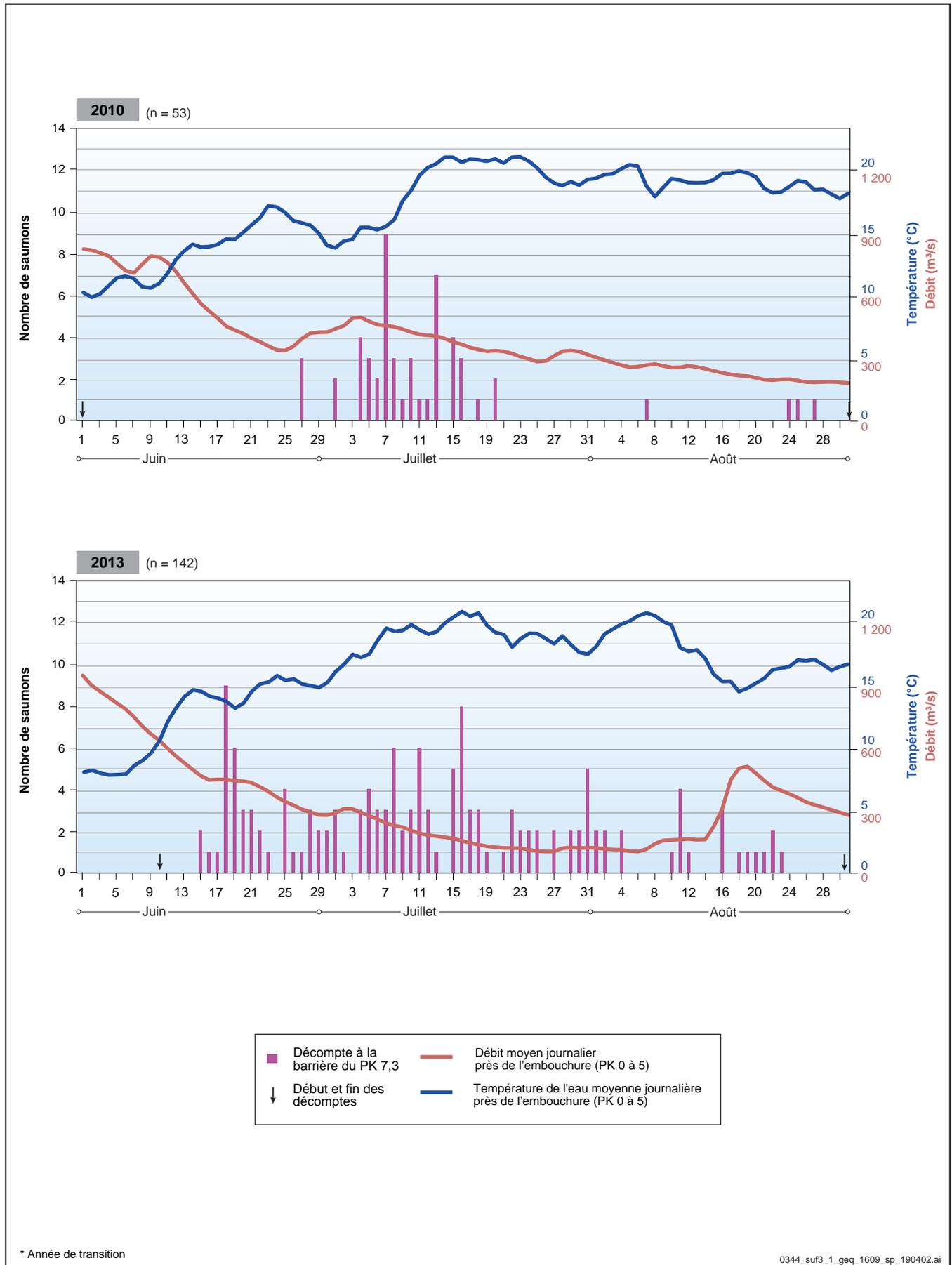
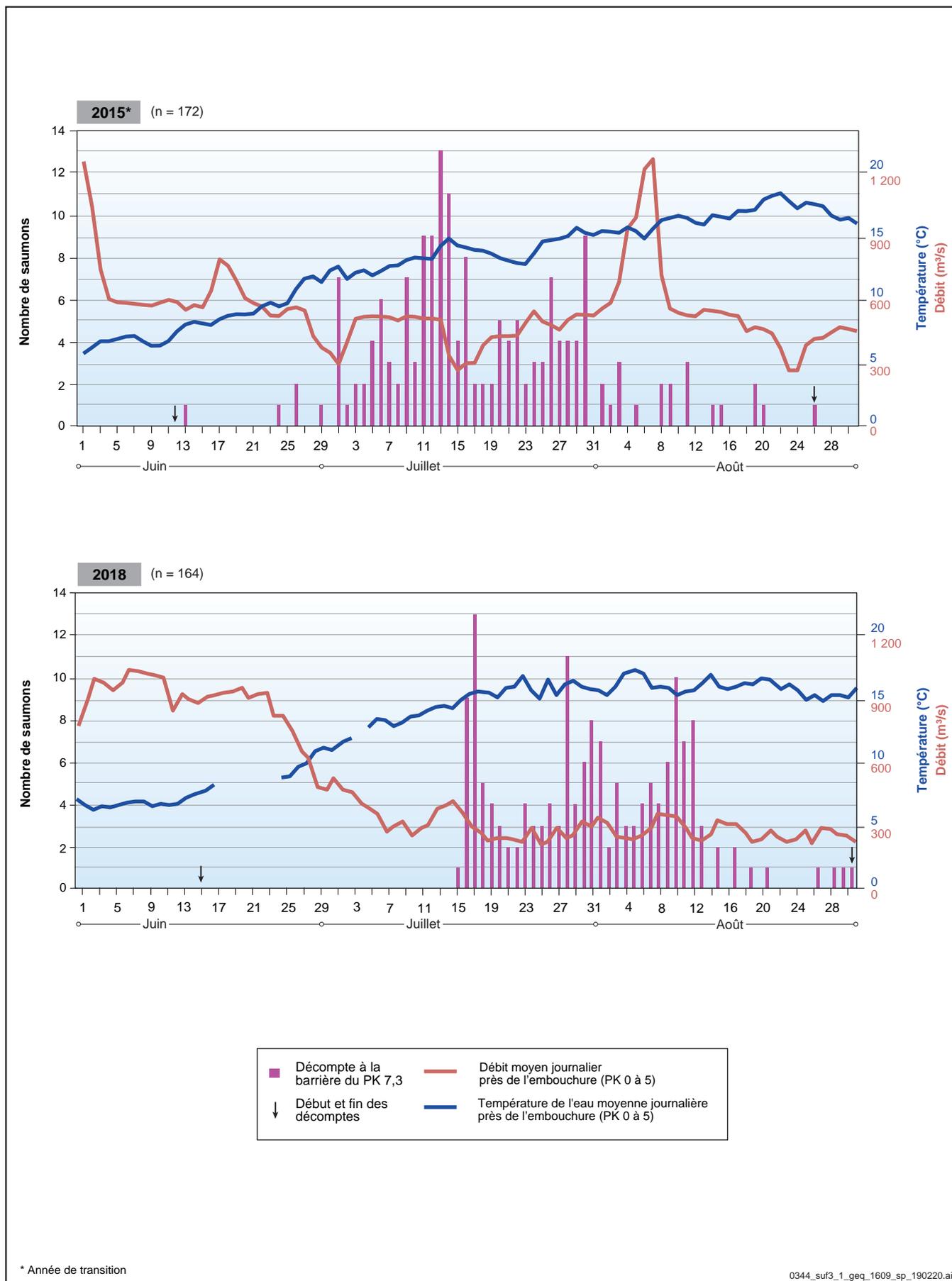


Figure 3-1b Chronologie de la montaison de saumons au PK 7,3 de la Romaine en 2010, 2013, 2015 et 2018



3.2.3 Chronologie de la montaison du saumon

La figure 3-1 illustre le déroulement de la montaison du saumon dans la Romaine en 2018, selon les décomptes quotidiens au PK 7,3. Les résultats des décomptes précédents (2010, 2013 et 2015) sont également inclus permettant de comparer les années. En 2018, la première montaison a été enregistrée le 15 juillet, soit à peine deux jours avant l'atteinte du premier pic de montaison de l'été le 17 juillet (13 saumons). Les montaisons quotidiennes sont demeurées soutenues jusqu'à la mi-août et deux pics secondaires de montaison ont été enregistrés le 28 juillet (11 saumons) et le 10 août (10 saumons). À compter de la mi-août, les montaisons ont commencé à être plus espacées, puisque seulement 12 saumons ont été dénombrés par le système IchtyoS entre le 14 août et le 2 septembre. Néanmoins, un saumon a traversé la barrière de comptage au cours de chacune des cinq dernières journées complètes d'opération du système IchtyoS, avant son retrait le 3 septembre.

Le plus fort de la montaison de 2018 a été observé entre le 16 juillet et le 15 août, période où 93 % des enregistrements de saumons (153 sur un total de 164) ont été signalés. Comme montré à la figure 3-1, on observe un décalage dans le temps de la période de montaison depuis que le débit et la température de la Romaine sont influencés par les installations hydroélectriques dans la portion amont du bassin versant. Le tableau 3-1 compare les dates où le 25^e centile et le 75^e centile de la montaison de saumons ont été atteints en 2010, 2013, 2015 et 2018. Le décalage dans la période de montaison du saumon est encore plus marqué en 2018 qu'en 2015. La température estivale de l'eau de la Romaine, désormais plus froide en raison de la présence des réservoirs en amont, pourrait expliquer en partie le retard observé dans la période de montaison. Un retard dans le début de la montaison a cependant aussi été observé dans plusieurs autres rivières du Québec en 2018, ce qui suggère l'influence d'autres facteurs (Maxime Guérard, MFFP, comm. pers., 2019).

Tableau 3-1 Dates d'enregistrement du 25^e centile et du 75^e centile de la montaison en 2010, 2013, 2015 et 2018

Année	25 ^e centile		75 ^e centile	
	Date	Température ¹ (°C)	Date	Température ¹ (°C)
2010	6 juillet	15,5	15 juillet	21,2
2013	28 juin	15,4	24 juillet	19,5
2015	11 juillet	13,6	26 juillet	15,1
2018	23 juillet	16,9	9 août	15,9

¹ La température est celle du secteur de l'embouchure de la Romaine (PK 0 à 5).

3.2.4 Caractéristiques biologiques des saumons adultes à la barrière de comptage

Sur les 164 saumons en montaison détectés par le système IchtyoS à l'été 2018, 64 étaient des madeleineaux et 100 des rédibermarins. Ainsi, la proportion de madeleineaux dans la population de saumons adultes est de 39 % (tableau 3-2). Comme dans le cas des autres décomptes réalisés à l'aide de la barrière de comptage depuis 2010, cette proportion est plus de trois fois supérieure à celle évaluée par Fontaine et coll. (2000) à partir de plusieurs sources (pêches sportives de 1989-1999 et commerciales de 1984-1992), où elle était de l'ordre de 10 %. Les résultats de la présente étude et ceux des suivis de 2010, 2013 et 2015 (GENIVAR, 2011; WSP, 2014; WSP, 2016) indiquent également une proportion de madeleineaux supérieure à 30 % dans la population de saumons de la rivière Romaine.

Cette proportion pourrait cependant avoir été influencée, dans une certaine mesure, par les pêches de subsistance au filet maillant à l'embouchure de la Romaine. Une telle pêche exerce en effet une sélection sur les grands saumons, en raison de la grande dimension des mailles des filets. En 2015, les lectures d'âge réalisées sur 11 saumons issus de ces pêches et provenant de l'embouchure de la rivière révélaient en effet qu'il s'agissait dans tous les cas de grands saumons (11 rédibermarins) (SSRR, données non publiées dans WSP, 2016). Comme mentionné précédemment, aucune information sur la capture de saumon dans le secteur de l'embouchure n'est toutefois disponible en 2018 (Sylvio Aucoin, MFFP, comm. pers., 2019).

Sur les 164 saumons adultes enregistrés en déplacement vers l'amont au PK 7,3, une longueur est disponible pour 161 d'entre eux (annexe 12). En se basant sur ces données, la longueur à la fourche moyenne des madeleineaux s'établit à 54 cm, tandis que celle des rédibermarins est de 82 cm (tableau 3-2). Ces données sont semblables à celles de 2010 (59 et 79 cm), de 2013 (54 et 83 cm) et de 2015 (55 et 78 cm) et sont représentatives de ce qui est rapporté dans Fontaine et coll. (2000), qui ont analysé toutes les données disponibles (1984 à 1999; n = 1904) sur les saumons adultes de la rivière Romaine.

Tableau 3-2 Caractéristiques biologiques des saumons adultes dénombrés à l'été 2018 à la barrière de comptage (PK 7,3)

Paramètre	Madeleineau	Rédibermarin	Effectif total
Proportion (%)	64 (39 %)	100 (61 % ¹)	164 (100 %)
Nombre de saumons mesurés (vers l'amont)	62	99	161
Longueur à la fourche moyenne (\pm I.C.; cm)	53,9 \pm 1,0	82,4 \pm 2,8	71,4 \pm 2,8
Longueur totale moyenne (\pm I.C.; cm)	55,2 \pm 1,0	84,4 \pm 2,8	72,9 \pm 2,8

¹ Cette proportion pourrait être sous-estimée advenant que des saumons aient été capturés à l'embouchure de la Romaine en 2018, et ce, en raison de la sélectivité de la pêche de subsistance sur les grands saumons (grande dimension des mailles des filets maillants).

3.2.5 Comparaison interannuelle

Le dénombrement de saumons en montaison en 2018 (n = 164) est du même ordre de grandeur que les dénombrements de 2013 (n = 142) et de 2015 (n = 172) (tableau 3-3). En 2010, seulement 53 saumons avaient été comptabilisés au PK 7,3 de la Romaine, mais la montaison avait alors été sous-estimée, en raison de problématiques d'étanchéité de la barrière au cours de sa première année d'utilisation. En 2001, au moyen de la méthode hydroacoustique, la montaison avait été évaluée à 295 saumons adultes au PK 1 de la Romaine (330 en incluant les captures par la pêche en aval du site d'étude; GENIVAR, 2002).

En comparaison, dans la rivière Trinité (Moyenne-Côte-Nord), où les montaisons de saumons font l'objet d'un suivi annuel depuis 1984, une nette diminution dans le nombre de montaisons y a en effet été observée au cours des deux dernières années. De plus, l'année 2018 se distingue avec le plus faible total de montaisons enregistrées jusqu'ici (n = 270). À titre de comparaison, ce total représente une baisse de 62 % par rapport à 2015 et de 32 % par rapport à 2013 (April et coll., 2019).

Tableau 3-3 Nombre de saumons adultes dénombrés dans la Romaine

Année	Nombre estimé à l'embouchure ¹	Nombre au PK 7,3	Proportion de la montaison selon le groupe d'âge (%)	
			Madeleineau	Rédibermarin
2001	330	295 ²	11 ⁶	89 ⁶
2010	151	53 ^{3,4}	34	66
2013	266	142 ⁴	30	70
2015	185	172 ⁴	35	65
2018	164 ⁵	164 ⁴	39	61

1 Comprend une estimation des captures sportives (2001 et 2010), scientifique (2015) et de subsistance. Il existe une imprécision à cet égard qui peut être variable annuellement. En 2018, aucune information sur la capture de saumon dans le secteur de l'embouchure n'est disponible.

2 Estimation faite par la méthode hydroacoustique à 1 km de l'embouchure.

3 Cette estimation doit être considérée comme un minimum.

4 Estimation faite à l'aide d'une barrière de comptage.

5 Nombre minimum puisqu'aucune information sur les captures de subsistance à l'embouchure de la Romaine n'est disponible pour l'année 2018.

6 Estimation faite par lecture d'âge sur 28 spécimens.

La proportion de madeleineaux dans la population de saumons adultes de la Romaine est légèrement supérieure en 2018, mais du même ordre de grandeur à ce qui avait été évalué en 2010, 2013 et 2015 (tableau 3-3). Elle est par ailleurs nettement supérieure à l'évaluation de 2001 (11 %; GENIVAR, 2002). Cette dernière évaluation repose cependant sur une méthode différente (lecture d'écaïlle) et sur un échantillon plus faible (n = 28).

3.2.6 Dénombrement des autres espèces de poisson

Un total de 665 poissons en déplacement vers l'amont a été comptabilisé par le système IchtyoS et le visionnement vidéo en 2018 en incluant les 164 saumons adultes dénombrés (tableau 3-4, annexe 11). Cinq autres espèces de poissons de grande taille ont été identifiées, dont la majorité était des meuniers noirs ou rouges (n = 427). On dénote également la présence de grands brochets (n = 40), d'anguilles d'Amérique (n = 3) et de grands corégones (n = 2). Les poissons n'ayant pas pu être identifiés à l'espèce (indéterminés, n = 29) correspondent à des poissons dont l'identification demeurerait incertaine à la suite du visionnement vidéo. Ceux-ci incluent des petits poissons pouvant correspondre à des espèces de petite taille ou à des juvéniles de diverses espèces.

Tableau 3-4 Synthèse des déplacements vers l'amont des poissons recensés au PK 7,3 de la Romaine à l'été 2018 (31 mai au 3 septembre)

Espèce	Nom scientifique	Montaison
Meuniers ¹	<i>Catostomus sp.</i>	427
Saumon atlantique	<i>Salmo salar</i>	164
Grand brochet	<i>Esox lucius</i>	40
Indéterminé ²	-	29
Anguille d'Amérique	<i>Anguilla rostrata</i>	3
Grand corégone	<i>Coregonus clupeaformis</i>	2
Total		665

1 Les meuniers n'étant pas systématiquement identifiés à l'espèce, les résultats sont présentés pour les deux espèces confondues (meunier noir et meunier rouge).

2 Les poissons d'espèces non identifiées incluent des poissons de petite taille, qui peuvent être des juvéniles de diverses espèces, des cyprinidés et d'autres poissons-fourrages.

Les espèces identifiées sont essentiellement les mêmes qu'au cours des trois suivis précédents. Aucun omble de fontaine n'a cependant été identifié en 2018. Les montaisons totales d'espèces autres que le saumon s'élèvent à 501 poissons en 2018, comparativement à 174 en 2010, à 605 en 2013 et à 1 735 en 2015. Soulignons que le total élevé de 2015 incluait 959 poissons non identifiés à l'espèce correspondant principalement à des bancs de poissons de petite taille.

4. Entraînement des saumons juvéniles

L'objectif général de cette activité est de vérifier si les règles de gestion des débits sont adéquates pour permettre aux saumons juvéniles de se maintenir dans leurs habitats.

Plus spécifiquement, les volets de ce suivi réalisés par WSP consistaient à :

- installer des transpondeurs passifs sur 200 saumons juvéniles capturés dans la Romaine et les relâcher sur l'aire d'élevage du PK 49 (amont) où un tapis d'antennes télémétriques a été installé;
- procéder à la détection mobile de ces juvéniles.

Le suivi de l'efficacité des règles de gestion des débits établies afin de permettre aux saumons juvéniles de se maintenir dans leurs habitats repose sur le tapis d'antennes télémétriques installé en 2016 sur l'habitat d'élevage aménagé du PK 49 et sur le marquage de juvéniles à l'aide de transpondeurs passifs (PIT tag). Les mouvements des juvéniles peuvent être enregistrés en continu sur l'habitat d'élevage tandis que des campagnes de détection télémétrique mobiles permettent de localiser ponctuellement les juvéniles marqués à l'extérieur de celui-ci. Un bref historique du développement du tapis d'antennes est disponible dans le rapport de suivi de 2016 (WSP, 2017a).

La conception des antennes (tapis d'antennes et antenne pour la détection mobile), la détection des juvéniles à l'aide du tapis d'antennes, de même que l'analyse des données sont sous la responsabilité de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS), tandis que WSP est responsable de la capture de juvéniles, de l'implantation de transpondeurs passifs et de la détection mobile des juvéniles à l'extérieur du tapis d'antennes.

Soulignons qu'en 2018, la capture de juvéniles visait également à répondre à deux autres objectifs, soit :

- capturer des saumons juvéniles vivants (en visant un $n = 200$), pour le renouvellement du stock de saumons reproducteur de la SSRR (rappelons que des pêches de smolts menées en amont de la confluence avec la Puyjalon au printemps 2018 n'ont permis de capturer que 4 spécimens sur un objectif de 100);
- capturer des saumons juvéniles (en visant un $n = 60$) pour une étude sur les microbiotes de saumon réalisée par l'Université Laval.

Dans ce contexte, les tacons capturés (surtout les plus gros) ont été conservés en priorité pour le renouvellement du stock de saumons reproducteur, tandis que les alevins suffisamment gros (> 60 mm) ont été conservés en priorité pour le suivi de l'entraînement. Ceux-ci ont été mis en stabulation après leur capture avant d'être opérés (implantation d'un PIT tag) et remis à l'eau sur le tapis d'antennes du PK 49. Par ailleurs, les alevins de plus petite taille (< 60 mm) étaient plutôt conservés pour l'étude sur les microbiotes de saumon.

4.1 Matériel et méthode

4.1.1 Description des principaux équipements

4.1.1.1 Tapis d'antennes télémétriques et antenne mobile

Le tapis d'antennes télémétriques est constitué d'un réseau de 296 antennes disposées sur une superficie d'environ 3 200 m², dans l'habitat d'élevage aménagé amont du PK 49 (carte 4-1), dont la superficie totale est de 5 580 m². Chacune des antennes est composée d'un cadre d'aluminium de 1,7 m de côté fixé horizontalement au substrat à l'aide de quatre tiges d'acier. Chaque groupe de quatre antennes est relié à un câble de communication permettant la transmission des données enregistrées. Le tapis d'antenne est muni de points de faiblesse dans ses raccords afin d'éviter le risque d'arrachement en cascade de celui-ci en cas de soulèvement d'une antenne. Soulignons que les antennes doivent être disposées à environ 1 m l'une de l'autre pour éviter les interférences entre elles et assurer une couverture complète de la zone étudiée.

Quant à l'antenne mobile développée par l'INRS, elle permet la détection des juvéniles à partir de la surface de l'eau. Elle peut être traînée par une embarcation ou utilisée manuellement. Les travaux réalisés en 2016 et en 2017 indiquent cependant que l'antenne mobile a une profondeur de détection limitée. Celle-ci était d'environ 30 cm en 2016 pour les transpondeurs de 12 mm et d'environ 1 m pour ceux de 23 mm. La profondeur de détection a ensuite été augmentée d'environ 10 cm supplémentaires en 2017.

4.1.1.2 Transpondeurs passifs

Deux tailles de transpondeurs passifs (PIT tag) ont été utilisées pour marquer les juvéniles, soit des transpondeurs de 12 mm et de 23 mm (half duplex, fréquence 134,2 kHz, répondant à la norme ISO/IEC 11 784/11 785).

4.1.2 Captures de juvéniles et implantation des transpondeurs passifs

En 2018, les conditions de débit dans la Romaine n'étaient pas favorables à la capture de juvéniles en septembre. Ainsi, une seule campagne de pêche a été réalisée, mais celle-ci s'est échelonnée sur près de deux semaines, soit du 21 octobre au 2 novembre, alors qu'un seul groupe T/A était en fonction à la centrale de la Romaine-1 et que le débit s'est maintenu aux alentours de 200 m³/s. Les sites de pêche sont montrés sur la carte 4-2. Les principales activités réalisées ont été les suivantes :

- Pêche à l'aide des engins suivants : seine de rivage, pêche électrique.
- Transport des juvéniles capturés vers le laboratoire situé en rive (PK 49), implantation des transpondeurs passifs (voir plus bas) et prise de mesures (longueur, masse).
- Stabulation des juvéniles après la chirurgie, pendant une durée variable allant de 30 minutes jusqu'à 24 heures, afin de vérifier leur survie aux manipulations et attendre qu'ils aient un comportement indiquant une complète récupération post-anesthésie.
- Transport en bateau dans des glacières munies de bulleurs et remise à l'eau des juvéniles sur le tapis d'antennes du PK 49. Ils ont été remis à l'eau par groupe d'environ 3 ou 4, en longeant le bord de la rivière en partant de l'amont du tapis d'antennes et en se laissant dériver à l'aide des rames jusqu'à l'aval. Soulignons qu'un PIT tag était installé sur le bateau pour connaître les heures de remises à l'eau dans la compilation des informations du tapis.



Complexe de la Romaine
 Suivi environnemental 2018
 en phase exploitation
 Suivi de la population de saumon atlantique

**Localisation des antennes
 télémétriques dans l'habitat
 d'élevage aménagé du PK 49**

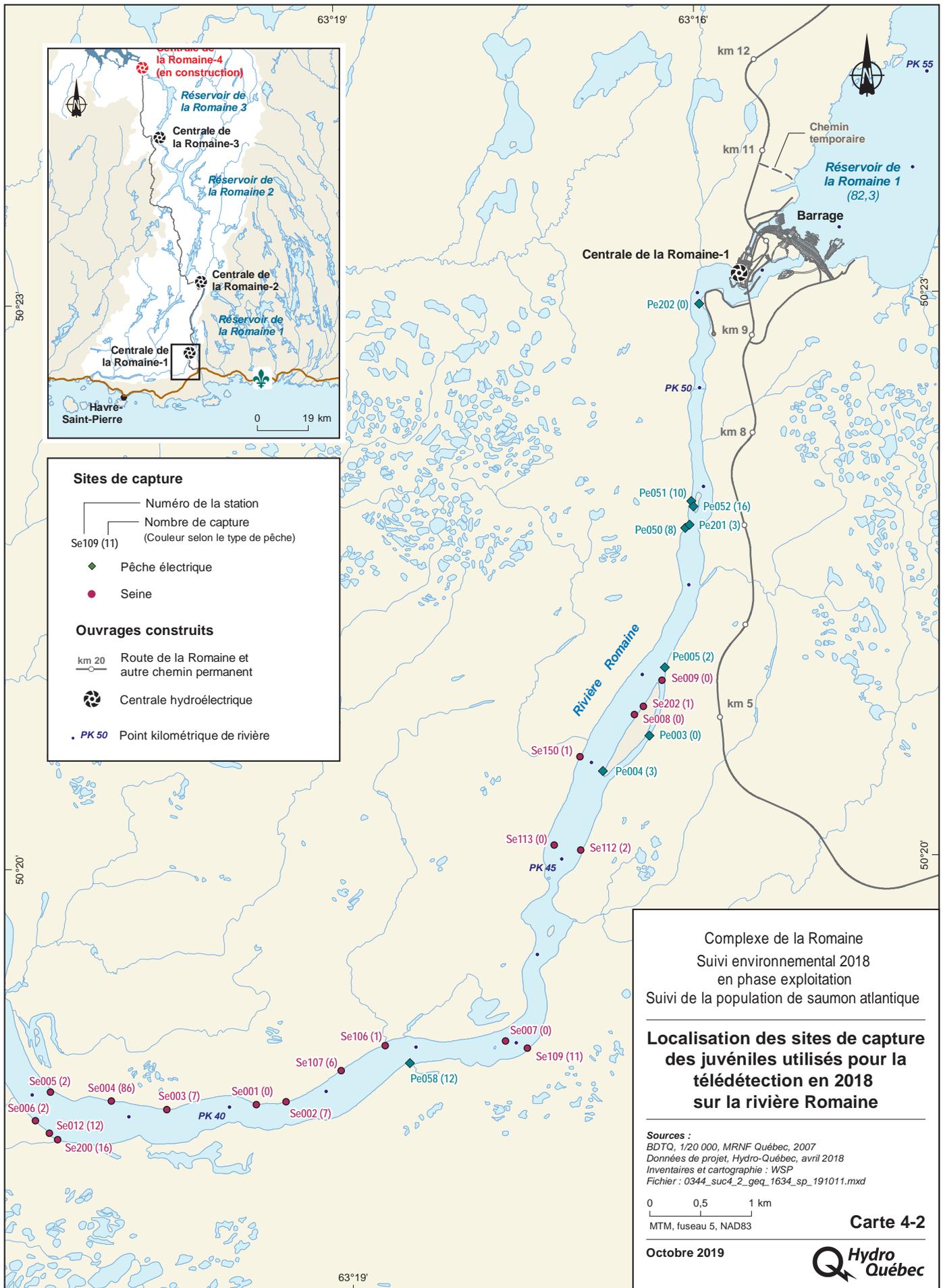
Sources :
 Orthophoto, résolution 30 cm, Hydro-Québec, 2004
 Données de projet, Hydro-Québec, septembre 2008
 Cartographie : WSP
 Fichier : 0344_suc4_1_geq_1633_sp_191017.mxd

0 6,5 13 m
 MTM, fuseau 5, NAD83

Carte 4-1

Octobre 2019





4.1.2.1 Implantation des transpondeurs passifs

Un laboratoire de terrain où est réalisée l'implantation des transpondeurs est localisé à la hauteur du PK 49. Il est constitué d'un abri permettant d'atténuer l'ensoleillement et de garder la température constante. Les saumons juvéniles sont conservés dans un bassin de rétention rempli d'eau fraîche et muni d'un aérateur mécanique et d'un thermomètre.

Deux grandeurs de transpondeurs sont utilisées, soit 12 mm et 23 mm. Les petits sont réservés aux spécimens mesurant entre 60 et 95 mm. L'expérience acquise lors des suivis précédents indique que les alevins de moins de 60 mm de longueur sont plus vulnérables à l'implantation des transpondeurs et ils ne sont donc pas marqués.

Avant l'implantation d'un transpondeur, chaque saumon juvénile est d'abord anesthésié dans une solution contenant du MS-222. Pour ce faire, le juvénile est placé dans un bassin d'anesthésie, dont la concentration en MS-222 est ajustée à l'aide d'une solution mère ayant une concentration de 100 mg/ml. Une concentration modérée de MS-222 dans le bassin d'anesthésie est visée (environ 30 à 80 mg/l) afin que le juvénile atteigne le stade 4 de l'anesthésie selon Bowser (2001), dans un délai de 3 à 5 minutes (annexe 13). La concentration initiale de MS-222 dans le bassin d'anesthésie est déterminée en fonction de la température de l'eau et de la taille du spécimen à anesthésier. Ainsi, les plus grands juvéniles nécessitent une concentration de MS-222 plus élevée, mais plus l'eau est chaude, moins la concentration requise de MS-222 est grande. Le comportement du juvénile fait ensuite l'objet d'une attention particulière afin de vérifier son degré d'anesthésie. Si, après 3 minutes, le juvénile n'a pas atteint le stade 4, la concentration de MS-222 est augmentée par paliers de 5 mg/l, espacés de 2 à 3 minutes. Il est important que le stade 4 de l'anesthésie ne soit pas dépassé pour minimiser les risques de mortalité.

Il est à souligner que l'anesthésiant (MS-222) doit en tout temps être protégé de la lumière directe du soleil et de la température élevée pour éviter qu'il ne devienne toxique. Par ailleurs, le bassin d'anesthésie doit être oxygéné en continu à l'aide d'un diffuseur. De plus, le MS-222 étant acide, le pH du bassin doit être régulièrement vérifié et ajusté au besoin à l'aide d'une solution tampon contenant du bicarbonate de sodium (NaHCO_3). Enfin, la température doit être prise en continu et ne doit pas varier de plus de 2 °C.

Une fois le saumon juvénile anesthésié, l'implantation du transpondeur est réalisée sur une surface de travail stérile, avec des instruments chirurgicaux également stérilisés avant chaque chirurgie. Le saumon juvénile est placé en décubitus dorsal sur une surface en V, afin qu'il demeure stable et immobile. Des gants stériles neufs sont utilisés par le chirurgien et les branchies du poisson sont humidifiées, afin qu'elles demeurent humides en tout temps. L'incision doit être réalisée sur la surface ventrale du poisson, de façon longitudinale, entre 10 et 15 mm devant les nageoires pelviennes selon la taille du spécimen. L'incision doit être la plus courte possible (entre 5 et 15 mm) et le transpondeur est ensuite inséré délicatement dans la cavité coelomique. Une colle chirurgicale est utilisée pour refermer la plaie. La chirurgie doit être réalisée en moins de deux minutes.

Après l'opération, les saumons juvéniles sont mis en stabulation dans un bassin d'éveil oxygéné et contenant de l'eau fraîche. Les juvéniles doivent être gardés en stabulation au moins jusqu'à ce qu'ils ne présentent aucun signe d'anesthésie et soient suffisamment vigoureux afin de réduire les risques de prédation. En 2018, une quarantaine de saumons juvéniles ont été conservés en stabulation plus longtemps (24 heures) dans un bassin aménagé directement dans la rivière, afin de vérifier si la chirurgie occasionne de la mortalité à plus long terme.

4.1.3 Détection mobile

La détection mobile des juvéniles a été réalisée lors d'une seconde campagne de terrain qui a eu lieu le 12 novembre. Les zones peu profondes longeant les deux rives de la Romaine ont alors été parcourues entre les PK 48,5 et 50,5. Plusieurs passages ont été réalisés entre les PK 48,5 et 49, dans le secteur des aires d'élevage aménagées du PK 49, de même qu'autour de l'île située vis-à-vis ces aménagements, près de la rive droite de la Romaine.

4.2 Résultats et discussion

4.2.1 Débit et température de l'eau

Entre le 21 octobre et 2 novembre, soit pendant la campagne de captures de juvéniles, le débit moyen journalier de la Romaine au PK 46 (station ROMA0944) est demeuré très stable, entre 210 et 220 m³/s. La température moyenne journalière de l'eau de la Romaine sur le même site était d'environ 9 °C au début de la campagne de terrain pour s'abaisser jusqu'aux environs de 6,5 °C vers la fin.

Le débit a continué de demeurer stable jusqu'au début de la campagne de détection mobile le 12 novembre. Ce n'est que deux jours plus tard que le débit a été abaissé aux environs de 150 m³/s à la centrale de la Romaine-1. La température moyenne journalière de l'eau était de 5,3 °C au PK 46 au début de la campagne de détection mobile.

4.2.2 Marquage des saumons juvéniles

Des transpondeurs passifs ont été implantés sur 110 juvéniles en 2018, lesquels ont été classés au terrain en tant qu'alevin ou tacon en fonction de leurs caractéristiques (coloration, longueur). Des lectures d'âge à l'aide d'écaillés prélevées au terrain sur quatre spécimens ont ensuite été réalisées permettant de confirmer que ceux-ci avaient été correctement classés (annexe 14). En 2018, des transpondeurs passifs ont surtout été implantés sur des alevins puisque les tacons étaient conservés en priorité pour le renouvellement du stock de saumons reproducteur de la SSRR. Au total, 108 transpondeurs de 12 mm ont été implantés, comparativement à deux de 23 mm. La répartition selon la taille est fournie ainsi que la correspondance avec les marquages de 2016 et de 2017 :

- aucun transpondeur sur des alevins de moins de 60 mm (0 en 2016; 2 en 2017);
- 27 petits transpondeurs (12 mm) sur des alevins de 60 à 64 mm (21 en 2016; 19 en 2017);
- 49 sur des alevins de 65 à 69 mm (36 en 2016; 40 en 2017);
- 25 sur des alevins de 70 à 74 mm (21 en 2016; 21 en 2017);
- 4 sur des alevins de 75 à 79 mm (7 en 2016; 12 en 2017);
- 2 sur des alevins de 80 mm ou plus (0 en 2016; 8 en 2017);
- 1 sur un tacon de 100 à 124 mm (7 gros transpondeurs en 2016; 4 en 2017);
- 2 gros transpondeurs (23 mm) sur des tacons de 125 à 149 mm (20 en 2016; 8 en 2017);
- aucun sur des tacons de 150 mm ou plus (8 en 2016; 5 en 2017).

La répartition des tailles chez les alevins en 2018 est légèrement différente de ce qui avait été observé au cours des deux années précédentes avec une présence plus marquée des alevins de moins de 70 mm. Après l'implantation des transpondeurs, les juvéniles opérés ont été remis à l'eau dans le secteur du tapis d'antennes télémétriques (aire d'élevage amont du PK 49), à l'exception d'un alevin de 61 mm, dont la plaie s'est ouverte à la suite de l'opération et qui n'a pas survécu. Afin de documenter la survie des juvéniles après l'implantation des transpondeurs, 42 d'entre eux ont été conservés en stabulation pendant une durée de 24 heures après l'opération. Ces juvéniles étaient tous en bonne santé après cette durée de stabulation, à l'exception de l'alevin dont la plaie s'est ouverte. Les autres juvéniles opérés ont été conservés en stabulation pour une durée plus courte (30 à 90 minutes après l'opération) avant d'être remis à l'eau.

Le tableau présenté à l'annexe 14 détaille les informations recueillies sur ces juvéniles, de même que sur ceux conservés pour le renouvellement du stock de saumons reproducteurs de la SSRR et pour l'étude sur les microbiotes de saumon.

Succès de pêche

Afin de capturer un nombre appréciable de juvéniles, un effort de pêche considérable a dû être déployé chaque année depuis le début de ce suivi. Les tableaux 4-1 à 4-3 présentent respectivement le succès de pêche en nombre de captures par jour pour chacun des deux engins utilisés (seine de rivage et pêche électrique), puis pour les deux engins confondus. Puisque ces campagnes de terrain visaient parfois à répondre à plusieurs objectifs en parallèle, les juvéniles pêchés pour une étude sur les microbiotes de saumon ou pour la SSRR sont également pris en compte pour établir le succès de pêche.

De façon générale, la seine de rivage permet de capturer les alevins avec plus de succès (10,4 à 12,9 captures/jour) que la pêche électrique (4,2 à 8,3 captures/jour) (tableau 4-1). À l'inverse, c'est plutôt la pêche électrique qui s'avère le moyen le plus efficace pour capturer les tacons (2,0 à 5,2 captures/jour comparativement à 0,9 à 1,2 capture/jour) (tableau 4-2). En considérant l'utilisation des deux engins sans distinction, environ 15 alevins/jour ont été capturés en moyenne depuis 2016, comparativement à 3 tacons/jour (tableau 4-3).

Tableau 4-1 Nombre de juvéniles capturés par jour pour les journées où on a eu recours à l'utilisation de la seine entre 2016 et 2018

Année	Effort de pêche (jour)	Captures totales			Succès de pêche (capture/jour)		
		Alevins	Tacons	Total	Alevins	Tacons	Total
2016	10	129	9	138 ¹	12,9	0,9	13,8
2017	5	52	5	57 ²	10,4	1,0	11,4
2018	12	137	14	151 ³	11,4	1,2	12,6
Total	27	318	28	346	11,8	1,0	12,8

1 Répartition des captures : 71 pour transpondeurs (62 alevins et 9 tacons), 65 pour microbiotes (alevins), 2 morts (alevins).

2 Juvéniles gardés pour l'implantation de transpondeurs uniquement.

3 Répartition des captures : 87 pour transpondeurs (alevins), 50 pour microbiotes (alevins), 14 pour SSRR (tacons).

Tableau 4-2 Nombre de juvéniles capturés par jour pour les journées où on a eu recours à l'utilisation de la pêche électrique entre 2016 et 2018

Année	Effort de pêche (jour)	Captures totales			Succès de pêche (capture/jour)		
		Alevins	Tacons	Total	Alevins	Tacons	Total
2016	5	41	26	67 ¹	8,2	5,2	13,4
2017	6	50	12	62 ²	8,3	2,0	10,3
2018	9	38	19	57 ³	4,2	2,1	6,3
Total	20	129	57	186	6,5	2,9	9,3

- 1 Répartition des captures : 49 pour transpondeurs (23 alevins et 26 tacons), 17 pour microbiotes (alevins), 1 mort (alevin).
- 2 Juvéniles gardés pour l'implantation de transpondeurs uniquement.
- 3 Répartition des captures : 23 pour transpondeurs (20 alevins et 3 tacons), 18 pour microbiotes (alevins), 16 pour SSRR (tacons).

Tableau 4-3 Nombre de juvéniles capturés par jour indépendamment de l'engin de pêche utilisé (seine et/ou pêche électrique) entre 2016 et 2018

Année	Effort de pêche (jour)	Captures totales			Succès de pêche (capture/jour)		
		Alevins	Tacons	Total	Alevins	Tacons	Total
2016	11	170	35	205 ¹	15,5	3,2	18,6
2017	6	102	17	119 ²	17,0	2,8	19,8
2018	13	175	33	208 ³	13,5	2,5	16,0
Total	30	447	85	532	14,9	2,8	17,7

- 1 Répartition des captures : 120 pour transpondeurs (85 alevins et 35 tacons), 82 pour microbiotes (alevins), 3 morts (alevins).
- 2 Juvéniles gardés pour l'implantation de transpondeurs uniquement.
- 3 Répartition des captures : 110 pour transpondeurs (107 alevins et 3 tacons), 68 pour microbiotes (alevins), 30 pour SSRR (tacons).

4.2.3 Détection des saumons juvéniles

4.2.3.1 Détection mobile

La campagne de détection mobile menée le 12 novembre n'a pas permis de détecter de juvénile. Comme mentionné précédemment, l'antenne mobile a cependant une profondeur de détection limitée, en particulier pour les transpondeurs de 12 mm qui représentent la grande majorité des transpondeurs implantés en 2018.

4.2.3.2 Détection par le tapis d'antennes

Les résultats des détections enregistrées par le tapis d'antennes sont traités dans un autre rapport réalisé conjointement par Hydro-Québec et l'INRS-ETE.

4.2.4 Autres espèces capturées

En plus des 110 saumons juvéniles capturés (107 alevins et 3 tacons) pour l'étude de suivi de l'entraînement des saumons juvéniles, 30 tacons ont également été capturés et remis à la SSRR pour le renouvellement du stock de saumons reproducteur, ainsi que 68 alevins pour une étude sur les microbiotes de saumon réalisée par l'Université Laval (annexe 14). Un total de 208 saumons juvéniles a donc été capturé dans la Romaine à l'automne 2018 (33 tacons et 175 alevins), soit 54 à la pêche à l'électricité et 154 à la pêche à la seine (tableaux 4-4 et 4-5).

Outre les saumons juvéniles, les pêches réalisées ont permis d'identifier neuf autres taxons, soit sept ayant été identifiés à l'espèce, ainsi que des meuniers et des épinoches non identifiés à l'espèce (tableaux 4-4 et 4-5). Les poissons capturés étaient souvent des juvéniles. Globalement, les pêches à la seine ont permis de capturer un nombre beaucoup plus grand de poissons (7 478) comparativement aux pêches à l'électricité (101). Les meuniers et les épinoches sont les deux taxons les plus souvent pêchés avec l'une ou l'autre des deux méthodes de capture. Le méné de lac est également abondant dans les pêches à la seine, avec plus de 2 000 spécimens capturés (tableau 4-5).

Tableau 4-4 Nombre de poissons par espèce capturés à la pêche électrique dans la Romaine à l'automne 2018

Nom français	Nom latin	Effectif
Saumon atlantique (alevin)	<i>Salmo salar</i>	35
Meuniers ¹	<i>Catostomus sp.</i>	24
Saumon atlantique (tacon)	<i>Salmo salar</i>	19
Épinoches ¹	<i>Gasterosteus sp.</i>	9
Ombre de fontaine	<i>Salvelinus fontinalis</i>	8
Anguille d'Amérique	<i>Anguilla rostrata</i>	2
Indéterminé ²	-	2
Lotte	<i>Lota lota</i>	1
Fouille-roche zébré	<i>Percina caprodes</i>	1
Total		101

1 Les meuniers et les épinoches n'ont pas été identifiés à l'espèce.

2 Spécimens échappés non identifiés.

Tableau 4-5 Nombre de poissons par espèce capturés à la seine dans la Romaine à l'automne 2018

Nom français	Nom latin	Effectif
Épinoches ¹	<i>Gasterosteus sp.</i>	2 611
Meuniers ¹	<i>Catostomus sp.</i>	2 498
Méné de lac	<i>Couesius plumbeus</i>	2 123
Saumon atlantique (alevin)	<i>Salmo salar</i>	140
Ombre de fontaine	<i>Salvelinus fontinalis</i>	72
Saumon atlantique (tacon)	<i>Salmo salar</i>	14
Ménomini rond	<i>Prosopium cylindraceum</i>	13
Quitouche	<i>Semotilus corporalis</i>	7
Total		7 478

1 Les meuniers et les épinoches n'ont pas été identifiés à l'espèce.

5. Inventaire visuel de saumons juvéniles dans les habitats aménagés et caractérisation du substrat

Les objectifs spécifiques de cette activité sont de :

- vérifier l'utilisation des aires d'élevage aménagées pour les saumons juvéniles à l'aide d'inventaires visuels en apnée;
- estimer le recouvrement en sédiments fins et en algues des habitats aménagés (aires d'élevage et frayères).

5.1 Matériel et méthode

5.1.1 Inventaire de saumons juvéniles dans les habitats d'élevage aménagés

Les habitats d'alimentation et d'hivernage aménagés aux PK 49 et 51 ont été inventoriés en apnée pour vérifier la présence de saumons juvéniles (alevins et tacons) et pour évaluer, si possible, leur densité. Deux inventaires ont été réalisés en 2018, soit en août et en octobre.

Pour ces inventaires, les apnéistes ont utilisé une corde graduée servant de guide afin d'effectuer des transects géoréférencés (annexe 4, photo 21). L'espacement des transects a été déterminé sur le terrain, en fonction de la visibilité sous l'eau. Ce paramètre a été mesuré à l'aide d'un disque de Secchi afin d'espacer suffisamment les transects pour minimiser le double comptage de juvéniles, tout en assurant une visibilité adéquate dans toute l'aire inventoriée. Lors de la visite du mois d'août, la visibilité dans l'eau était de 3,4 m, alors qu'elle était de 2,5 à 3,0 m selon les sites au mois d'octobre. L'espacement entre les transects a été adapté en conséquence.

Les spécimens observés ont été classés par âge (0+, 1+ et 2+) en fonction de leur taille et de leur coloration. La distinction entre les alevins (0+) et les tacons (1+ et 2+) est aisée en raison des différences marquées au niveau de la taille et de la coloration. Il est toutefois beaucoup plus difficile de distinguer les tacons 1+ des tacons 2+. La répartition des spécimens observés dans ces deux catégories d'âge est donc approximative. Soulignons toutefois que les spécimens considérés comme étant des tacons 2+ avaient une morphologie légèrement différente des tacons 1+, étant plus larges (épais) et hauts pour la même longueur totale. De plus, l'inventaire du mois d'octobre a été réalisé alors que certains des juvéniles marqués d'un transpondeur passif (PIT tag) pour le suivi de l'entraînement des saumons juvéniles avaient déjà été remis à l'eau sur l'aire d'élevage amont du PK 49, équipée d'un tapis d'antennes télémétriques (voir chapitre 4).

Comme lors des suivis précédents, on suppose que 90 % des juvéniles présents dans les zones inventoriées ont été aperçus par les apnéistes. La densité de juvéniles a donc été ajustée en conséquence. Le taux de détection pourrait cependant varier selon le type d'habitat inventorié, le stade de vie considéré (alevin ou tacon) ou les conditions du milieu (p. ex. température, présence d'algues). Les faibles densités de juvéniles obtenues depuis le début de ce suivi en 2015 laissent supposer qu'un taux de détection visuel de 90 % est probablement optimiste dans les conditions qui prévalent sur les aires aménagées.

5.1.2 Recouvrement du substrat

5.1.2.1 Estimation du recouvrement en sédiments fins

En 2018, la caractérisation visuelle du substrat des frayères et des habitats d'élevage aménagés avait comme objectif de vérifier l'évolution de celui-ci et, au besoin, de décrire l'ensablement à la surface des frayères et des habitats d'élevage des PK 49 et 51. Ainsi, une estimation visuelle du pourcentage de recouvrement en sédiments fins (< 2 mm; sable à argile) a été réalisée les 22 et 23 août 2018. Le type de recouvrement et son épaisseur ont aussi été documentés. Pour ce faire, la grille d'échantillonnage utilisée depuis 2016, composée de 113 parcelles d'environ 15 m sur 15 m, a de nouveau été utilisée, de façon à couvrir toute la superficie des habitats aménagés (cartes 5-1 et 5-2). Ces parcelles sont réparties de la façon suivante :

- aire d'élevage amont du PK 49 : 24 parcelles;
- aire d'élevage aval du PK 49 : 27 parcelles;
- frayère du PK 49 : 24 parcelles;
- aire d'élevage du PK 51 : 29 parcelles;
- frayère du PK 51 : 9 parcelles.

La caractérisation des parcelles de la frayère du PK 51 n'a pu être réalisée en 2018 en raison de débits élevés. Soulignons cependant que l'aire d'élevage aval du PK 49 a été échantillonnée en 2018, ce qui n'avait pas été fait en 2016 et en 2017.

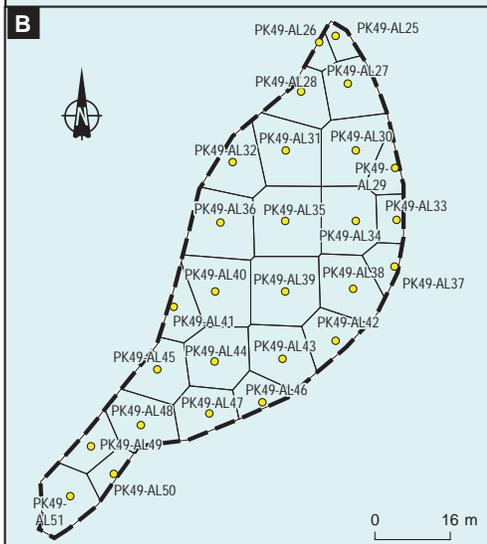
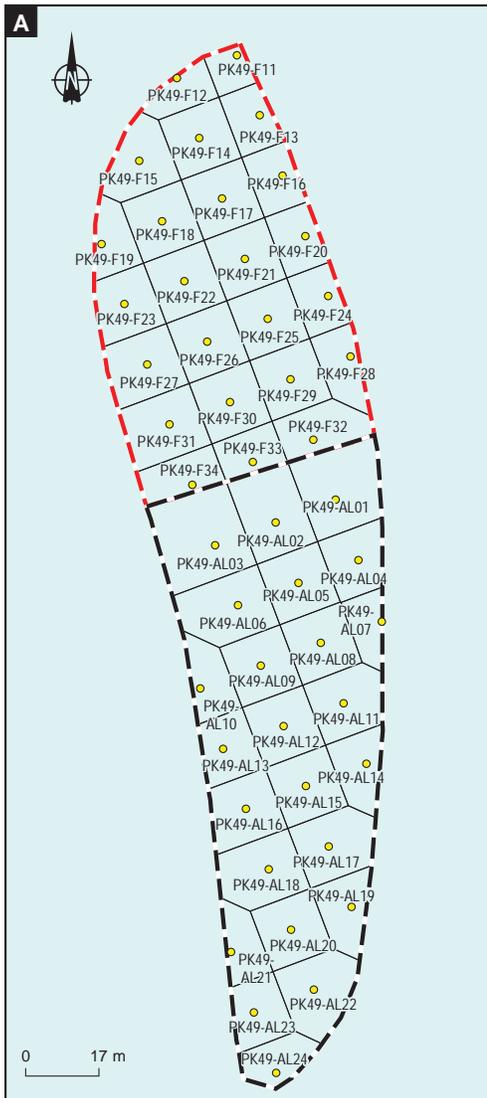
Pour chaque station, un gabarit formant un quadrat de 30 cm sur 30 cm a été positionné sur la surface la plus représentative de l'ensemble observé. Des photographies sous-marines de la station et une description visuelle du substrat de surface ont été réalisées par un apnéiste (annexe 4, photos 22 à 24). Pour chaque quadrat, un pourcentage de recouvrement en sable a été évalué. De plus, lorsqu'applicable, l'épaisseur de la couche de sable a été mesurée. Finalement, la morphologie du dépôt de sable a été classifiée selon les quatre types suivants : crêtes longitudinales (orientées dans le sens du courant), rides (crêtes orientées transversalement au courant), plaquages irréguliers et recouvrement continu.

Puisqu'un pourcentage de recouvrement en sable est associé à chacune des stations, les résultats ont été cartographiés en utilisant la méthode des polygones de Voronoï⁵.

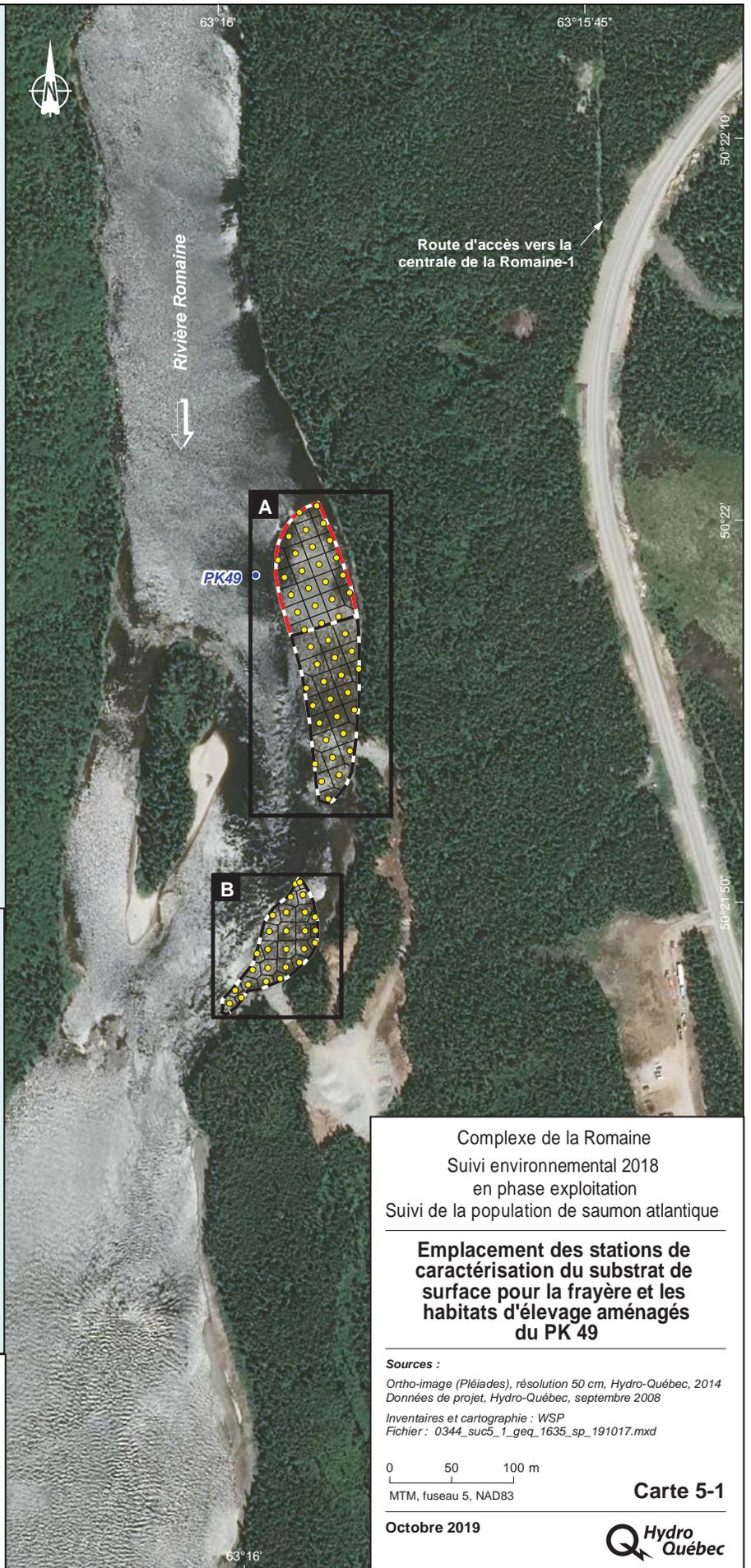
Comparaison des superficies recouvertes par du sable entre 2017 et 2018

L'ensablement observé en 2018 a été comparé avec celui de 2017 pour les habitats caractérisés. Pour chaque parcelle, les différences de recouvrement en sable observées entre les deux années sont présentées en classes (p. ex : 0-10 %, 10-20 %, etc.). Ces classes sont comparées, entre les années, en y associant la superficie de chaque parcelle.

5 Les polygones sont délimités en considérant le mi-chemin entre deux points (les centroïdes des stations d'échantillonnage en l'occurrence).



- Station de caractérisation
- Frayère
- Habitat d'élevage
- Sens de l'écoulement
- PK 49 Point kilométrique de rivière



Complexe de la Romaine
 Suivi environnemental 2018
 en phase exploitation
 Suivi de la population de saumon atlantique

Emplacement des stations de caractérisation du substrat de surface pour la frayère et les habitats d'élevage aménagés du PK 49

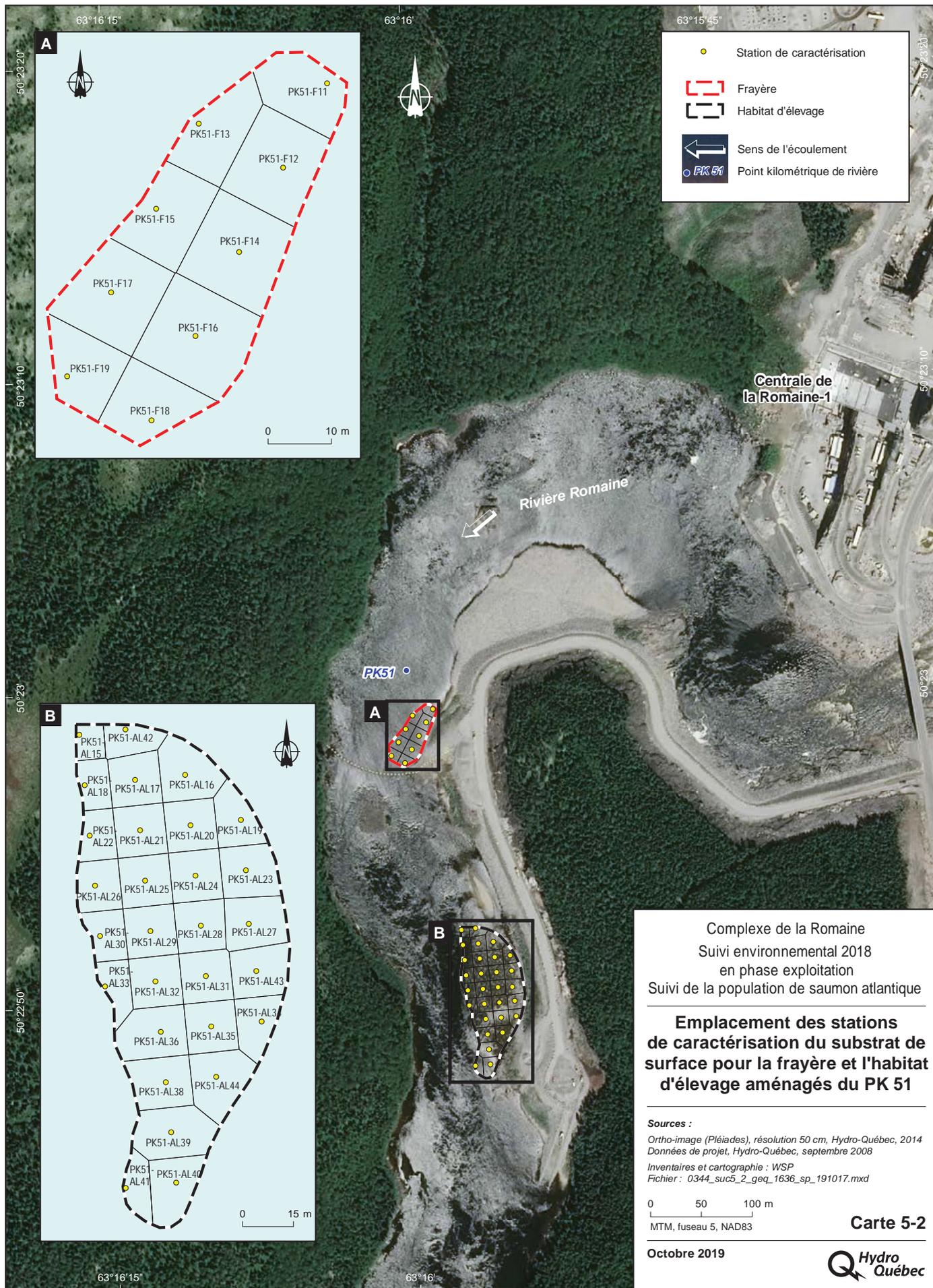
Sources :
 Ortho-image (Pléiades), résolution 50 cm, Hydro-Québec, 2014
 Données de projet, Hydro-Québec, septembre 2008
 Inventaires et cartographie : WSP
 Fichier : 0344_suc5_1_geq_1635_sp_191017.mxd

0 50 100 m
 MTM, fuseau 5, NAD83

Carte 5-1

Octobre 2019





- Station de caractérisation
- Frayère
- Habitat d'élevage
- ← Sens de l'écoulement
- PK 51 Point kilométrique de rivière

Complexe de la Romaine
 Suivi environnemental 2018
 en phase exploitation
 Suivi de la population de saumon atlantique

Emplacement des stations de caractérisation du substrat de surface pour la frayère et l'habitat d'élevage aménagés du PK 51

Sources :
 Ortho-image (Pliades), résolution 50 cm, Hydro-Québec, 2014
 Données de projet, Hydro-Québec, septembre 2008
 Inventaires et cartographie : WSP
 Fichier : 0344_suc5_2_geq_1636_sp_191017.mxd

0 50 100 m
 MTM, fuseau 5, NAD83

Carte 5-2

Octobre 2019



5.1.2.2 Estimation du recouvrement en algues

Depuis la mise en eau des premiers réservoirs dans la portion amont du bassin versant de la Romaine, on note une présence inhabituelle d'algues dans la portion accessible au saumon du cours principal de la Romaine. La présence d'algues sur les habitats aménagés a donc à nouveau fait l'objet d'une attention particulière pendant les travaux de terrain. Le recouvrement en algues a ainsi été évalué sur place de façon qualitative, à différentes occasions au cours de l'été et de l'automne 2018.

5.2 Résultats et discussion

5.2.1 Débit et température de l'eau

Les premiers travaux de terrain incluant l'inventaire des juvéniles et la caractérisation visuelle du substrat ont été réalisés les 22 et 23 août, alors que la température moyenne journalière de l'eau de la Romaine au PK 46 (station ROMA0944) était d'environ 14 °C et que le débit de la Romaine était légèrement au-dessus de 200 m³/s (annexe 1). Le deuxième inventaire des saumons juvéniles s'est déroulé du 28 au 30 octobre. La température et le débit de la Romaine au PK 46 se sont respectivement maintenus aux alentours de 7,0 °C et de 215 m³/s lors de ces trois journées.

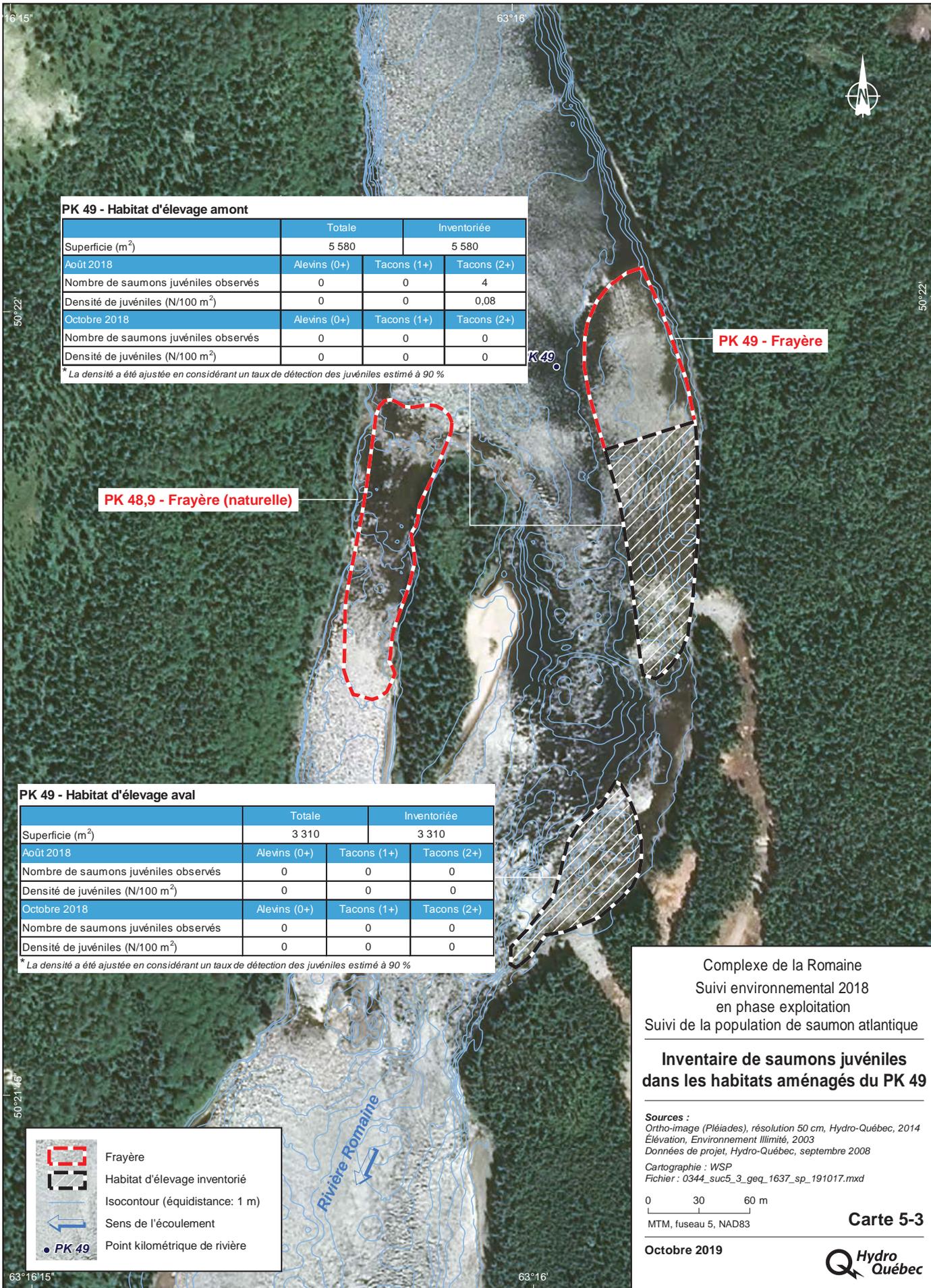
5.2.2 Inventaire de saumons juvéniles dans les habitats d'élevage aménagés

Les inventaires en apnée réalisés en 2018 ont permis d'observer seulement six juvéniles au total, tous observés au mois d'août (tableaux 5-1 et 5-2, cartes 5-3 et 5-4).

Les saumons juvéniles observés dans les habitats d'élevage en 2018 ont tous été classés comme des 2+ et seraient donc issus de la fraie de 2015, ou encore desensemencements de 2016. Soulignons que cinq des six tacons observés étaient particulièrement grands, ce qui pourrait traduire une croissance rapide. Une autre explication pour expliquer leur grande taille serait que ces juvéniles correspondent plutôt à des tacons de 3 ans (3+), mais cette hypothèse semble peu probable compte tenu des observations colligées depuis plusieurs années sur les juvéniles et sur les smolts du cours principal de la Romaine ayant fait l'objet de lectures d'âge. Rappelons que les smolts en dévalaison sont généralement âgés de 2 ans, alors qu'une petite proportion dévale plutôt à 3 ans (voir chapitre 2). Les rares smolts de 4 ans capturés depuis le début du suivi de la dévalaison des smolts provenaient tous de la rivière Puyjalon.

Les habitats d'élevage inventoriés en 2018 peuvent potentiellement abriter des juvéniles (0+, 1+ ou 2+) issus desensemencements d'alevins de 2016 à 2018 de la SSR (annexe 15) ou encore des fraies naturelles survenues entre 2015 et 2017. Soulignons en effet que la SSR a procédé à desensemencements massifs d'alevins de 2016 à 2018 dans le secteur des PK 49 à 51 de la Romaine, soit 1 139 alevins ensemencés près du PK 49 en 2016 (WSP, 2017b), 17 747 alevins ensemencés dans le secteur des PK 49 à 51 en 2017 (Uanan Experts Conseils, 2018), suivi de 1 638 alevins ensemencés dans le secteur des PK 50 et 51 en 2018 (Uanan Experts Conseils, 2019).

En ce qui concerne la fraie naturelle du saumon, on a successivement dénombré un total de 47, 89 et 26 nids dans le secteur du PK 49 entre 2015 et 2017 (frayères aménagées du PK 49 et frayère naturelle du PK 48,9). À cela s'ajoutent 2, 5 et 4 nids sur la frayère aménagée du PK 51, de même que 31, 12 et 28 nids sur la frayère naturelle du PK 46,2 (voir chapitre 6).



PK 49 - Habitat d'élevage amont

	Totale		Inventoriée
Superficie (m ²)	5 580		5 580
Août 2018	Alevins (0+)	Tacons (1+)	Tacons (2+)
Nombre de saumons juvéniles observés	0	0	4
Densité de juvéniles (N/100 m ²)	0	0	0,08
Octobre 2018	Alevins (0+)	Tacons (1+)	Tacons (2+)
Nombre de saumons juvéniles observés	0	0	0
Densité de juvéniles (N/100 m ²)	0	0	0

* La densité a été ajustée en considérant un taux de détection des juvéniles estimé à 90 %

PK 48,9 - Frayère (naturelle)

PK 49 - Frayère

PK 49 - Habitat d'élevage aval

	Totale		Inventoriée
Superficie (m ²)	3 310		3 310
Août 2018	Alevins (0+)	Tacons (1+)	Tacons (2+)
Nombre de saumons juvéniles observés	0	0	0
Densité de juvéniles (N/100 m ²)	0	0	0
Octobre 2018	Alevins (0+)	Tacons (1+)	Tacons (2+)
Nombre de saumons juvéniles observés	0	0	0
Densité de juvéniles (N/100 m ²)	0	0	0

* La densité a été ajustée en considérant un taux de détection des juvéniles estimé à 90 %

Complexe de la Romaine
Suivi environnemental 2018
en phase exploitation
Suivi de la population de saumon atlantique

**Inventaire de saumons juvéniles
dans les habitats aménagés du PK 49**

Sources :
Ortho-image (Pléiades), résolution 50 cm, Hydro-Québec, 2014
Élévation, Environnement Illimité, 2003
Données de projet, Hydro-Québec, septembre 2008
Cartographie : WSP
Fichier : 0344_suc5_3_geq_1637_sp_191017.mxd

0 30 60 m
MTM, fuseau 5, NAD83

Carte 5-3

Octobre 2019





PK 51 - Habitat d'élevage

	Totale		Inventoriée
Superficie (m ²)	6 300		6 300
Août 2018	Alevins (0+)	Tacons (1+)	Tacons (2+)
Nombre de saumons juvéniles observés	0	0	2
Densité de juvéniles (N/100 m ²)	0	0	0,04
Octobre 2018	Alevins (0+)	Tacons (1+)	Tacons (2+)
Nombre de saumons juvéniles observés	0	0	0
Densité de juvéniles (N/100 m ²)	0	0	0

* La densité a été ajustée en considérant un taux de détection des juvéniles estimé à 90 %

- Frayère
- Habitat d'élevage inventorié
- Isocontour (équidistance 1 m)
- Sens de l'écoulement
- Point kilométrique de rivière

Complexe de la Romaine
Suivi environnemental 2018
en phase exploitation
Suivi de la population de saumon atlantique

Inventaire de saumons juvéniles
dans les habitats aménagés
du PK 51

Sources :
 Ortho-image (Pléiades), résolution 50 cm, Hydro-Québec, 2014
 Élévation, Environnement Illimité, 2003
 Données de projet, Hydro-Québec, septembre 2008
Cartographie : WSP
 Fichier : 0344_suc5_4_geq_1638_sp_191017.mxd

0 30 60 m
 MTM, fuseau 5, NAD83

Carte 5-4

Octobre 2019



Tableau 5-1 Résultats de l'inventaire de juvéniles réalisé le 22 août 2018 dans les habitats d'élevage aménagés des PK 49 et PK 51

PK	Aménagement	Superficie (m ²)		Nombre de juvéniles observés (densité estimée en N/100 m ²) ¹			
		Totale	Inventoriée	Alevins (0+)	Tacons (1+)	Tacons (2+) ²	Total
49	Aire d'élevage amont	5 580	5 580	0 (0)	0 (0)	4 (0,08)	4 (0,08)
49	Aire d'élevage aval	3 310	3 310	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
51	Aire d'élevage	6 300	6 300	0 (0)	0 (0)	2 (0,04)	2 (0,04)
	Total	15 190	15 190	0 (0)	0 (0)	6 (0,04)	6 (0,04)

¹ La densité totale a été ajustée en considérant un taux de détection des juvéniles estimé à 90 %.

² Cinq des six tacons observés (quatre au PK 49 amont et un au PK 51) étaient particulièrement grands.

Tableau 5-2 Résultats de l'inventaire de juvéniles réalisé du 28 au 30 octobre 2018 dans les habitats d'élevage aménagés des PK 49 et PK 51

PK	Aménagement	Superficie (m ²)		Nombre de juvéniles observés (densité estimée en N/100 m ²) ¹			
		Totale	Inventoriée	Alevins (0+)	Tacons (1+)	Tacons (2+)	Total
49	Aire d'élevage amont	5 580	5 580	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
49	Aire d'élevage aval	3 310	3 310	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
51	Aire d'élevage	6 300	6 300	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	Total	15 190	15 190	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

¹ La densité totale a été ajustée en considérant un taux de détection des juvéniles estimé à 90 %.

Le nombre très faible de juvéniles recensé dans les habitats aménagés en 2018 peut suggérer que ceux-ci se sont dispersés vers l'aval et ont utilisé d'autres habitats présents dans la Romaine, entre autres en raison de la présence d'algues qui diminue l'attrait des aires aménagées pour les juvéniles. Toutefois, il est plus probable que les fortes fluctuations de débit en hiver, couplé à l'absence de couvert de glace et à la présence accrue d'algues aient pu réduire la survie des juvéniles. Il est également possible que la présence d'algues sur les habitats aménagées diminue le taux de détection des juvéniles.

Il est intéressant de noter que les plongeurs affectés à l'entretien régulier de la barrière de comptage des saumons en montaison (PK 7,3 de la Romaine) ont observé une grande quantité de juvéniles le long de la barrière pendant l'été, bien que ce secteur (PK 7,3) n'offre pas un habitat particulièrement propice aux saumons juvéniles. La présence de ces juvéniles sur ce site pourrait s'expliquer par les ensemencements massifs d'alevins réalisés par la SSRR en 2017 et 2018 qui ont notamment visé plusieurs sites en aval des chutes à Charlie.

Comparaison entre les aires d'élevage

Parmi les six juvéniles observés en 2018, quatre ont été vus sur l'aire d'élevage amont du PK 49, qui correspond au site le plus utilisé depuis le début de ce suivi en 2015. Les densités estimées sont cependant extrêmement faibles en août 2018, alors qu'elles sont nulles en octobre.

L'absence de juvéniles sur l'aire d'élevage amont du PK 49 le 28 octobre est étonnante puisque quelques dizaines de juvéniles munis d'un transpondeur passif avaient été relâchés sur ce site au cours des jours précédents (voir chapitre 4), alors que les débits de la Romaine au PK 46 (station ROMA0944) sont demeurés très stables pendant cette période (voir annexe A1-3). Il faut toutefois préciser que l'eau de la Romaine était froide (environ 7 °C) au moment du décompte d'octobre, ce qui a pu limiter les déplacements des juvéniles, rendant leur repérage plus difficile.

Souignons qu'à la suite des inventaires automnaux visant les aires d'élevage du PK 49 aval (29 octobre) et du PK 51 (30 octobre), des pêches à l'électricité ont été réalisées afin de vérifier si des saumons juvéniles pouvaient être dissimulés entre les roches et être passés inaperçus lors de l'inventaire visuel. Ces pêches ont permis d'apercevoir treize poissons, principalement des meuniers, mais aucun saumon juvénile. Ces deux sites n'ont cependant jamais été beaucoup utilisés par les saumons juvéniles depuis le début de ce suivi en 2015.

Comparaison entre les stades de vie

En 2018, les quelques juvéniles aperçus dans les habitats d'élevage aménagés étaient tous des tacons. Le très faible nombre d'observations invite toutefois à une grande prudence dans l'interprétation des résultats. Souignons néanmoins que depuis le début de ce suivi en 2015, environ deux fois plus de tacons que d'alevins ont été observés dans l'habitat d'élevage le plus utilisé par les saumons juvéniles (PK 49 amont) (tableau 5-3). Il est possible que le taux de détection des alevins soit inférieur à celui des tacons étant donné leur petite taille et leur capacité à se dissimuler dans des abris plus restreints. De plus, en raison de leur capacité nataoire plus faible, les alevins ont davantage tendance à se disperser vers l'aval par rapport au site dont ils sont issus (nids ou ensemencements).

Comparaison interannuelle

Depuis le début du suivi des juvéniles dans les habitats aménagés en 2015, le nombre de juvéniles observés a diminué chaque année, notamment sur l'habitat le plus utilisé, soit l'aire d'élevage amont du PK 49 (tableau 5-3). En 2018, cette tendance à la baisse s'est poursuivie et semble même s'être accentuée. Sur ce site, 54 juvéniles ont été dénombrés en septembre 2015, suivi de 27 et de 40 en août et en octobre 2016, de 15 en octobre 2017, de seulement 4 en août 2018, alors qu'aucun n'a été aperçu en octobre 2018. Rappelons que l'estimation d'abondance des smolts en dévalaison de la sous-population du cours principal de la Romaine est également à la baisse dans les dernières années (voir chapitre 2).

Il est possible que la décroissance du nombre de juvéniles observés d'une année à l'autre s'explique par les fortes fluctuations de débit en hiver, l'absence de couvert de glace et la présence accrue d'algues qui peuvent réduire la survie des juvéniles (voir section 5.2.3). De plus, les apports en sable et la présence d'algues dans ces habitats pourraient aussi diminuer leur attrait pour les saumons juvéniles.

Tableau 5-3 Résultats de l'inventaire de juvéniles de 2015 à 2018 dans l'habitat d'élevage amont du PK 49

Date de l'inventaire	Température de l'eau (°C) ²	Nombre de juvéniles observés (densité estimée en N/100 m ²) ¹		
		Alevins (0+)	Tacons (1+, 2+)	Total
23 septembre 2015	14,1 °C	22 (0,53)	32 (0,76)	54 (1,29)
15 août 2016	15,7 °C	2 (0,04)	25 (0,50)	27 (0,54)
18 et 19 octobre 2016	10,7 et 10,4 °C	17 (0,34)	23 (0,46)	40 (0,80)
18 au 20 octobre 2017	entre 10,4 et 10,1 °C	5 (0,10)	10 (0,20)	15 (0,30)
22 août 2018	14,4 °C	0 (0)	4 (0,08)	4 (0,08)
28 au 30 octobre 2018	entre 6,9 et 7,0 °C	0 (0)	0 (0)	0 (0)

¹ La densité totale a été ajustée en considérant un taux de détection des juvéniles estimé à 90 %.

² Température moyenne journalière de l'eau de la Romaine au PK 46 (station ROMA0944) lors des journées d'inventaire.

Tableau 5-4 Résultats de l'inventaire de juvéniles de 2015 à 2018 dans l'habitat d'élevage aval du PK 49

Date de l'inventaire	Température de l'eau (°C) ²	Nombre de juvéniles observés (densité estimée en N/100 m ²) ¹		
		Alevins (0+)	Tacons (1+, 2+)	Total
23 septembre 2015	14,1 °C	Non inventorié	Non inventorié	Non inventorié
15 août 2016	15,7 °C	0 (0)	2 (0,07)	2 (0,07)
18 et 19 octobre 2016	10,7 et 10,4 °C	0 (0)	0 (0)	0 (0)
18 au 20 octobre 2017	entre 10,4 et 10,1 °C	2 (0,07)	0 (0)	2 (0,07)
22 août 2018	14,4 °C	0 (0)	0 (0)	0 (0)
28 au 30 octobre 2018	entre 6,9 et 7,0 °C	0 (0)	0 (0)	0 (0)

1 La densité totale a été ajustée en considérant un taux de détection des juvéniles estimé à 90 %.

2 Température moyenne journalière de l'eau de la Romaine au PK 46 (station ROMA0944) lors des journées d'inventaire.

Tableau 5-5 Résultats de l'inventaire de juvéniles de 2015 à 2018 dans l'habitat d'élevage du PK 51

Date de l'inventaire	Température de l'eau (°C) ²	Nombre de juvéniles observés (densité estimée en N/100 m ²) ¹		
		Alevins (0+)	Tacons (1+, 2+)	Total
23 septembre 2015	14,1 °C	1 (0,02)	1 (0,02)	2 (0,04)
15 août 2016	15,7 °C	0 (0)	1 (0,02)	1 (0,02)
18 et 19 octobre 2016	10,7 et 10,4 °C	2 (0,04)	0 (0)	2 (0,04)
18 au 20 octobre 2017	entre 10,4 et 10,1 °C	2 (0,04)	0 (0)	2 (0,04)
22 août 2018	14,4 °C	0 (0)	2 (0,04)	2 (0,04)
28 au 30 octobre 2018	entre 6,9 et 7,0 °C	0 (0)	0 (0)	0 (0)

1 La densité totale a été ajustée en considérant un taux de détection des juvéniles estimé à 90 %.

2 Température moyenne journalière de l'eau de la Romaine au PK 46 (station ROMA0944) lors des journées d'inventaire.

5.2.3 Recouvrement du substrat

5.2.3.1 Estimation du recouvrement en sédiments fins

Frayères

Pour la frayère du PK 49, le pourcentage de recouvrement en sable est inférieur à 20 % dans quinze parcelles (62,5 %) et supérieur à 20 % dans neuf parcelles (37,5 %) (carte 5-5, annexe 16). On observe deux parcelles ayant plus de 80 % de recouvrement en sable et trois parcelles entre 40 et 60 %. La carte 5-5 montre que les parcelles en bordure de la frayère, tout près de la rive, sont plus sujettes à de forts taux de recouvrement en sable.

Au centre de la frayère, les pourcentages de sable sont moins importants, ils varient entre 0 et 20 %. Le sable est sous forme de plaquage irrégulier sur la presque totalité des parcelles et peut atteindre un maximum de 5 mm d'épaisseur (annexe 16).

L'ensablement observé sur la frayère aménagée semble associé à la clé en enrochement qui assure la stabilité de l'aménagement et qui crée une zone à plus faible énergie. En effet, l'ensablement est perceptible surtout dans la portion longeant la clé. L'ensablement observé semble également associé à la proximité de la frayère avec la rive. Les faibles profondeurs d'eau et vitesses dans cette section de la frayère sont susceptibles d'entraîner une sédimentation des particules fines. Sur la frayère du PK 51, le pourcentage de recouvrement n'a pas été évalué (voir section 5.1.2.1).

Comparaison des superficies recouvertes par du sable entre 2017 et 2018

Les superficies recouvertes par du sable observées en 2018 ont été comparées avec celles de 2017 pour la frayère du PK 49. Pour chaque parcelle, les différences de recouvrement en sable observées entre 2017 et 2018 sont présentées en classes (p. ex : 0-10 %, 10-20 %, etc.). Ces classes sont comparées, entre les années, en y associant la superficie de chaque parcelle (tableau 5-6).

Le pourcentage moyen de recouvrement en sable sur la frayère du PK 49 a augmenté de 5 % entre 2017 et 2018, passant de 13,1 % à 18,1 % (tableau 5-6). Ainsi, le recouvrement a diminué de 118 m² (-5,5 %) pour la classe 0 à 10 % et de 1 094 m² (-50,2 %) pour la classe de 10 à 20 %. À l'inverse, les superficies augmentent de 229 m² (+60,4 %) pour la classe de 20 à 40 %. De plus, en 2018, il y a des placettes dont le recouvrement atteint des pourcentages de 40 à 60 % et de 80 à 100 %. Comparativement à 2017, les augmentations du pourcentage en sable sont majoritairement situées à proximité de la rive (carte 5-5). Des augmentations du pourcentage de sable sont également observées dans le secteur amont de la frayère et vers le thalweg (section aval). Une amélioration de la qualité du substrat est aussi observée dans la partie amont (vers le thalweg).

Tableau 5-6 Évolution de la superficie (m²) recouverte de sable entre 2016, 2017 et 2018 sur la frayère du PK 49 et du PK 51

	Recouvrement en sable (%)						Total	Moyenne (%) ²
	0-10	10-20	20-40	40-60	60-80	80-100		
PK 49								
Superficie (m ²) 2016	3422	880	292	105	0	0	4699	8,6
Superficie (m ²) 2017	2142	2178	379	0	0	0	4699	13,1
Superficie (m ²) 2018	2024	1084	608	545	0	439	4699	18,1
Différence entre 2017 et 2018 (en m ²)	-118	-1094	+229	+545	0	+439	-	-
Différence entre 2017 et 2018 (en %)	-5,5	-50,2	+60,4	N/D	0	N/D	-	+5
PK 51								
Superficie (m ²) 2016	850	70	464	157	0	0	1541	16,3
Superficie (m ²) 2017	1281	0	0	0	131	0	1412 ¹	11,3
Superficie (m ²) 2018	- ¹	- ¹	- ¹	- ¹	- ¹	- ¹	- ¹	- ¹
Différence entre 2017 et 2018 (en m ²)	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Différence entre 2017 et 2018 (en %)	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D

¹ Le pourcentage de recouvrement en sable n'a pu être évalué (voir texte).

² Moyenne pondérée à partir des données brutes et des superficies associées à chacune des parcelles.

Note : La superficie est calculée à partir des quadrats associés à des polygones.

Habitats d'élevage

Dix-huit des stations (soit 75 %) de l'habitat d'élevage amont du PK 49 sont caractérisées par un substrat sans sable (recouvrement de 0 %, annexe 16) et six (25 %) montrent des pourcentages de recouvrement en sable de 5 % (carte 5-5 et annexe 16). À l'habitat d'élevage aval du PK 49, le pourcentage de recouvrement du substrat en sable est inférieur ou égal à 5 % à 18 stations (67 %) (carte 5-5 et annexe 16). Le recouvrement du substrat en sable de quatre zones situées en rive varie entre 15 et 40 % et une station est recouverte de 65 % de sable. Pour ces cinq stations, le sable comble les interstices du substrat et peut atteindre jusqu'à 15 mm d'épaisseur (annexe 16).

L'habitat d'élevage du PK 51 est caractérisé par un recouvrement en sable plus élevé que les autres habitats aménagés (carte 5-6). Seulement 9 stations (31 %), pour la plupart situées vers le thalweg, sont caractérisées par un recouvrement en sable de 20 % ou moins. Les autres stations ont un pourcentage de recouvrement en sable supérieur à 20 %, dont dix stations (37 %) affichant un recouvrement en sable supérieur à 80 % (annexe 16). Ces dernières présentent aussi généralement une épaisseur de sable plus grande (5 à 30 mm). Les valeurs les plus élevées sont concentrées en amont de l'habitat (carte 5-6) directement en aval de la clé en enrochement et au centre de l'habitat avec des recouvrements continus. Cette zone est dans l'axe d'un banc alluvial localisé juste en amont de l'aménagement et d'où pourrait provenir le sable.

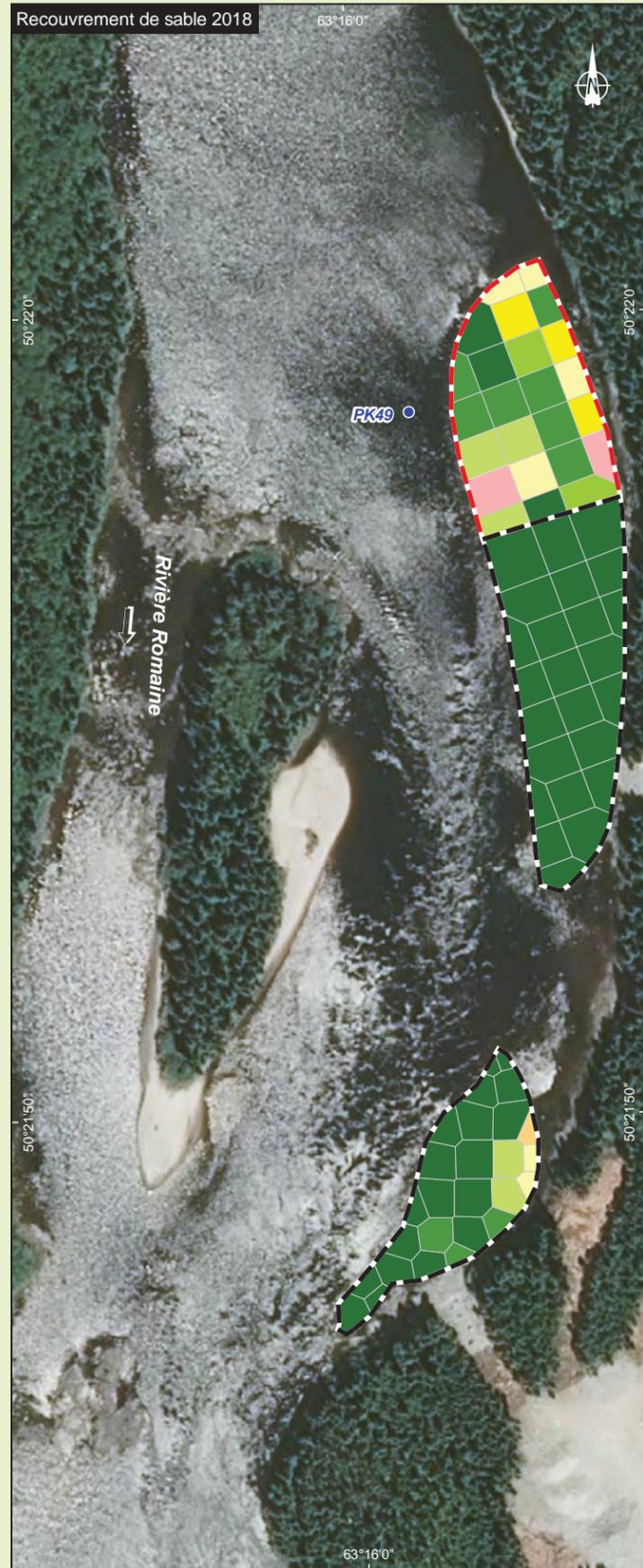
Comparaison des superficies recouvertes par du sable entre 2017 et 2018

Pour l'habitat d'élevage amont du PK 49, le pourcentage moyen de recouvrement en sable diminue de 1,6 % entre 2017 et 2018, passant de 3,0 à 1,4 % (tableau 5-7). Comme en 2017, toutes les placettes de l'habitat (5 574 m²) ont un recouvrement en sable inférieur à 10 %. C'est dans la section aval, vers la rive (proche de la clé en enrochement) et au centre de l'aménagement que la diminution de l'ensablement entre 2017 et 2018 est la plus marquée (carte 5-5).

Le pourcentage moyen de recouvrement en sable sur l'habitat d'élevage du PK 51 a augmenté de 40,2 % entre 2017 et 2018, passant de 18,3 à 58,5 % (tableau 5-7). Le recouvrement diminue de 3 223 m² (-84,6 %) pour la classe 0 à 10 % et de 479 m² pour celle de 20 à 40 %. Le recouvrement augmente cependant pour les classes comprises entre 10 et 20 % et pour les classes supérieures à 40 % (augmentation variant entre 69,7 et 120,6 % par classe). La diminution du pourcentage de sable est localisée vers le thalweg (carte 5-6). Quant aux augmentations des proportions de recouvrement en sable, elles sont généralisées sur l'habitat d'élevage.

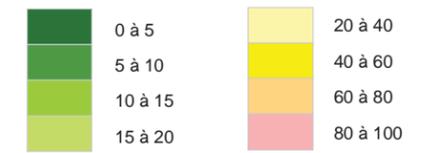
Bilan

Globalement, le recouvrement en sédiments fins est similaire entre 2017 et 2018 pour les habitats du PK 49 ayant été caractérisés. La qualité du substrat de surface de l'habitat d'élevage amont demeure excellente avec un recouvrement en sable inférieur à 5 %. La frayère, par contre, montre une légère hausse de son recouvrement bien que plus de la moitié des placettes soient sous les 20 % de recouvrement en sable. Une importante hausse de l'ensablement est cependant observée pour l'habitat d'élevage du PK 51.

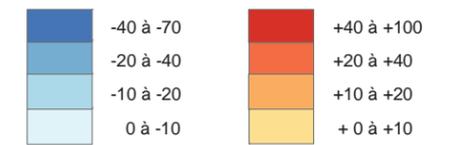


- Frayère aménagée
- Habitat d'élevage aménagagé

Recouvrement de sable (%)



Différence de recouvrement de sable entre 2017 et 2018 (%)



Autres

- PK49 Point kilométrique de rivière
- Sens de l'écoulement

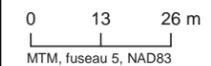
« Cette légende regroupe tous les éléments susceptibles de se trouver sur un des feuillets de la série de cartes. Il se peut donc qu'un ou plusieurs éléments de la légende ne soient pas présents sur un feuillet donné. »

Complexe de la Romaine
Suivi environnemental 2018 en phase exploitation
Suivi de la population de saumon atlantique

Évolution du recouvrement en sable sur les habitats aménagés du PK 49 en 2017 et 2018

Sources :
Ortho-image (Pléiades), résolution 50 cm, Hydro-Québec, 2014
Données de projet, Hydro-Québec, septembre 2008

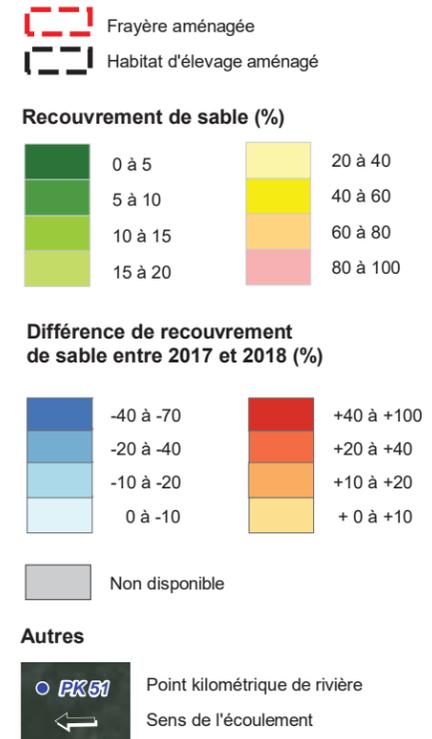
Inventaires et cartographie : WSP, 2017
Fichier : 0344_suc5_5_geq_1639_sp_191017.mxd



Carte 5-5

Octobre 2019





« Cette légende regroupe tous les éléments susceptibles de se trouver sur un des feuillets de la série de cartes. Il se peut donc qu'un ou plusieurs éléments de la légende ne soient pas présents sur un feuillet donné. »

Complexe de la Romaine
Suivi environnemental 2018 en phase exploitation
Suivi de la population de saumon atlantique

Évolution du recouvrement en sable sur les habitats aménagés du PK 51 en 2017 et 2018

Sources :
Ortho-image (Pléiades), résolution 50 cm, Hydro-Québec, 2014
Données de projet, Hydro-Québec, septembre 2008

Inventaires et cartographie : WSP, 2017
Fichier : 0344_suc5_6_geq_1640_sp_191210.mxd

0 22 44 m
MTM, fuseau 5, NAD83

Octobre 2019

Carte 5-6



Tableau 5-7 Évolution de la superficie (m²) recouverte de sable entre 2016, 2017 et 2018 sur l'habitat d'élevage amont du PK 49 et sur l'habitat d'élevage du PK 51

	Recouvrement en sable (%)						Total	Moyenne (%) ¹
	0-10	10-20	20-40	40-60	60-80	80-100		
PK 49 (amont)²								
Superficie (m ²) 2016	5373	201	0	0	0	0	5574	1,7
Superficie (m ²) 2017	5574	0	0	0	0	0	5574	3,0
Superficie (m ²) 2018	5574	0	0	0	0	0	5574	1,4
Différence entre 2017 et 2018 (en m ²)	0	0	0	0	0	0	-	
Différence entre 2017 et 2018 (en %)	0	0	0	0	0	0	-	-1,6
PK 51								
Superficie (m ²) 2016	1585	0	1591	1595	871	656	6298	39,2
Superficie (m ²) 2017	3811	677	1001	378	431	0	6298	18,3
Superficie (m ²) 2018	588	1149	522	834	913	2292	6298	58,5
Différence entre 2017 et 2018 (en m ²)	-3223	+472	-479	+456	+482	+2292	-	
Différence entre 2017 et 2018 (en %)	-84,6	+69,7	-47,9	+120,6	+111,8	N/D	-	+40,2

1 Moyenne pondérée à partir des données brutes et des superficies associées à chacune des parcelles.

2 L'habitat d'élevage aval n'a pas été pris en compte dans le pourcentage de recouvrement.

Note : La superficie est calculée à partir des quadras associés à des polygones.

5.2.3.2 Estimation du recouvrement en algues

La présence anormalement élevée d'algues dans le cours principal de la Romaine, notamment observée sur les frayères et les habitats d'élevage, semble être associée à la mise en eau des réservoirs dans la portion amont du bassin versant. Ce phénomène, peu documenté, se produirait pendant les premières années suivant la mise en eau des réservoirs nordiques et serait limité à quelques années seulement, selon ce qui a été constaté dans certains projets hydroélectriques d'Hydro-Québec (Bastien et coll., 2007).

Ainsi, la mise en eau des réservoirs de la Romaine 2 en 2014, puis de la Romaine 1 en 2015, s'est traduite par l'apparition d'une grande quantité d'algues filamenteuses en suspension dans la colonne d'eau ou encore recouvrant partiellement le lit de la rivière à certains endroits. Ces observations ont notamment été documentées lors du suivi de la dévalaison des smolts de même que lors du décompte des saumons juvéniles sur les habitats aménagés des PK 49 et 51 en 2015 et en 2016 (WSP, 2016, 2017a). En 2017, comparativement à 2015 et 2016, ces algues étaient moins abondantes au printemps et à l'été, voire absentes à certains moments. Par contre, à l'automne 2017, elles sont réapparues, suite à la mise en eau du réservoir de la Romaine 3 qui a été complétée au printemps 2017.

En 2018, des algues étaient à nouveau présentes sur les habitats aménagés. Toutefois, l'algue filamenteuse observée au cours des dernières années était moins abondante en 2018, alors qu'à l'inverse, des algues de plus grande taille étaient davantage présentes. L'augmentation des algues dans la Romaine observée depuis la mise en eau des premiers réservoirs constitue un phénomène temporaire se produisant généralement au cours des premières années suivant la création de réservoirs. Le phénomène est donc susceptible de se poursuivre jusqu'après la mise en eau du réservoir de la Romaine 4 prévu pour 2020.

6. Décompte de nids de fraie

Les objectifs spécifiques de cette activité sont de :

- suivre les activités de fraie du saumon dans la Romaine;
- dénombrer les nids de saumon sur les frayères de la Romaine (naturelles et aménagées) et dans le bassin de la Puyjalon;
- vérifier la franchissabilité des chutes à Charlie.

6.1 Matériel et méthode

6.1.1 Déroulement de la fraie

L'année 2018 correspond à la quatrième année complète où la population de saumon du cours principal de la Romaine est soumise à un régime thermique de l'eau modifié par la mise en eau des réservoirs et l'exploitation du complexe hydroélectrique. La présence des réservoirs de la Romaine 1, de la Romaine 2 et de la Romaine 3 dans le bassin versant favorise un refroidissement automnal plus tardif de l'eau de la rivière en aval des installations hydroélectriques où se trouvent les frayères utilisées par le saumon. Puisque ce paramètre a une influence sur le moment de la fraie, l'évolution de la température de l'eau a fait l'objet d'un suivi à partir du début octobre à l'aide des données enregistrées aux stations ROMA0943 et ROMA0944 opérées par Hydro-Québec et situées respectivement aux PK 34 et 46 de la Romaine. Les températures enregistrées à la station RPUY0680 installée en 2016 dans la rivière Puyjalon ont également fait l'objet d'un suivi.

Préalablement au décompte des nids, trois visites de terrain ont été réalisées dans le cours principal de la Romaine afin de documenter le déroulement de la fraie pour s'assurer que le décompte de nids soit réalisé une fois la fraie complétée. Ces trois visites ont été réalisées sur les frayères du PK 46,2 (frayère naturelle) et du PK 49 (frayère aménagée) les 23 et 28 octobre, de même que le 5 novembre. Lors des trois visites, la température de l'eau a été mesurée avec un thermomètre de surface et des plongées en apnée ont permis de vérifier les activités des saumons sur les frayères et de documenter ainsi la chronologie de la fraie. La présence et le comportement de géniteurs ont été notés. Les nids et les balayages ont également été régulièrement dénombrés. Les balayages correspondent à des sites remaniés par les saumons et ont une forme et une taille variable. Ils sont moins profonds que les nids et, contrairement à ceux-ci, ils ne sont pas caractérisés par un substrat propre dépourvu de matières fines et de sable dans les interstices entre les matériaux granulaires plus grossiers.

6.1.2 Décompte de nids de fraie

Rivière Romaine

Les informations amassées pour documenter le déroulement de la fraie visent à s'assurer que le décompte de nids soit réalisé après la fin des activités de fraie du saumon. Néanmoins, lors des premières journées du décompte sur les frayères des PK 34,5 et 46,2 (8 au 10 novembre), une attention particulière a à nouveau été accordée aux indices permettant de confirmer que la fraie était bien terminée. Puisque le débit de la Romaine est désormais régularisé, le décompte se fait dans des conditions de débit adéquates et prévisibles. Le dénombrement des nids du cours principal de la Romaine a été réalisé entre le 8 et le 16 novembre.

Sur le tronçon du cours principal accessible au saumon, l'ensemble des sites potentiels de fraie a été inspecté en apnée lors des inventaires de 1999 (Fontaine et coll., 2000), de 2001 (GENIVAR, 2002) et de 2003 (Belles-Isles et coll., 2004). Le bilan de ces inventaires indique qu'il y avait seulement quatre frayères utilisées sur le cours principal de la Romaine en conditions naturelles, soit aux PK 34,5, 46,2, 48,9 et 51,4. Cette dernière frayère était toutefois rarement utilisée par le saumon et n'est plus utilisable depuis 2014 en raison de la construction de la centrale de la Romaine-1.

Les deux principales frayères naturelles de la Romaine, utilisées systématiquement par le saumon à chacune des années d'inventaires depuis 2010, sont celles des PK 34,5 et 46,2. Sur la base de cette connaissance de la rivière, les frayères naturelles des PK 34,5, 46,2 et 48,9 ont été inspectées à l'automne 2018, de même que les deux frayères aménagées par Hydro-Québec au printemps 2014 aux environs des PK 49 et 51.

En 2018, le décompte des nids s'est effectué en plongée non autonome sur les frayères des PK 34,5, 46,2 et 49 du cours principal de la Romaine. Un seul plongeur, rattaché à l'embarcation grâce à une ligne de vie, effectuait les décomptes par balayage transversal de manière à couvrir le plus large secteur possible. Lorsque la frayère n'était pas entièrement couverte en largeur, le bateau était repositionné et le plongeur recommençait le même balayage sur un transect adjacent. Pour les frayères des PK 48,9 et 51, le décompte a été effectué en apnée en raison de la profondeur d'eau assez faible pour assurer une bonne visibilité des nids. Un caillou coloré permettait de ne pas faire de recoupement entre les transects pour la frayère du PK 34,5, plus profonde. Sur toutes les frayères inventoriées dans le cours principal de la Romaine, les nids ont été positionnés à l'aide d'un croquis basé sur les observations réalisées au terrain, à l'aide de repères dont la localisation précise est connue.

Rivière Puyjalon et ses tributaires

Dans l'ensemble des portions des rivières Puyjalon, Bat-le-Diable et Allard accessibles au saumon, l'inventaire des nids de fraie est effectué de façon systématique sans se limiter aux frayères potentielles identifiées lors des années antérieures. La rivière Puyjalon et ses tributaires ne sont pas affectés par les installations hydroélectriques de la Romaine. Le moment du décompte y a donc été déterminé en se basant sur les observations des années antérieures et sur la température de l'eau qui peut être suivie en continu à l'aide d'une station automatisée installée par Hydro-Québec en 2016 (RPUY0680). Les conditions de débit doivent également être considérées afin que le décompte soit réalisé dans des conditions propices et sécuritaires. Les travaux de terrain dans les rivières Puyjalon, Bat-le-Diable et Allard ont été réalisés entre le 4 et le 12 novembre.

Dans les trois tributaires accessibles au saumon, une équipe de trois apnéistes a inspecté le lit des rivières en se laissant dériver côte à côte, parallèlement à la rive et en balayant visuellement toute la largeur du cours d'eau. Cette méthode est la même depuis le début de cette activité en 2010. Dans les secteurs à courant plus fort, les plongeurs s'attachaient à des lignes de vie reliées à des coéquipiers en rive et effectuaient des balayages transversaux.

Identification des nids et observations

Lors de chacune des journées d'inventaire, la température de l'eau a été prise avec un thermomètre de surface. De plus, toutes les observations pertinentes pouvant confirmer que la fraie était terminée ont été notées, notamment le comportement des saumons. Les nids de fraie du saumon ont été repérés de la même manière que par le passé, à l'aide des indices suivants :

- dépression de forme oblongue orientée dans le sens de l'écoulement;
- dépression de 0,5 à 1,5 m de longueur et de 0,3 à 1 m de largeur;
- substrat dont la teinte est plus pâle que le matériau granulaire environnant et qui est dépourvu de matières fines ou de sable dans les interstices entre les matériaux granulaires plus grossiers, indiquant qu'il a été récemment nettoyé et remanié.

Conformément au permis scientifique, une partie des nids a été fouillée afin d'y vérifier la présence d'œufs de saumon. La proportion de nids fouillés a toutefois été abaissée à un nid sur trois en 2018, tandis qu'elle s'élevait à un nid sur deux en 2016 et en 2017. Lorsque la fouille habituelle ne permettait pas de voir d'œufs, une fouille approfondie était réalisée afin de vérifier la présence d'œufs enfouis plus profondément dans le substrat de la frayère. Lors de la fouille de certains nids dans le cours principal de la Romaine, des œufs ont également été amassés et acheminés vers la pisciculture de la SSRR, en vue de réaliser en 2019 des analyses génétiques sur les œufs ayant atteint le stade oeillé ou sur les alevins.

Les apnéistes affectés au dénombrement des nids de saumon sont des techniciens de la faune expérimentés dans l'identification de nids de saumon sur la Romaine et ses tributaires, ce qui assure une constance méthodologique d'une année à l'autre. Il est à préciser que les décomptes de nids constituent un bon indicateur permettant de déceler les tendances dans l'abondance du stock de saumons reproducteurs. Toutefois, il comporte certains biais causés, par exemple, par la présence de nids sans œufs ou la variabilité du nombre d'œufs par nid.

6.2 Résultats et discussion

6.2.1 Déroutement de la fraie

6.2.1.1 Débit et température de l'eau

Pendant le mois d'octobre, la température journalière moyenne de l'eau de la Romaine au PK 46 (station ROMA0944) a connu une baisse relativement constante passant de 11,8 °C le 1^{er} octobre à 6,8 °C le 31 octobre (figure 6-1). En 2018, la température est passée sous la barre des 10 °C dès le 14 octobre. La chute de la température de l'eau observée en octobre s'est ensuite poursuivie pendant les trois premières semaines de novembre, jusqu'à ce qu'elle se stabilise aux environs de 1,5 °C à la fin du mois.

Depuis le remplissage du premier réservoir (Romaine 2) qui a débuté en mai 2014 (annexe A1-1), la température automnale de l'eau de la Romaine dans le tronçon accessible au saumon subit un refroidissement plus tardif en raison de l'inertie thermique des réservoirs, et ce, malgré des températures maximales estivales de l'eau nettement plus basses qu'en conditions naturelles.

La température moyenne de l'eau au PK 46 de la Romaine en octobre a ainsi été similaire entre 2014 et 2017 (10,5 °C à 10,9 °C). Elle a été un peu plus froide en octobre 2018 (moyenne de 9,5 °C), mais était néanmoins plus chaude que lors des années précédant l'aménagement des installations hydroélectriques (moyenne de 7,0 °C pour la période 2009-2013; figure 6-1).

Le débit de la Romaine est désormais régularisé et ses fluctuations dépendent des opérations à la centrale de la Romaine-1. Pendant la reproduction du saumon (16 octobre au 15 novembre conformément aux autorisations gouvernementales), le débit turbiné doit être maintenu à 200 m³/s (sauf en cas de forte crue) pendant toute la période ou jusqu'à ce que la fin de la fraie soit confirmée par les observations faites au terrain. Ainsi, le débit de la Romaine au PK 46 est demeuré légèrement au-dessus de 200 m³/s pendant cette période, avant de s'abaisser aux alentours de 150 m³/s vers la mi-novembre (figure 6-1).

Dans la rivière Puyjalon, la température de l'eau enregistrée à la station RPUY0680 est passée sous 10 °C dès le 23 septembre. Elle est ensuite demeurée relativement stable jusqu'au début octobre avant de s'abaisser de façon presque constante entre le 1^{er} (9,5 °C) et le 28 octobre (2,6 °C). La température journalière moyenne a ensuite connu une légère hausse, atteignant 4,4 °C le 1^{er} novembre, avant de s'abaisser à nouveau jusqu'à ce qu'elle se stabilise à moins de 1 °C à partir de la mi-novembre. Quant au débit moyen journalier de la rivière Puyjalon, il a varié beaucoup pendant cette période. Il était faible au début octobre (moins de 15 m³/s), mais a ensuite connu trois pointes successives dépassant 30 m³/s dans la deuxième moitié d'octobre. Le début de novembre a été marqué par une autre pointe de débit dépassant cette fois 60 m³/s le 8 novembre. Par la suite, le débit s'est abaissé graduellement jusqu'à la fin du mois où il était d'environ 20 m³/s.

6.2.1.2 Observation des activités de reproduction du saumon

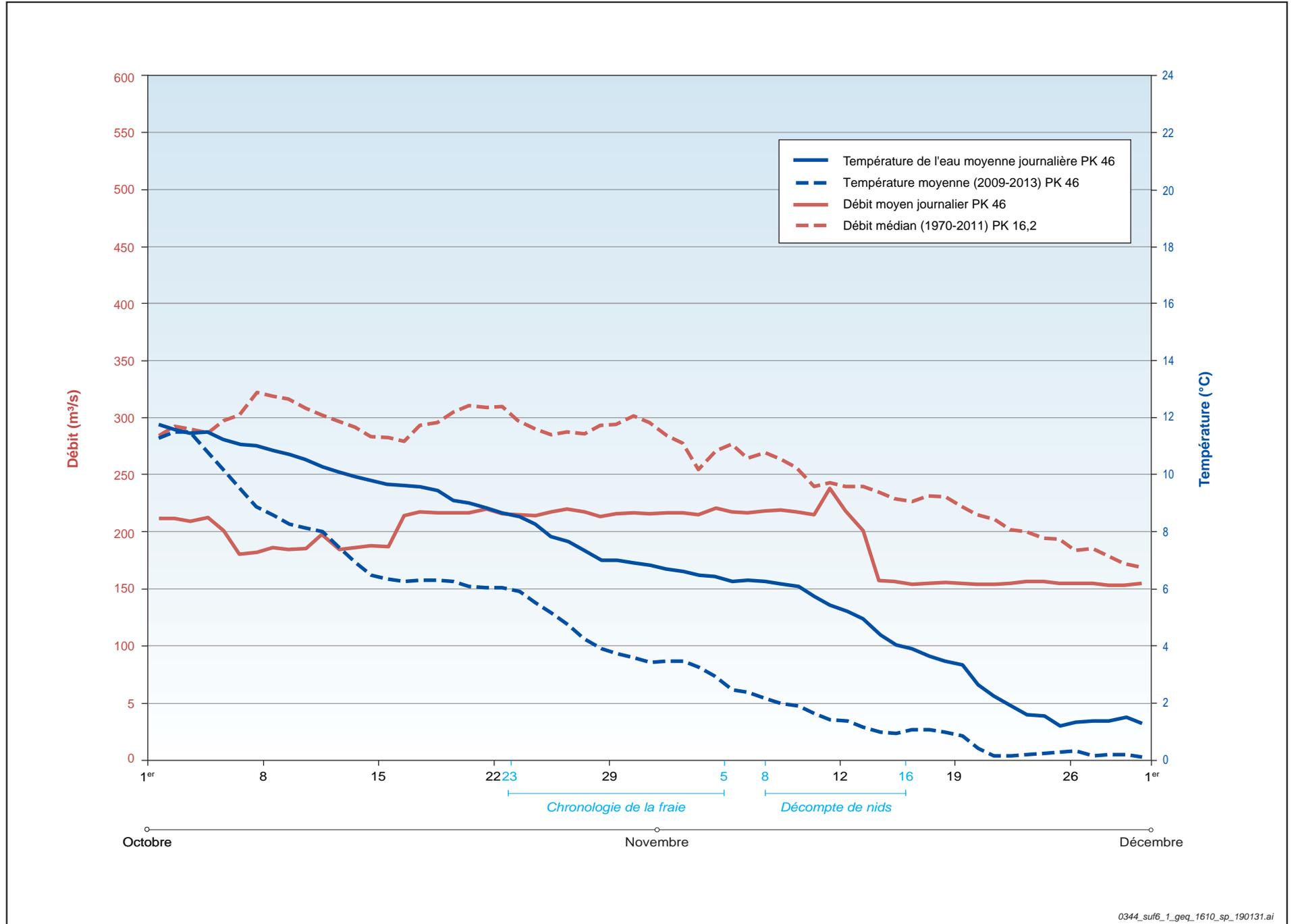
Les principales observations colligées lors des trois visites de terrain réalisées pendant le suivi du déroulement de la fraie sur les frayères des PK 46,2 et 49 sont résumées au tableau 6-1.

Tableau 6-1 Température de l'eau et principales observations sur les frayères du cours principal de la Romaine pendant le déroulement de la fraie

Date	Température de l'eau (°C)		Principales observations	
	PK 46 (ROMA0944)	<i>In situ</i>	PK 46,2 (naturelle)	PK 49 (aménagée)
23 octobre	8,6	7,5	3 nids, 3 balayages, 1 adulte	3 nids, 5 balayages, 1 tacon
28 octobre	7,0	7,1	6 nids, 8 balayages, 2 adultes (dont un rédibermarin sur un nid)	3 nids, 8 balayages, 10 tacons
5 novembre ¹	6,3	6,3	4 nids, 3 balayages	11 nids, 3 balayages, 3 tacons (dans les nids)

¹ La frayère du PK 46,2 a été parcourue partiellement le 5 novembre.

Figure 6-1 Températures et débits (PK 46) moyens journaliers de la Romaine en octobre et en novembre 2018



0344_suf6_1_geq_1610_sp_190131.ai

Sur la frayère du PK 46,2, le nombre de nids et de balayages a augmenté sensiblement entre les deux premières visites de terrain, passant respectivement de 3 à 6 et de 3 à 8 (tableau 6-1). Des saumons géniteurs ont également été observés lors de ces deux visites. La présence d'un grand saumon sur un nid lors de la visite du 28 octobre indique d'ailleurs que la fraie était alors en cours. Le nombre de nids et de balayages observés a été plus faible lors de la troisième visite sur cette frayère le 5 novembre, mais la frayère n'a alors été que partiellement parcourue. Soulignons par ailleurs que lors du décompte de nids sur la frayère du PK 46,2 (10 novembre), mais aussi sur celle du PK 34,5 (8 et 9 novembre), quelques saumons géniteurs ont été observés. Le comportement agressif de certains mâles suggérait toutefois que la fraie était terminée.

Dans le cas de la frayère du PK 49, une augmentation marquée du nombre de nids a été observée entre le 28 octobre et le 5 novembre, témoignant de l'avancée des activités de fraie pendant cette période. Aucun saumon géniteur n'a cependant été aperçu lors de l'une ou l'autre des visites de suivi du déroulement de la fraie sur cette frayère, de même que lors du décompte de nids le 13 novembre.

Le décompte de nids a débuté les 4 et 5 novembre dans le bassin de la Puyjalon. Dans les rivières Allard et Bat-le-Diable, aucun saumon n'a été aperçu, malgré la présence de quelques nids. Ces observations couplées aux températures froides mesurées en surface dans ces cours d'eau (3 °C dans la rivière Allard et 2 °C dans la Bat-le-Diable) indiquent que la fraie était terminée. Le décompte de nids a été amorcé dans la Puyjalon aux mêmes dates, alors que la température de l'eau mesurée *in situ* était plus élevée (5,5 et 4,8 °C). Aucun signe de fraie du saumon n'a cependant été observé dans la portion amont de la rivière le 4 novembre suggérant que la fraie n'était pas encore commencé dans ce secteur généralement très utilisé par les saumons. Un seul nid de saumon a été observé plus en aval sur la Puyjalon le 5 novembre. Dans ce contexte, le décompte de nids sur la Puyjalon a été entièrement refait le 12 novembre. Un tel décalage dans le moment de la fraie entre la Puyjalon et ses deux tributaires accessibles au saumon a fréquemment été observé lors des décomptes précédents. En effet, à l'instar de la Romaine, le refroidissement automnal de la rivière Puyjalon est ralenti par la présence d'un important volume d'eau en amont (le lac Puyjalon), contrairement aux rivières Bat-le-Diable et Allard.

Lors des suivis réalisés entre 2010 et 2015, la fraie était, dans la Romaine, généralement complétée ou sur le point de l'être durant la dernière semaine d'octobre (tableau 6-2), et ce, malgré un refroidissement plus tardif de l'eau à partir de l'automne 2014. De 2016 à 2018, les observations suggèrent que la fraie du saumon est survenue un peu plus tard, soit au cours de la première semaine de novembre. Soulignons toutefois qu'un léger décalage dans le moment de la fraie a aussi été observé sur le cours principal de la rivière Puyjalon (environ une semaine), bien qu'elle ne soit pas affectée par les installations hydroélectriques.

Comme au cours des dernières années, des activités de fraie ont été observées aux mêmes dates qu'en conditions naturelles, soit dans la dernière semaine d'octobre, alors que les températures de l'eau étaient relativement élevées (7 à 9 °C, tableau 6-1). Rappelons que les suivis réalisés entre 1999 et 2010 dans la rivière Betsiamites, où le débit est régulé, indiquent que la fraie est retardée d'environ un mois par rapport à celle se déroulant dans la rivière Boucher, un tributaire non influencé par les équipements hydroélectriques du complexe Bersimis (Richard Verdon, comm. pers., 2010 dans WSP, 2017a). Il est donc possible que la modification du patron de refroidissement de l'eau à l'automne se traduise par des changements physiologiques (p. ex. maturation plus tardive des gonades) pouvant s'opérer sur plusieurs années.

Tableau 6-2 Moment du décompte des nids, température de l'eau et état d'avancement de la fraie, entre 2010 et 2018

Année ¹	Cours principal de la Romaine			Bassin de la Puyjalon		
	Moment du décompte	Température (°C) ²	Fraie terminée	Moment du décompte	Température (°C) ²	Fraie terminée
2010	3 - 19 nov.	0,9 - 4,3	Oui	3 - 30 nov.	1,3 - 5,7	Oui
2011	24 - 28 oct.	5,8 - 7,7	Oui	29 oct. - 1 ^{er} nov.	5,1 - 7,7	Oui
2012	30 - 31 oct.	5,5 - 6,1	Oui	2 - 6 nov.	7,8 - 8,6	Oui
2013	22 - 25 oct.	6,0 - 7,4	Presque ³	25 - 27 oct.	5,9 - 9,0	Oui
2014	28 - 31 oct.	8,2 - 8,5	Oui	3 - 6 nov.	5,5 - 7,7	Oui
2015	31 oct. - 12 nov.	5,2 - 6,9	Oui	26 - 28 oct.	2,7 - 5,9	Oui
2016	5 - 16 nov.	5,5 - 7,0	Oui	28 oct. - 14 nov.	5,9 - 7,0	Oui ⁴
2017	7 - 16 nov.	4,4 - 6,9	Oui	31 oct. - 15 nov.	2,4 - 8,3	Oui ⁵
2018	8 - 16 nov.	3,9 - 6,2	Oui	4 - 12 nov.	2,2 - 3,8	Oui ⁶

¹ Données de 2010 à 2017 disponibles dans GENIVAR (2011, 2012a, 2013) et WSP (2014, 2015, 2016, 2017a, 2019).

² Données provenant de la station ROMA0944 (PK 46) d'Hydro-Québec pour le cours principal et de mesures *in situ* pour les tributaires jusqu'en 2016. À partir de 2017, les données de la station RPUY0680 sont utilisées pour la rivière Puyjalon. Pour une date équivalente, les températures plus basses sont généralement mesurées dans la rivière Bat-le-Diable, alors que les températures plus élevées sont associées à la rivière Puyjalon en raison de l'influence du lac Puyjalon qui ralentit le refroidissement automnal de l'eau.

³ Le comportement des saumons observés sur la frayère du PK 34,5 suggère que les activités de fraie y étaient très avancées, mais peut-être pas complétées.

⁴ Les observations indiquent que la fraie était terminée le 27 octobre dans les rivières Allard et Bat-le-Diable, mais qu'elle se serait terminée dans la deuxième semaine de novembre dans la Puyjalon. Le décompte de nids dans la Puyjalon a donc été refait les 8 et 14 novembre.

⁵ Les observations indiquent que la fraie était terminée le 31 octobre et le 1^{er} novembre dans les rivières Allard et Bat-le-Diable, mais qu'elle se serait terminée quelques jours plus tard dans la Puyjalon. Le décompte de nids dans la Puyjalon a donc été refait les 14 et 15 novembre.

⁶ Les observations indiquent que la fraie était terminée les 4 et 5 novembre dans les rivières Allard et Bat-le-Diable, mais qu'elle se serait terminée quelques jours plus tard dans la Puyjalon. Le décompte de nids dans la Puyjalon a donc été refait le 12 novembre.

6.2.2 Décompte de nids de fraie

6.2.2.1 Nombre de nids de fraie en 2018

Au cours de l'inventaire de l'automne 2018, 137 nids de saumon ont été dénombrés, soit 74 dans le cours principal de la Romaine, 54 dans la Puyjalon, 6 dans la rivière Bat-le-Diable et 3 dans la rivière Allard (tableau 6-3). La répartition des nids dans le bassin de la Romaine est illustrée sur la carte 6-1 alors que le tableau de l'annexe 17 présente le détail des données colligé lors du décompte de nids.

Tableau 6-3 Nombre de nids de fraie et température de l'eau sur les frayères à saumon du bassin versant de la Romaine en 2018

Rivière	Date du décompte	Température de l'eau (°C) ¹	Nombre de nids	Nombre de saumons adultes observés
Romaine (frayère naturelle)				
PK 34,5	8 et 9 novembre	6,3 et 6,1	22	4
PK 46,2	10 novembre	5,8	16	1
PK 48,9	13 novembre	5,0	0	0
Romaine (frayère aménagée)				
PK 49	13 novembre	5,0	26	0
PK 51	16 novembre	3,9	10	0

Tableau 6-3 (suite) Nombre de nids de fraie et température de l'eau sur les frayères à saumon du bassin versant de la Romaine en 2018

Rivière	Date du décompte	Température de l'eau (°C) ¹	Nombre de nids	Nombre de saumons adultes observés
Tributaires				
Puyjalon	12 novembre ²	2,2	54	2
Bat-le-Diable	5 novembre	2,0	6	0
Allard	4 novembre	3,0	3	0
Sous-total - Romaine				
		-	74	5
Sous-total - Tributaires				
		-	63	2
Total				
		-	137	7

1 Données provenant des stations ROMA0943 (PK 34) et ROMA0944 (PK 46) d'Hydro-Québec pour le cours principal, de la station RPUY0680 pour la rivière Puyjalon et de mesures *in situ* pour les deux autres tributaires.

2 Le décompte avait été amorcé les 4 et 5 novembre à une température de l'eau de 3,8 et 3,2 °C (5,5 °C et 4,8 °C mesurés *in situ*), mais les observations indiquent que la fraie n'était alors pas encore terminée. Le décompte a donc été entièrement refait le 12 novembre.

Rivière Romaine

La localisation des nids recensés sur les cinq frayères du cours principal de la Romaine est détaillée sur les cartes de l'annexe 18. La localisation des saumons géniteurs observés est également précisée.

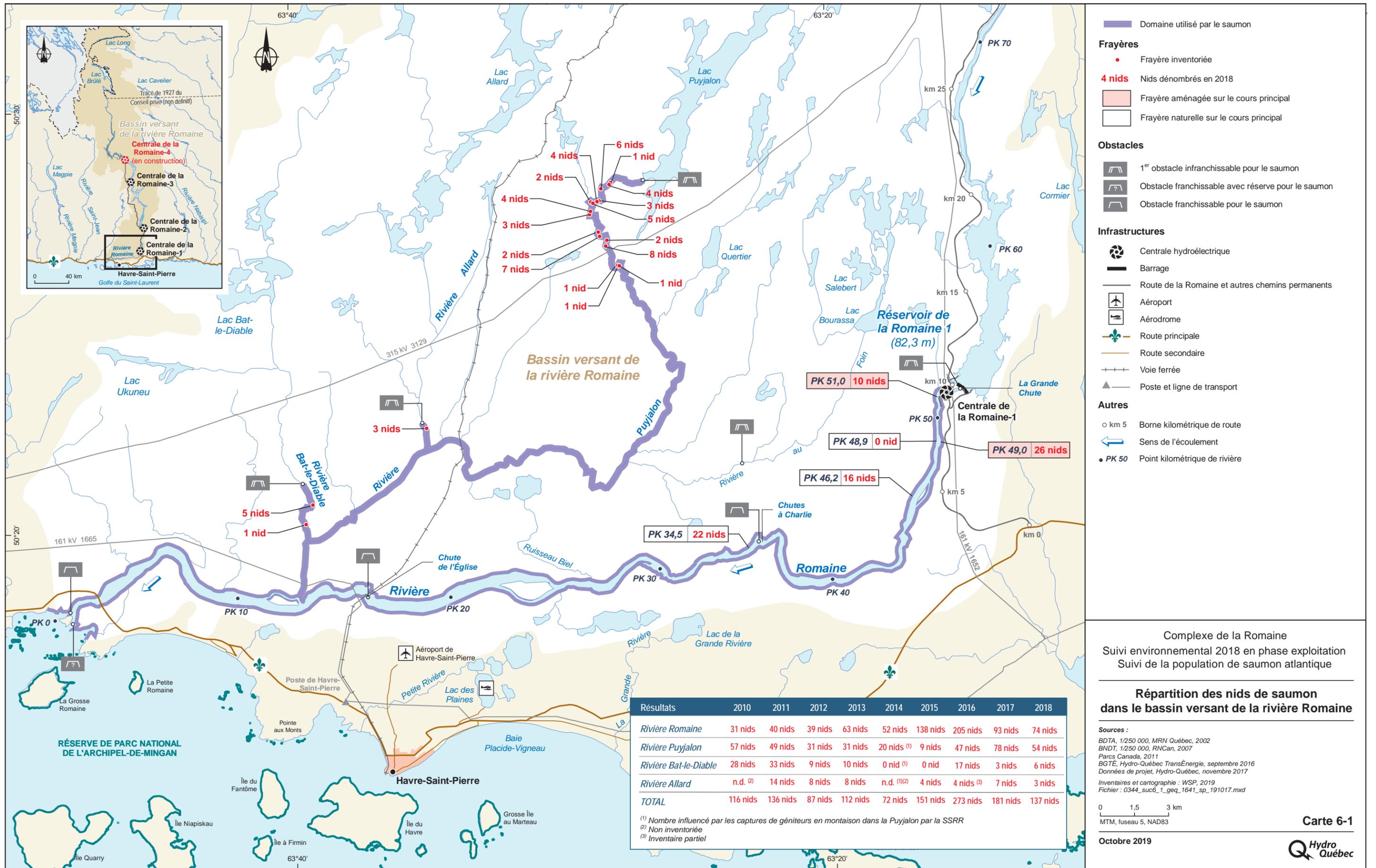
La frayère du PK 34,5, la plus utilisée en conditions naturelles, a été inventoriée entre les 8 et 9 novembre, alors que la température de l'eau mesurée à la station ROMA0943 était respectivement de 6,3 et 6,1 °C. Au total, 22 nids y ont été dénombrés et quatre saumons adultes ont été observés pendant le décompte. La température de l'eau, l'absence de nouveau nid entre la première et la deuxième journée de décompte, de même que le comportement des saumons (évitement) suggèrent que la fraie était terminée. Les géniteurs de saumon ont en effet tendance à se coller aux plongeurs en période de fraie et à s'en éloigner lorsque la reproduction est terminée.

La frayère du PK 46,2, considérée comme la deuxième en importance sur le cours principal de la Romaine en conditions naturelles, a été inventoriée le 10 novembre alors que la température de l'eau mesurée à la station ROMA0944 était de 5,8 °C. Le décompte en plongée a mené à l'identification de 16 nids de fraie, alors qu'un seul saumon adulte a été aperçu. C'est à la suite du décompte de nids sur cette frayère que la fin de la fraie du saumon sur le cours principal de la Romaine a été confirmée.

La frayère du PK 48,9 a été inventoriée le 13 novembre, alors que la température de l'eau à la station ROMA0944 était de 5,0 °C. Cette petite frayère est généralement peu ou pas utilisée par le saumon en raison des faibles profondeurs d'eau et vitesses de courant lorsque les débits sont peu élevés. En 2018, aucun nid n'y a d'ailleurs été recensé.

Parmi les deux frayères aménagées par Hydro-Québec au printemps 2014, celle du PK 49 est la plus utilisée par le saumon jusqu'à maintenant. En 2018, le dénombrement des nids sur cette frayère a été fait le même jour que la frayère du PK 48,9, voisine, soit le 13 novembre. Un total de 26 nids y a été dénombré et aucun saumon adulte n'y a été observé.

Enfin, la frayère aménagée du PK 51 a été visitée le 16 novembre, soit en même temps que l'implantation des embryons (voir chapitre 8). La température de l'eau à la station ROMA0944 était alors de 3,9 °C. Dix nids au total ont été dénombrés sur cette frayère et aucun saumon n'y a été observé.



- Domaine utilisé par le saumon
- Frayères**
 - Frayère inventoriée
 - 4 nids Nids dénombrés en 2018
 - Frayère aménagée sur le cours principal
 - Frayère naturelle sur le cours principal
- Obstacles**
 - / 1^{er} obstacle infranchissable pour le saumon
 - ? Obstacle franchissable avec réserve pour le saumon
 - / Obstacle franchissable pour le saumon
- Infrastructures**
 - Centrale hydroélectrique
 - Barrage
 - Route de la Romaine et autres chemins permanents
 - Aéroport
 - Aérodrome
 - Route principale
 - Route secondaire
 - Voie ferrée
 - Poste et ligne de transport
- Autres**
 - km 5 Borne kilométrique de route
 - Sens de l'écoulement
 - PK 50 Point kilométrique de rivière

Complexe de la Romaine
Suivi environnemental 2018 en phase exploitation
Suivi de la population de saumon atlantique

Répartition des nids de saumon dans le bassin versant de la rivière Romaine

Sources :
BDTA, 1/250 000, MRN Québec, 2002
BNDT, 1/250 000, RNCAN, 2007
Parcs Canada, 2011
BGTE, Hydro-Québec TransÉnergie, septembre 2016
Données de projet, Hydro-Québec, novembre 2017
Inventaires et cartographie : WSP, 2019
Fichier : 0344_suc6_1_geq_1641_sp_191017.mxd

Résultats	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Rivière Romaine	31 nids	40 nids	39 nids	63 nids	52 nids	138 nids	205 nids	93 nids	74 nids
Rivière Puyjalon	57 nids	49 nids	31 nids	31 nids	20 nids ⁽¹⁾	9 nids	47 nids	78 nids	54 nids
Rivière Bat-le-Diable	28 nids	33 nids	9 nids	10 nids	0 nid ⁽¹⁾	0 nid	17 nids	3 nids	6 nids
Rivière Allard	n.d. ⁽²⁾	14 nids	8 nids	8 nids	n.d. ⁽¹⁾⁽²⁾	4 nids	4 nids ⁽³⁾	7 nids	3 nids
TOTAL	116 nids	136 nids	87 nids	112 nids	72 nids	151 nids	273 nids	181 nids	137 nids

⁽¹⁾ Nombre influencé par les captures de géniteurs en montaison dans la Puyjalon par la SSR
⁽²⁾ Non inventoriée
⁽³⁾ Inventaire partiel

Rivière Puyjalon

Après un décompte partiel les 4 et 5 novembre, un décompte complet des nids dans la rivière Puyjalon a été fait le 12 novembre. Au moment de ce dernier décompte, la température moyenne journalière de l'eau à la station RPUY0680 était de 2,2 °C. Un total de 54 nids a été dénombré dans le cours principal de la Puyjalon en 2018. Ceux-ci ont tous été identifiés dans la portion amont du tronçon accessible au saumon où les habitats de reproduction sont de meilleure qualité (Fontaine et coll., 2000). Soulignons que deux saumons adultes ont été aperçus pendant le décompte. Le comportement de ceux-ci (évitement) indique toutefois que la fraie était terminée.

Rivière Bat-le-Diable

Sur la rivière Bat-le-Diable, le dénombrement des nids a été réalisé le 5 novembre, alors que la température de l'eau était de 2 °C. Six nids de saumon ont alors été recensés et aucun saumon adulte n'a été aperçu.

Rivière Allard

Le dénombrement des nids dans la rivière Allard a été réalisé le 4 novembre, alors que la température de l'eau était de 3 °C. Trois nids de saumon ont été recensés dans ce tributaire, alors qu'aucun saumon adulte n'a été aperçu.

6.2.2.2 Comparaison interannuelle

Même si le nombre de nids creusés est influencé par la proportion de madeleineaux, par le rapport des sexes et par les variations de niveaux d'eau et de débits durant la fraie, il est généralement reconnu qu'il s'agit d'un bon indicateur de l'abondance du stock de saumons d'une rivière (Hay, 1987). Cet indicateur est particulièrement utile lorsqu'une longue série de données est constituée au fil des ans afin de mettre en lumière une tendance à la hausse ou à la baisse du stock. Le tableau 6-4 présente les résultats des décomptes de nids à l'échelle du bassin versant de la Romaine depuis 2003.

Les 137 nids de saumons dénombrés en 2018 dans l'ensemble du bassin versant de la Romaine représentent une baisse de 40 % par rapport à la moyenne des deux années précédentes, alors que le nombre total de nids avait été de 273 et de 181 nids respectivement (moyenne de 227 nids). Le total de 2018 est néanmoins du même ordre de grandeur que celui de 2015 (151 nids) et supérieur à tous les autres suivis annuels depuis 2010 (72 à 136 nids, moyenne de 105 nids).

Rappelons qu'en 2018, les montaisons de saumons enregistrées à la barrière de comptage installée au PK 7,3 de la Romaine (n = 164, voir tableau 3-3) sont du même ordre de grandeur que celles des précédents décomptes de 2013 et de 2015. Dans la rivière Trinité, qui fait l'objet d'un suivi annuel, une nette tendance à la baisse est cependant observée au cours des deux dernières années (April et coll., 2019).

La contribution relative du cours principal de la Romaine dans le nombre de nids de saumon a été de 54 % en 2018 (tableau 6-4, figure 6-2), ce qui est très similaire à ce qui avait été observé en 2017. Il s'agit de la sixième année consécutive où plus de la moitié des nids sont recensés dans le cours principal. À l'inverse, avant 2013, la contribution relative du cours principal de la Romaine avait toujours été inférieure à 50 %.

Tableau 6-4 Nids de fraie du saumon dénombrés dans les portions accessibles du bassin versant de la Romaine entre 2003 et 2018

Année ¹	Romaine	Puyjalon	Bat-le-Diable	Allard	Total
2003	81 (41 %) ²	31 (16 %)	68 (35 %)	16 (8 %)	196
2004	75 (45 %)	22 (13 %)	54 (33 %)	15 (9 %)	166
2010	31 (27 %)	57 (49 %)	28 (24 %)	ND ³	116
2011	40 (30 %)	49 (36 %)	33 (24 %)	14 (11 %)	136
2012	39 (45 %)	31 (36 %)	9 (10 %)	8 (9 %)	87
2013	63 (56 %)	31 (28 %)	10 (9 %)	8 (7 %)	112
2014 ⁶	52 (72 %)	20 (28 %)	0 (0 %)	ND ³	72 ⁴
2015	138 (91 %)	9 (6 %)	0 (0 %)	4 (3 %) ⁵	151
2016	205 (75 %)	47 (17 %)	17 (6 %)	4 (1 %)	273
2017	93 (51 %)	78 (43 %)	3 (2 %)	7 (4 %)	181
2018	74 (54 %)	54 (39 %)	6 (4 %)	3 (2 %)	137

¹ Données antérieures à 2017 disponibles dans Belles-Isles et coll. (2004) et GENIVAR (2005) pour les années 2003 et 2004, et dans GENIVAR (2011, 2012a, 2013) puis WSP (2014, 2015, 2016, 2017a, 2019), pour les années 2010 à 2017.

² Les pourcentages entre parenthèses donnent la proportion relative de nids selon les cours d'eau pour une année donnée.

³ Données non disponibles - La rivière Allard n'a pu être inventoriée en 2010 (nivelage du substrat de fraie à la suite de fortes crues automnales) et en 2014 (débits trop élevés).

⁴ En 2014, les nids dénombrés dans le bassin de la Puyjalon ainsi que la contribution relative des différents cours d'eau doivent être interprétés avec prudence en raison de la capture de saumons en montaison dans la Puyjalon par la SSRR, dont 8 femelles. La fraie de ces saumons s'est toutefois retrouvée dans le bassin de la Romaine en 2015 quand les alevins incubés artificiellement ont été ensemencés au printemps 2015.

⁵ Décompte partiel en raison d'un fort débit.

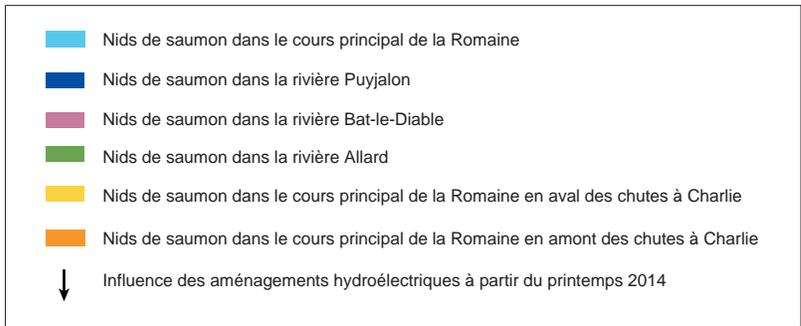
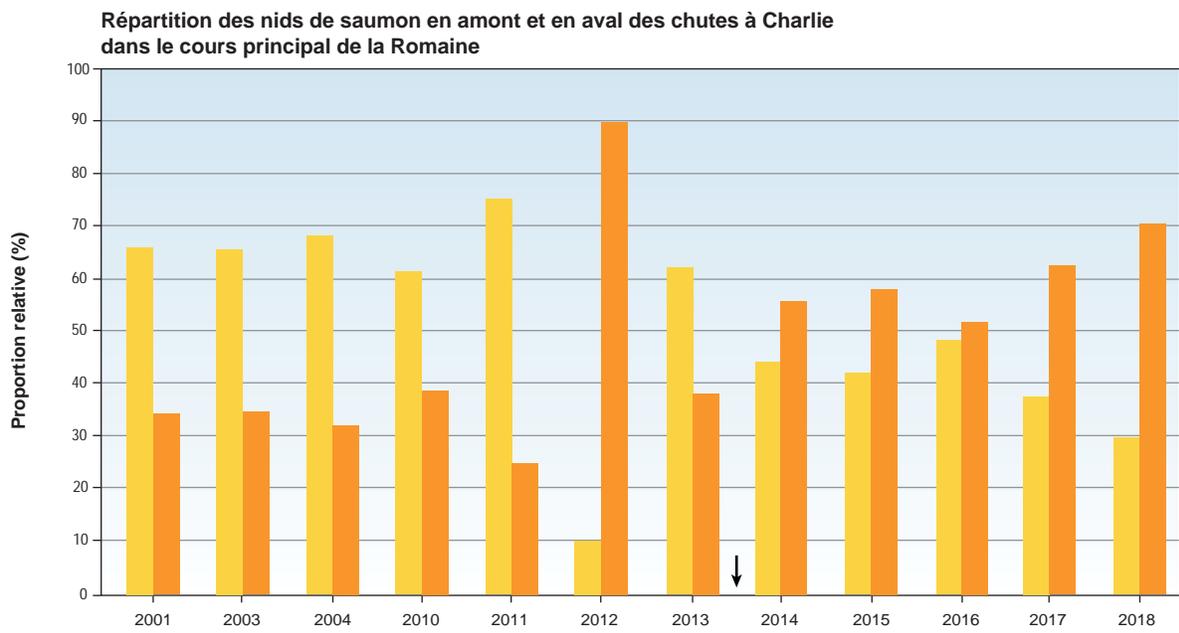
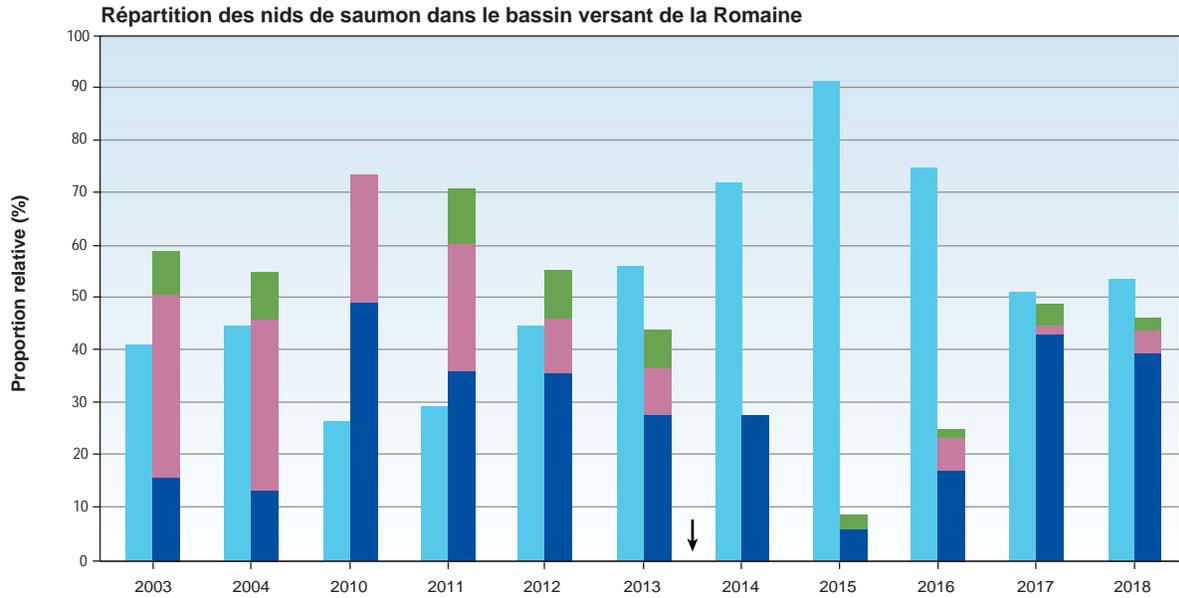
⁶ Influence des aménagements hydroélectriques à partir de 2014.

Rivière Romaine

Les 74 nids recensés dans le cours principal de la Romaine représentent une diminution de 49 % par rapport à la moyenne des trois années précédentes (145 nids), alors que le nombre de nids avait varié entre 93 et 205 nids (tableau 6-4). Malgré cette baisse marquée par rapport aux années 2015 à 2017, le nombre de nids en 2018 demeure supérieur à ceux notés de 2010 à 2014. Ce nombre est également comparable à ce qui avait été observé dans le cours principal de la Romaine en 2003 et en 2004, mais est inférieur au total de 2001 (tableau 6-5).

La frayère aménagée du PK 49 a été la plus utilisée en 2018. Pour sa part, la frayère du PK 51 a connu sa meilleure utilisation en 2018. Les 10 nids y ayant été recensés représentent 14 % du nombre total de nids dans la Romaine. L'utilisation soutenue par le saumon des frayères aménagées depuis leur construction peut s'expliquer par leur localisation près d'un obstacle infranchissable, où le saumon tend à se rendre quand il recherche des habitats de reproduction. Le passage des chutes à Charlie, semblant peu limitant depuis la mise en service du Complexe, l'utilisation importante de ces aménagements était anticipée lors de leur conception, d'autant plus que les habitats de fraie de qualité sont peu nombreux dans la rivière.

Figure 6-2 Répartition des nids de saumon entre 2001 et 2018 à l'échelle du bassin versant de la Romaine et du cours principal de la Romaine



0344_suf6_2_geq_1611_sp_191015.ai

Tableau 6-5 Nids de saumon dénombrés dans les frayères du cours principal de la Romaine entre 2001 et 2018

Année ¹	Frayères naturelles				Frayères aménagées		Total
	PK 34,5	PK 46,2	PK 48,9	PK 51,4	PK 49	PK 51	
2001 ²	96 (66 %)	31 (21 %)	12 (8 %)	7 (5 %)	-	-	146
2003	53 (65 %)	28 (35 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	-	-	81
2004	51 (68 %)	24 (32 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	-	-	75
2010	19 (61 %)	10 (32 %)	2 (6 %)	0 (0 %)	-	-	31
2011	30 (75 %)	10 (25 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	-	-	40
2012	4 (10 %)	32 (82 %)	3 (8 %)	-	-	-	39
2013	39 (62 %)	24 (38 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	-	-	63
2014	23 (44 %)	21 (40 %)	0 (0 %)	s.o. ³	8 (15 %)	0 (0 %)	52
2015	58 (42 %)	31 (22 %)	0 (0 %)	s.o. ³	47 (34 %)	2 (1 %)	138
2016	99 (48 %)	12 (6 %)	3 (1 %)	s.o. ³	86 (42 %)	5 (2 %)	205
2017	35 (38 %)	28 (30 %)	1 (1 %)	s.o. ³	25 (27 %)	4 (4 %)	93
2018	22 (30 %)	16 (22 %)	0 (0 %)	s.o. ³	26 (35 %)	10 (14 %)	74

1 Données antérieures à 2017 disponibles dans GENIVAR (2002), Belles-Isles et coll. (2004) et GENIVAR (2005) pour les années 2001, 2003 et 2004, et dans GENIVAR (2011, 2012a, 2013) puis WSP (2014, 2015, 2016, 2017a, 2019) pour les années 2010 à 2016.

2 Du 26 octobre au 8 novembre, à une température de l'eau variant de 2,3 à 5,5 °C (GENIVAR, 2002).

3 Depuis 2014, la frayère du PK 51,4 n'est plus utilisable en raison de l'aménagement de la centrale de la Romaine-1.

Rivière Puyjalon

Le nombre de nids recensé sur la rivière Puyjalon en 2018 (n = 54) est en baisse par rapport à 2017 (n = 78), qui constituait toutefois une année exceptionnelle. Néanmoins, 2018 se classe au 3^e rang après 2017 et 2010, quant au total de nids le plus élevé (tableau 6-4). L'utilisation relative de ce tributaire par le saumon à l'échelle de l'ensemble du bassin versant de la Romaine en 2018 est assez typique de ce qui est observé depuis le début des décomptes annuels de nids en 2010, à l'exception des années 2015 et 2016, marquées par une utilisation proportionnellement plus faible de ce tributaire, ce qui avait également été observé en 2003 et en 2004.

Rivière Bat-le-Diable

Sur la rivière Bat-le-Diable, le nombre de nids de saumons est passé de 3 à 6 entre 2017 et 2018, mais demeure en deçà de 2016, alors que 17 nids y avaient été dénombrés. Soulignons que la contribution relative de ce tributaire par rapport à l'ensemble du bassin versant de la Romaine a varié entre 2 et 6 % au cours des trois dernières années, après deux années consécutives sans qu'un seul nid n'y ait été recensé. L'absence de nid dans ce tributaire en 2014 et en 2015 pourrait cependant s'expliquer par les activités de pêche rapportées dans le bassin de la Puyjalon au cours de ces deux années (WSP, 2016). La rivière Bat-le-Diable a déjà été un des tributaires les plus utilisés par le saumon avec des proportions de 35 % et de 33 % en 2003 et en 2004, puis de 24 % en 2010 et en 2011 (tableau 6-4). Depuis, 2012, la rivière Bat-le-Diable n'a toutefois jamais contribué pour plus de 10 % de l'ensemble des nids de saumon du bassin versant de la Romaine.

Rivière Allard

L'utilisation de la rivière Allard par le saumon a légèrement baissé en 2018 comparativement à 2017, mais est comparable à ce qui avait été observé en 2015 et 2016. La proportion de nids dans ce tributaire a varié entre 1 et 4 % au cours des quatre dernières années, ce qui est inférieur aux années précédentes. Ce tributaire a cependant toujours été relativement peu utilisé par le saumon (tableau 6-4).

6.2.2.3 Franchissabilité des chutes à Charlie

Pour la cinquième année consécutive, c'est-à-dire depuis que les conditions hydrauliques de la Romaine sont régularisées (2014), plus de la moitié des nids du cours principal de la Romaine ont été dénombrés en amont de la chute à Charlie. En 2018, cette proportion s'élève à 70 %, ce qui représente la plus forte proportion en conditions aménagées. En conditions naturelles, une contribution supérieure à 40 % ne s'était produite qu'une seule fois sur les sept années pour lesquelles des données sont disponibles entre 2001 et 2013, soit en 2012 (tableau 6-5, figure 6-2).

Depuis 2014, le débit de la Romaine est régularisé pendant la période de montaison du saumon. En 2018, le débit enregistré au PK 46 (station ROMA0944) s'est généralement maintenu entre 200 et 300 m³/s pendant la montaison (entre la mi-juillet et le début septembre, voir chapitre 3), alors qu'un groupe T/A était en fonction la plupart du temps. Quelques pointes de débit ont dépassé 300 m³/s pendant cette période sans toutefois atteindre 400 m³/s (annexe A1-3). Le débit a donc été propice au franchissement des chutes à Charlie pendant pratiquement toute la période de montaison, ce qui pourrait expliquer la proportion de nids particulièrement élevée en amont de cette chute en 2018. Rappelons que les chutes à Charlie étaient, dans l'étude d'impact, considérées franchissables avec réserve par le saumon à des débits compris entre 250 et 350 m³/s (GENIVAR, 2007; 2012a). La répartition des nids en 2014 suggère également que cet obstacle est franchissable à des débits plus faibles, de l'ordre de 200 m³/s (WSP, 2015).

Les observations colligées depuis 2014 corroborent les prévisions de l'étude d'impact à l'effet qu'il pourrait y avoir une plus grande proportion de nids de fraie en amont des chutes à Charlie avec l'exploitation du Complexe de la Romaine, en raison des débits d'exploitation qui rendent les chutes à Charlie franchissables plus régulièrement et fréquemment qu'en conditions naturelles (Hydro-Québec, 2007). L'obstacle demeure toutefois toujours important et la frayère au PK 34,5 continue d'être utilisée de façon soutenue depuis 2014.

6.2.2.4 Estimation du nombre de nids avec œufs

Comme mentionné précédemment, le nombre de nids fouillés a été réduit à un sur trois en 2018 comparativement à un sur deux au cours des deux années précédentes. Ainsi, sur les 74 nids dénombrés sur le cours principal de la Romaine, 24 ont été fouillés. Quatre des neuf nids recensés dans les rivières Bat-le-Diable et Allard ont également été fouillés pour un total de 28 nids fouillés. Les conditions de fouille étaient toutefois plus difficiles sur la Puyjalon en raison de la vitesse élevée du courant au moment du décompte. Aucun nid n'a donc été fouillé sur ce tributaire. À l'échelle du bassin versant de la Romaine, c'est ainsi 28 nids qui ont été fouillés sur les 137 nids dénombrés (20 %).

Comme lors des deux années précédentes, les nids ont d'abord été fouillés selon le même protocole que celui utilisé depuis 2010 (ci-après « fouilles de base ») pour y vérifier la présence d'œufs de saumon. En absence d'œufs, des fouilles en profondeur étaient également réalisées, comme en 2016 et en 2017, afin de vérifier la présence d'œufs enfouis plus profondément dans le substrat.

Parmi les 28 nids fouillés, la fouille de base a permis d'apercevoir des œufs dans seulement deux cas, soit une proportion de 7,1 % (tableau 6-6). En considérant uniquement les 24 nids fouillés dans la Romaine, aucun ne contenait toutefois des œufs en surface. Les observations faites par l'équipe de terrain soulignent d'ailleurs que les œufs dans les nids de saumon de la Romaine

étaient généralement enfouis à une plus grande profondeur en 2018 (Dominick Cuerrier, observ. pers.). Ainsi, les fouilles de base, plus près de la surface, n'ont pas donné un portrait réaliste de la proportion de nids avec œufs en 2018 contrairement à 2016 et à 2017. Il est possible que cette particularité s'explique par un délai plus important qu'à l'habitude entre le moment de la fraie du saumon et le moment du décompte de nids, ce qui aurait augmenté la proportion d'œufs superficiels mangés ou déplacés par le courant. Dans ce contexte, la proportion de nids contenant des œufs près de la surface du substrat (fouilles de base) peut difficilement être comparée avec les résultats obtenus lors des années antérieures.

Tableau 6-6 Pourcentage de nids contenant des œufs lors des dénombrements des nids de fraie

Paramètre	Décompte de nids de fraie										
	1999 ¹	2001 ²	2010 ³	2011 ³	2012 ³	2013 ³	2014 ³	2015 ³	2016 ³	2017 ³	2018 ³
Total de nids (N)	74	130	116	136	87	112	72	151	273	181	137
Fouilles de base											
Nids fouillés (N)	62	82	21	23	8	16	10	31	116	47	28
Nids fouillés avec œufs (N)	16	24	9	10	3	3	2	8	51	19	2
Fouilles profondes ⁴											
Nids fouillés (N)	-	-	-	-	-	-	-	-	50	28	25
Nids fouillés avec œufs (N)	-	-	-	-	-	-	-	-	6	6	5
% de nids avec œufs	25,8	29,3	42,9	43,5	37,5	18,8	20,0	25,8	50,7⁵ (44,0)	53,2⁵ (40,4)	25,7⁵ (7,1)

1 La fouille des nids de 1999 comprend l'ensemble des rivières Allard, Bat-le-Diable, Puyjalon et Romaine (Fontaine et coll., 2000).

2 La fouille de nids ne comprend que le cours principal de la rivière Romaine (GENIVAR, 2002).

3 Les fouilles de nids pour 2010 à 2018 comprennent les frayères sélectionnées du cours principal de la Romaine ainsi que celles des rivières Allard, Bat-le-Diable et Puyjalon (GENIVAR, 2011; 2012a; 2013; WSP, 2014; WSP, 2015; WSP, 2016; WSP, 2017a, 2019 et la présente étude).

4 Les fouilles profondes sont faites parmi les nids ayant d'abord fait l'objet d'une fouille normale (sans œufs).

5 Comprend deux fouilles, soit la fouille de base correspondant à la méthode utilisée les années précédentes et la fouille plus en profondeur. La proportion de nids avec œufs est calculée en extrapolant la proportion de fouilles profondes avec œufs à l'ensemble des nids fouillés sans œufs lors de la fouille normale. La proportion de nids avec œufs tenant compte de la fouille de base uniquement est présentée entre parenthèses.

Parmi les 25 nids ayant fait l'objet d'une fouille plus en profondeur, des œufs ont été découverts dans cinq d'entre eux (20 %). En appliquant cette proportion à tous les nids sans œufs en surface et en tenant également compte de ceux contenant des œufs en surface, on obtient une proportion ajustée de nids contenant des œufs de 25,7 % en 2018. En se basant sur ces données, le nombre estimé de nids avec œufs en 2018 est de 35.

En 2018, la proportion de nids contenant des œufs (en incluant les fouilles profondes) est environ deux fois plus faible que celle obtenue en 2016 et en 2017 (tableau 6-6). Elle est toutefois du même ordre qu'en 1999 et en 2001 et de 2013 à 2015, mais dans ces cas, les nids n'avaient pas fait l'objet d'une fouille plus en profondeur.

Il est généralement reconnu que les conditions environnementales (conditions de débit, de température, de compétition, etc.) peuvent affecter le comportement des saumons et influencer le nombre de nids avec œufs. Par exemple, des variations de débit peuvent faire abandonner un nid fraîchement creusé par une femelle avant que la ponte n'ait lieu.

Enfin, rappelons que lors de la fouille de certains nids dans le cours principal de la Romaine, des œufs ont été amassés et acheminés vers la pisciculture de la SSRR, en vue de réaliser des analyses génétiques au printemps 2019 sur les œufs ayant atteint le stade oeillé. Ces nids sont identifiés sur les cartes de l'annexe 18. Un total de 16 œufs a été amassé dans un des nids de la

frayère du PK 34,5, dont 13 étaient toujours vivants à la pisciculture à la fin novembre. Des œufs ont également été prélevés dans deux nids de la frayère aménagée du PK 49 (13 et 23 œufs respectivement). Un total de 10 œufs issus des deux nids de cette frayère (6 et 4 œufs respectivement) étaient encore vivants à la fin novembre.

6.2.2.5 Estimation du nombre de nids par femelle

En couplant les résultats des décomptes annuels de nids dans le bassin versant de la Romaine à ceux des dénombrements de saumons en montaison au PK 7,3 (chapitre 3), il est possible d'estimer le nombre de nids par femelle pour les années 2010, 2013, 2015 et 2018. Le nombre de femelles parmi les saumons en montaison est obtenu à l'aide des proportions de femelles proposées par Fontaine et coll. (2000) pour la rivière Romaine, soit 5 % et 50 % respectivement pour les madeleineaux et les rédibermarins.

Le nombre de nids par femelle est demeuré constant avec des valeurs comprises entre 2,2 et 2,6 nids par femelle (tableau 6-7), sauf en 2010 où le ratio est plus élevé (6,3 nids par femelle). Rappelons cependant qu'en 2010, la montaison avait été sous-estimée en raison de problématiques d'étanchéité de la barrière (GENIVAR, 2011), alors qu'il s'agissait de sa première année d'utilisation. L'estimation du nombre de nids par femelle pour 2010 s'en trouve ainsi surévaluée.

Tableau 6-7 Estimation du nombre de nids par femelle pour les années où les montaisons ont été comptabilisées au PK 7,3 de la Romaine

Année	Saumons en montaison dénombrés au PK 7,3	Proportion de la montaison selon le groupe d'âge (%)		Estimation du nombre de femelles en montaison ¹	Nids de saumons dénombrés (bassin versant)	Nombre de nids par femelle
		Rédibermarin	Rédibermarin			
2010	53 ²	34	66	18	116 ³	6,3
2013	142	30	70	52	112	2,2
2015	172	35	65	59	151 ⁴	2,6
2018	164	39	61	53	137	2,6

1 D'après les proportions de femelles selon les groupes d'âge proposées pour la rivière Romaine par Fontaine et coll. (2000), soit 5 % de femelles chez les madeleineaux et 50 % de femelles chez les rédibermarins.

2 Cette estimation doit être considérée comme un minimum.

3 Rivière Allard non inventoriée en 2010.

4 Décompte partiel dans la rivière Allard en 2015.

6.2.2.6 Analyses génétiques sur les œufs prélevés dans les frayères de la Romaine

Parmi les œufs prélevés dans trois nids de la Romaine à l'automne 2018, seize ont éclos à la pisciculture de la SSRR au printemps 2019. Ainsi, onze alevins issus d'un nid de la frayère naturelle du PK 34,5 et cinq alevins provenant de deux nids de la frayère aménagée du PK 49 ont fait l'objet d'analyses génétiques au laboratoire du Dr Louis Bernatchez de l'Université Laval à l'automne 2019. Ces analyses ont permis d'identifier une femelle et trois mâles géniteurs pour chacune des frayères (Piette-Lauzière et coll., 2019). Les analyses effectuées indiquent également que ces géniteurs ne sont pas des descendants des alevins ensemencés par la SSRR dans le bassin de la Romaine depuis 2015.

7. Échouage des saumons juvéniles

L'objectif spécifique de cette activité est de :

- vérifier si des saumons juvéniles s'échouent ou demeurent prisonniers de cuvettes dans les secteurs exondés de la Romaine à la suite du passage de deux à un groupe T/A à la centrale de la Romaine-1.

Ce suivi vise donc les sites où la baisse du niveau d'eau de la Romaine consécutive au passage de deux à un groupe T/A à la centrale de la Romaine-1 entraîne l'exondation de zones peu profondes ou encore la formation de cuvettes. Ce suivi doit ainsi être réalisé après l'utilisation prolongée de deux groupes T/A à la station de la Romaine-1, suivie par l'arrêt d'un groupe T/A et le maintien de ces conditions pendant un minimum d'environ deux jours, afin que la diminution du niveau d'eau de la Romaine atteigne les secteurs aval de la rivière.

En 2018, le suivi de l'échouage devait être réalisé à deux reprises, à des moments où les saumons juvéniles ont une capacité natatoire plus réduite et sont donc plus vulnérables à l'échouage, soit rapidement après l'émergence des alevins (début de l'été) et à partir du moment où la température de l'eau s'abaisse sous les 8 °C, se traduisant par un ralentissement métabolique chez les saumons juvéniles (milieu de l'automne).

Cette activité n'a cependant pas pu être réalisée en 2018 puisque la gestion des débits à la centrale de la Romaine-1 n'a pas permis que les conditions recherchées soient rencontrées. En effet, un seul groupe T/A a généralement été en fonction entre le début de l'été et la mi-novembre. À plusieurs reprises pendant cette période, un second groupe T/A est brièvement entré en fonction. La période d'utilisation du second groupe T/A était toutefois généralement trop courte pour influencer le niveau d'eau de la Romaine sur une grande distance vers l'aval. La figure jointe à l'annexe A1-3 illustre bien le caractère ponctuel de l'utilisation d'un deuxième groupe T/A à la centrale de la Romaine-1. L'utilisation d'un second groupe T/A a en effet rarement permis d'atteindre un débit de 400 m³/s au PK 46 pourtant situé près de la centrale. Lorsqu'un débit de 400 m³/s a été atteint, celui-ci n'a été conservé que pour une très courte période.

8. Survie des embryons

L'objectif spécifique de cette activité est de :

- évaluer la survie des embryons de saumon entre la fécondation des œufs et leur éclosion dans les quatre frayères de la Romaine (naturelles et aménagées).

Pour ce faire, des embryons insérés dans des capsules d'incubation sont disposés dans les frayères et leur éclosion est vérifiée au printemps. L'implantation des embryons dans les frayères a été réalisée à l'automne 2018, mais ce n'est qu'au printemps 2019, après le retrait des capsules, que les résultats seront connus. Dans ce contexte, le présent chapitre détaille essentiellement la méthodologie entre la création des lignées parentales et l'implantation des œufs fécondés dans les frayères.

8.1 Matériel et méthode

La méthode des capsules d'incubation développée par Dumas et Marty (2006) a été retenue pour évaluer la survie des embryons de saumon sur les deux principales frayères du cours principal de la Romaine. Cette technique a été utilisée avec succès sur les principales frayères de la Romaine en 2010-2011 (PK 46,2; GENIVAR, 2012a), en 2012-2013 (PK 34,5 et 46,2; WSP, 2014) et en 2016-2017 (PK 34,5, 46,2, 49 et 51; WSP, 2019). L'approche consiste à introduire des capsules contenant des œufs fécondés de saumon dans des frayères, dans un substrat ayant les caractéristiques physiques d'un nid de fraie naturel. Cette méthode présente l'avantage de peu perturber le substrat lors de la mise en place des capsules et d'être facile à mettre en œuvre (Dumas et coll., 2007).

Dans l'ensemble, la même méthode que celle utilisée lors des suivis antérieurs a été appliquée en 2018, incluant les ajustements suivants intégrés graduellement depuis le premier suivi en 2010-2011 :

- les capsules d'incubation sont fixées à des supports métalliques en forme de cage contenant chacun six capsules plutôt que d'être enfouies individuellement dans les nids artificiels (depuis le suivi de 2012-2013);
- un réseau de câbles pour faciliter la récupération des supports à capsules de la frayère du PK 34,5, plus profonde, était à nouveau prévu en 2018-2019 (depuis le suivi de 2012-2013);
- le suivi de la survie des embryons est prévu dans les deux principales frayères naturelles de la Romaine (PK 34,5 et 46,2), ainsi que dans les deux frayères aménagées par Hydro-Québec en 2014 (PK 49 et 51) (depuis le suivi 2016-2017);
- les œufs fécondés ont été transportés plus rapidement vers Havre-Saint-Pierre, soit en avion plutôt qu'en camion (depuis le suivi 2016-2017);
- 12 lignées parentales distinctes sont utilisées plutôt que 6 et il n'y a pas de réplica des lignées parentales sur chacun des îlots, mais plutôt une seule capsule de chaque lignée parentale par îlot (depuis le suivi 2016-2017);
- les œufs des groupes témoins des 12 lignées parentales sont incubés à l'incubateur de la SSRR en bordure de la rivière Romaine.

Il est à préciser que les conditions climatiques extrêmes qui prévalaient à l'automne 2018 au moment de l'implantation des capsules d'embryons dans les frayères de la Romaine rendaient les travaux sur la frayère du PK 34,5 non sécuritaires. Rappelons que l'implantation des embryons sur cette frayère plus profonde doit être réalisée en plongée non autonome avec alimentation en surface. Or, la température de l'air avoisinait -8 °C au moment de l'implantation (16 novembre) menaçant de faire geler l'équipement de plongée de surface, notamment les ombilicaux assurant l'apport d'air aux plongeurs. Dans ce contexte, les capsules d'embryons destinées à la frayère du PK 34,5 ont plutôt été distribuées sur les trois autres frayères à l'étude, à raison d'un îlot additionnel par frayère (quatre îlots plutôt que trois).

8.1.1 Capsules d'incubation et support

Les capsules d'incubation sont des tubes en grillage d'acier inoxydable de 1,5 mm de vide de maille, de 9 cm de longueur et de 1,4 cm de diamètre (annexe 4, photo 25). Un bouchon ferme chacune des extrémités, celui du dessus étant fileté pour permettre son ouverture.

Pour simplifier les opérations d'implantation et de récupération des capsules dans les nids artificiels, celles-ci sont fixées à un support semblable à une cage et pouvant contenir jusqu'à six capsules. L'utilisation de supports à capsules offre également l'avantage de minimiser le risque de perte de matériel, notamment lors des balayages effectués par les saumons femelles en fraie. Ainsi, à l'automne 2018, 144 capsules ont été fixées par groupe de six sur 24 supports à capsules à raison de 2 supports à capsules par îlot et de 4 îlots par frayère, soit 8 supports à capsules par frayère. Rappelons que les capsules contenant les embryons ont été implantées dans seulement trois frayères en 2018, puisque les capsules destinées à la frayère du PK 34,5 ont dû être réparties sur les trois autres frayères.

8.1.2 Approvisionnement en embryons

8.1.2.1 Création des lignées parentales

Quatre femelles (1 à 4) et trois mâles (A, B et C), prélevés dans la rivière Puyjalon par la SSRR (cohortes de 2014 ou 2015) et conservés au LARSA, ont été utilisés pour former 12 lignées parentales d'embryons (œufs fécondés), soit F1A, F1B, F1C, F2A, F2B, F2C, F3A, F3B, F3C, F4A, F4B et F4C.

La fécondation artificielle a eu lieu au LARSA le matin du 15 novembre 2018. Pour l'extraction de la laitance des mâles, l'orifice urogénital a été essuyé et la laitance a été prélevée en exerçant une pression sur les flancs du saumon. La laitance de chaque mâle (A, B et C) a été placée dans des béciers identifiés individuellement. Ces béciers ont été déposés dans une glacière avec de la glace.

Les quatre femelles ont été anesthésiées dans une solution oxygénée de MS-222 à raison de 80 mg de MS-222 par litre d'eau. Leurs œufs ont ensuite été expulsés en exerçant des pressions répétées sur leur abdomen.

Pour la création des différentes lignées parentales, les œufs de la première femelle (F1) ont été séparés en trois lots. La laitance des trois mâles a ensuite été ajoutée à raison d'un seul mâle par lot. Pour assurer la fécondation des œufs, une période d'attente de cinq minutes a été respectée avant d'ajouter de l'eau. Cette première opération a permis d'obtenir trois lignées parentales distinctes (F1A, F1B et F1C). Celles-ci sont dites « demi-frères » puisqu'elles sont toutes issues de la même femelle. Cette procédure a ensuite été répétée pour les trois autres femelles pour créer les neuf autres lignées parentales.

Enfin, une période de durcissement de deux heures a été allouée aux œufs fécondés, ou embryons, afin de les rendre moins fragiles à la manipulation. Les œufs ainsi que les capsules ont ensuite été désinfectés dans une solution d'iode pendant environ 10 minutes.

8.1.2.2 Transport, acclimatation et encapsulation

Les œufs fécondés ont été transportés en avion vers Havre-Saint-Pierre, le même jour que la fécondation, soit le 15 novembre. Ils ont été transportés dans des casiers protégés avec de la gaze, dans une boîte munie de glace, afin d'assurer le maintien d'un milieu saturé d'humidité (100 %) et d'une basse température. Le transport des œufs fécondés a été réalisé conformément aux recommandations du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ, 1999, voir annexe 19).

Une fois arrivés à la station piscicole de la SSRR localisée aux environs du PK 2 de la Romaine (près de la route 138), les œufs ont été graduellement acclimatés à la température de l'eau de la pisciculture. Le changement de température est normalement réalisé à un rythme maximal de 2 °C par heure jusqu'à ce que la température des œufs soit similaire à celle de la Romaine (1 °C d'écart ou moins), conformément aux recommandations du MAPAQ (1999). Une fois acclimatés, les œufs fécondés ont été mis dans un bain de désinfection, puis entreposés temporairement dans les tiroirs de la pisciculture jusqu'au lendemain (annexe 4, photo 26).

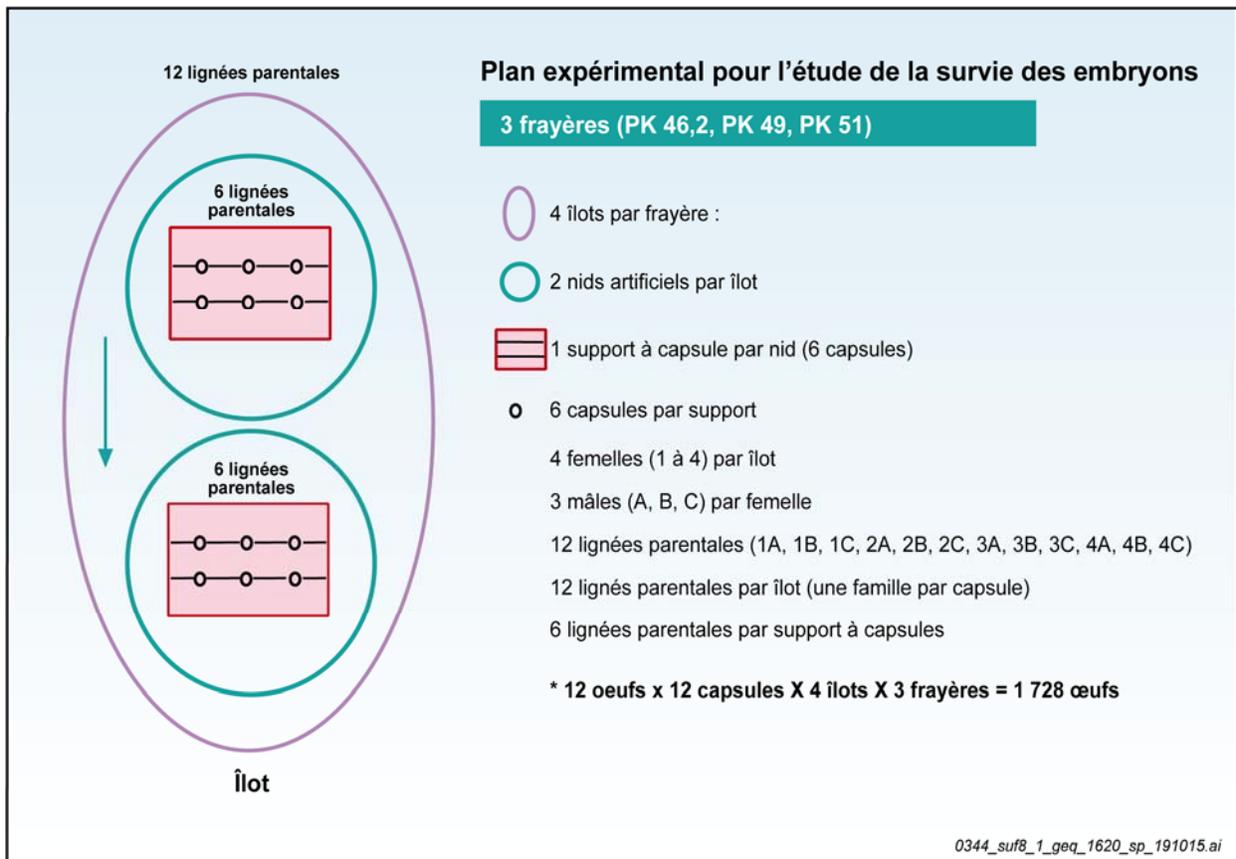
Le matin du 16 novembre, les œufs ont été insérés dans des capsules grillagées (encapsulés), à raison de douze œufs par capsule au moyen d'une pipette. L'encapsulage a été effectué à la pisciculture de la SSRR. Il a été réalisé autant que possible dans l'eau. Par la suite, les capsules ont été transportées par camion dans des glacières, jusqu'au secteur du PK 49 de la Romaine.

À leur arrivée au terrain, les œufs fécondés ont été acclimatés à la température de l'eau de la rivière Romaine et les œufs morts ont été retirés de chacune des capsules. Les capsules contenant les œufs ont ensuite été réparties sur les supports à capsules décrits précédemment, de façon à ce que six lignées parentales différentes soient représentées dans chacun des supports.

8.1.3 Implantation des capsules

8.1.3.1 Plan expérimental

Le plan expérimental pour l'insertion des capsules dans le lit des frayères est présenté à la figure 8-1 ainsi que dans le protocole à l'annexe 19. Dans chacune des capsules, les 12 œufs insérés provenaient d'une seule lignée parentale de façon à ce que six lignées différentes soient représentées dans chacun des supports sans toutefois être mélangées. Les œufs des six autres lignées parentales ont été introduits dans les capsules d'un second support destiné à un même îlot, de façon à ce que chacun des îlots inclue 12 capsules représentant chacune des 12 lignées parentales d'œufs fécondés. Ainsi, le plan expérimental est identique à celui utilisé en 2016-2017 et diffère légèrement de ceux des suivis antérieurs puisque 12 lignées parentales sont utilisées plutôt que six et il n'y a pas eu de réplica de chaque lignée parentale sur chacun des îlots.



Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec : Géomatique, Hydro-Québec Innovation, équipement et services partagés.

Figure 8-1 Plan expérimental pour l'étude de la survie des embryons

Comme mentionné précédemment, la répartition des îlots sur les frayères de la Romaine n'a pas pu être réalisée conformément au plan expérimental en 2018, en raison de l'impossibilité de procéder à l'implantation des capsules sur la frayère du PK 34,5. Ainsi, un îlot additionnel a été aménagé sur chacune des trois autres frayères à l'étude (PK 46,2, PK 49 et PK 51) qui comprend donc quatre îlots distincts plutôt que trois. La position des îlots sur ces trois frayères est précisée sur les cartes 8-1 à 8-3. Sur les trois frayères suivies en 2018-2019, on dénombre donc un total de 12 îlots, 24 supports à capsules et 144 capsules (12 de chaque lignée parentale) et 1 728 œufs fécondés.



	Frayère
	îlot
Équipement	
	Support à capsules
Autre	
	Sens de l'écoulement

Complexe de la Romaine
 Suivi environnemental 2018
 en phase exploitation
 Suivi de la population de saumon atlantique

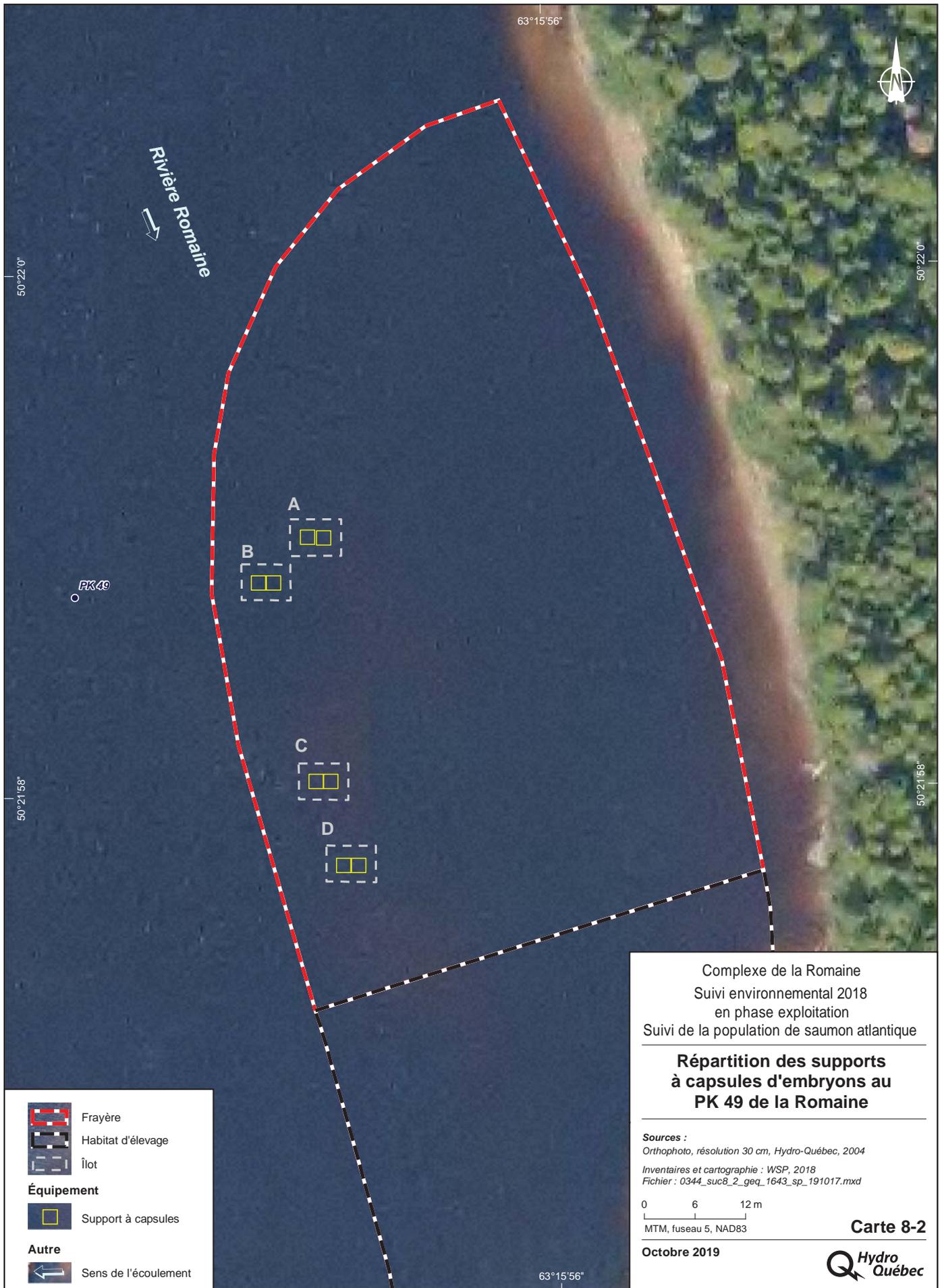
**Répartition des supports
à capsules d'embryons
au PK 46,2 de la Romaine**

Sources :
 Orthophoto, résolution 30 cm, Hydro-Québec, 2004

0 5 10 m
 MTM, fuseau 5, NAD83

Carte 8-1
 Octobre 2019





63°16'0"



Rivière Romaine

50°22'59"

50°22'59"

50°22'58"

50°22'58"



Complexe de la Romaine
Suivi environnemental 2018
en phase exploitation
Suivi de la population de saumon atlantique

**Répartition des supports
à capsules d'embryons au
PK 51 de la Romaine**

Sources :
Orthophoto, résolution 30 cm, Hydro-Québec, 2004
Inventaires et cartographie : WSP, 2018
Fichier : 0344_suc8_3_geq_1644_sp_191017.mxd

0 3,5 7 m
MTM, fuseau 5, NAD83

Carte 8-3

Octobre 2019



Équipement



Autre



63°16'0"

8.1.3.2 Piquage et mortalité post-fécondation

Un piquage systématique des œufs morts dans les capsules a été réalisé à leur arrivée au terrain le 16 novembre. De plus, lorsque des œufs morts étaient observés dans les capsules au moment de l'implantation, leur nombre était noté sans toutefois qu'ils soient retirés des capsules.

Le taux de mortalité post-fécondation est directement relié à la fécondité des géniteurs. En effet, dans les 24 heures suivant la fécondation, les œufs non fécondés meurent. Les pourcentages de mortalités des embryons issus des différentes femelles mettent en évidence les individus moins féconds. Le taux de mortalité post-fécondation des œufs est évalué de la façon suivante :

$$MPF_{\text{œufs}} = (N \text{ d'œufs morts} / N \text{ d'œufs total}) * 100$$

où :

MPF = mortalité post-fécondation

N = nombre d'œufs

8.1.3.3 Implantation

Sur chacun des douze îlots répartis dans les frayères des PK 46,2, 49 et 51, l'aménagement de deux nids artificiels et l'implantation dans chacun d'un support contenant six capsules avec les œufs fécondés ont été réalisés le 16 novembre 2018, soit le lendemain de la fécondation des œufs. Les supports à capsules ont été enfouis à environ 20 cm sous la surface des frayères (annexe 4, photos 27 et 28). Ils étaient tous en place dans les frayères de la Romaine moins d'une journée et demie après la fécondation des œufs (délai maximal d'environ 32 heures).

Un nid artificiel est une dépression d'environ 30 cm de profondeur sur 75 cm de largeur creusée à la main dans le substrat de la frayère (GENIVAR, 2012c). Les matériaux excavés sont disposés légèrement en aval de la dépression. Une fois creusée, la dépression est remplie à nouveau à l'aide d'une pelle à main en imitant les mouvements de queue que ferait une femelle saumon lors de l'aménagement de son nid. La plus grande partie des matériaux utilisés provient de l'amont de la dépression, bien qu'une partie du substrat préalablement déplacé vers l'aval lors du creusement ait été récupérée pour uniformiser la surface. Une grande proportion des particules fines est emportée par le courant alors que les matériaux grossiers se concentrent dans la dépression. Ceci a donc pour effet de nettoyer le substrat de ses particules fines, imitant ainsi le comportement des saumons femelles. Une fois l'aménagement complété, chaque nid artificiel est caractérisé par une dépression en amont et un bourrelet en aval comme un nid naturel de saumon.

8.1.4 Retrait des capsules

Selon le protocole, les capsules doivent être retirées du substrat au printemps 2019, au moment où environ 50 % des embryons ont éclos. Une prévision de la date cible est réalisée par le calcul du nombre de degrés-jours en rivière grâce aux données recueillies au moyen du thermographe installé au PK 46 (ROMA0944).

Pour le calcul du développement des embryons jusqu'à l'éclosion, l'équation de Crisp (1981), ajustée pour de basses températures par Wallace et Heggberget (1988), est utilisée. L'équation s'exprime comme suit :

$$\text{Log } D = (-2,6562 \text{ Log } (T + 11)) + 5,1908$$

où :

D = durée de l'incubation en jours (j) jusqu'à 50 % d'éclosion

T = température de l'eau en degré Celsius (°C)

L'implantation relativement tardive des œufs en 2018 de même que le régime thermique désormais modifié de la Romaine affecteront le moment d'éclosion des œufs. En utilisant les températures enregistrées au PK 46 à l'automne 2018 à partir du 16 novembre, de même que celles de l'hiver et du printemps 2018, la date où environ 50 % des œufs auraient éclos est estimée de façon préliminaire au 26 mai 2019. Cette date sera révisée au printemps 2019 en tenant compte des températures de l'eau de l'hiver et du printemps 2019 au PK 46 de la Romaine.

L'évolution des degrés-jours sera également mise en parallèle avec les observations à la station piscicole de la SSRR. Le moment de l'éclosion des groupes témoins pourra en effet aussi influencer la date ciblée pour le retrait des dispositifs d'incubation.

Afin de faciliter le repérage des supports à capsules au moment de leur retrait, ceux-ci ont tous été équipés d'un transpondeur passif de 32 mm similaire à ceux utilisés pour le suivi de l'entraînement des juvéniles.

8.2 Résultats préliminaires

8.2.1 Débit et température de l'eau

Au moment de l'implantation des embryons fécondés dans les frayères de la Romaine le 16 novembre 2018, la température journalière moyenne de l'eau au PK 46 (station ROMA0944) était de 3,9 °C. Rappelons cependant que la température de l'air était très basse pendant les travaux de terrain (environ - 8 °C), rendant non sécuritaire la plongée avec alimentation de surface sur la frayère du PK 34,5. Heureusement, le débit relativement faible (environ 150 m³/s au PK 46) a permis que les embryons soient implantés en apnée sur les trois autres frayères.

8.2.2 Mortalité post-fécondation

Le pourcentage moyen de mortalité post-fécondation (environ 24 heures après la fraie) en incluant les mortalités retirées des capsules ainsi que les mortalités observées juste avant l'implantation des capsules (non retirées) pour chaque lignée parentale a varié entre 27,8 et 65,3 % pour une moyenne de 53,6 % (tableau 8-1). Ce sont les lignées parentales « demi-frères » issues de la femelle 1 qui affichent la mortalité post-fécondation la plus faible avec 36,3 % en moyenne, ce qui est significativement différent de la mortalité post-fécondation observée chez les trois autres femelles (58,8 % à 60,2 %).

8.2.3 Implantation dans les frayères

Les données brutes relatives au nombre d'embryons vivants enfouis dans les frayères sont présentées à l'annexe 20 et résumées au tableau 8-2. Au total, 144 capsules contenant 801 embryons vivants ont ainsi été enfouies dans les trois frayères à l'étude le 16 novembre.

Tableau 8-1 Mortalité post-fécondation (24 heures après la fraie) des œufs implantés dans les frayères de la Romaine le 16 novembre 2018

Lignée parentale	Mortalité post-fécondation (%)
1A	27,8 ^f
1B	38,9 ^{ef}
1C	42,4 ^{def}
2A	57,6 ^c
2B	61,8 ^c
2C	56,9 ^{cd}
3A	62,5 ^c
3B	63,2 ^c
3C	52,1 ^{cde}
4A	65,3 ^a
4B	53,5 ^{cde}
4C	61,8 ^c
Moyenne (femelle 1)	36,3 ^b
Effectif (capsules)	36
Écart type	22,6
Médiane	33,3
Moyenne (femelle 2)	58,8 ^a
Effectif (capsules)	36
Écart type	16,7
Médiane	58,3
Moyenne (femelle 3)	59,3 ^a
Effectif (capsules)	36
Écart type	16,3
Médiane	58,3
Moyenne (femelle 4)	60,2 ^a
Effectif (capsules)	36
Écart type	16,8
Médiane	58,3
Moyenne (4 femelles)	53,6
Effectif (capsules)	144
Écart type	20,7
Médiane	58,3

* Des comparaisons statistiques ont été effectuées entre les lignées parentales puis entre les femelles et des lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$) entre les valeurs obtenues pour chaque groupe (a-b pour les comparaisons de femelles, c-h pour celles de lignées).

Tableau 8-2 Nombre d'embryons vivants implantés dans les frayères de la Romaine en 2018.

Fraysère	Îlot	Nombre de capsules	Nombre d'embryons vivants
PK 46,2 (naturelle)	A	12	76
	B	12	79
	C	12	76
	D	12	64
<i>Sous-total</i>		48	295
PK 49 (aménagée)	A	12	63
	B	12	77
	C	12	62
	D	12	35
<i>Sous-total</i>		48	237
PK 51 (aménagée)	A	12	48
	B	12	73
	C	12	79
	D	12	69
<i>Sous-total</i>		48	269
Total		144	801

1 Voir cartes 8.1 à 8.3 pour la localisation des îlots.

9. Conclusion

Depuis 2014, toutes les phases du cycle vital en eau douce de la population de saumon atlantique du cours principal de la Romaine sont dorénavant sous l'influence des aménagements hydroélectriques du complexe de la Romaine. Les indicateurs retenus pour suivre l'état de la population de saumon du cours principal de la Romaine sont non seulement influencés par la modification de ses régimes hydrologique et thermique, mais aussi par les aménagements de frayères et d'aires d'alimentation réalisés entre les PK 49 et 51, de même que par les activités de restauration (ensemencements d'alevins) entreprises par la SSRR.

La chronologie de la dévalaison des smolts en 2018 montre un patron atypique similaire à ceux observés depuis 2015, avec l'absence de pics marqués d'abondance et un prolongement de la dévalaison jusqu'à la mi-juillet. En 2018, la dévalaison au PK 5 de la Romaine a cependant été encore plus tardive qu'au cours des trois années précédentes et le nombre de smolts capturés a été particulièrement faible. La température de l'eau basse au printemps 2018 et les difficultés techniques associées à l'opération des trappes au PK 5 de la Romaine (débit élevé, présence d'algues à la dérive) sont les principaux facteurs expliquant ces deux particularités. Les résultats des analyses génétiques indiquent à nouveau une nette dominance des smolts issus de l'affluent Puyjalon (79 %) parmi les smolts capturés au PK 5 de la Romaine. Contrairement à 2017, aucun des smolts analysés en 2018 ne provenait des ensemencements réalisés par la SSRR depuis 2015.

Pour la deuxième année consécutive, un filet-trappe de type chalut a également été installé dans la rivière Puyjalon en 2018. Les captures de smolts y ont été beaucoup plus nombreuses qu'au PK 5 de la Romaine. À l'instar de ce qui a été observé dans la Romaine, on note également un décalage dans le moment de la dévalaison des smolts dans la Puyjalon vraisemblablement lié à une température printanière de l'eau basse.

L'analyse des smolts capturés en 2018 montre qu'ils continuent d'afficher une croissance plus rapide dans le cours principal de la Romaine que dans le bassin de la Puyjalon et qu'ils smoltifient plus rapidement (âges moyens à la smoltification de 2,35 ans et de 2,62 ans respectivement). Les spécimens de la population Romaine sont ainsi plus grands à 2 ans que ceux de la Puyjalon à 3 ans. La meilleure croissance apparente dans la Romaine peut être liée à une plus faible densité, car les saumons des deux rivières soumis aux mêmes conditions d'élevage en laboratoire montrent un patron de croissance contraire.

La longueur rétrocalculée au stade alevin pour les smolts ayant dévalé à 2 ans en 2018 est en hausse pour les deux sous-populations par rapport aux cohortes précédentes qui affichaient plutôt une tendance à la baisse. La longueur rétrocalculée au stade de tacons d'un an continue par ailleurs d'afficher une tendance à la hausse, et ce, pour les deux rivières.

La population de smolts du bassin versant de la Romaine a été évaluée à 11 721 spécimens et celle du cours principal de la Romaine à 2 437 spécimens, tous issus de la reproduction naturelle. Les résultats de 2018 confirment la tendance à la baisse observée depuis 2014 pour la population de smolts issue du cours principal de la rivière Romaine. Trois facteurs ou cofacteurs pourraient expliquer la baisse observée du nombre de smolts :

- les modifications au régime thermique de la Romaine depuis 2014;

- la présence accrue d'algues dans les habitats du saumon;
- la gestion des débits à l'aval de la centrale de la Romaine-1.

La modification du régime thermique avait été anticipée à l'étude d'impact. Bien que ce facteur puisse affecter la croissance des juvéniles, il ne peut à lui seul expliquer la baisse observée du nombre de smolts en dévalaison. D'ailleurs, aucun résultat des suivis menés depuis 2015 n'indique que ce facteur puisse en être la cause.

Pour ce qui est de l'augmentation de la quantité d'algues en aval de la centrale de la Romaine-1, celle-ci n'avait pas été anticipée lors de l'étude d'impact. Ce phénomène est vraisemblablement temporaire et lié à la mise en eau des réservoirs. Les techniciens au terrain ont constaté un pic d'abondance en 2016 puis une baisse en 2017 et à l'été 2018, suivie d'une nouvelle hausse à l'automne 2018. Quelques recherches menées auprès de techniciens d'expérience ayant travaillé au complexe La Grande corroborent cette hypothèse. En 2015 et en 2016, on attribuait une partie de la baisse du nombre de smolts à ce phénomène qui causait également des difficultés d'échantillonnage.

En ce qui concerne la gestion des débits à l'aval de la Romaine-1, une analyse détaillée du patron de gestion de l'eau depuis la mise en service du complexe montre qu'à partir de décembre 2016, l'amplitude et la fréquence des variations de débit ont augmenté par rapport aux années précédentes, bien que les valeurs minimales de débit réservé aient été respectées. Ces augmentations s'expliquent notamment par le fait qu'on ait fréquemment eu recours aux valeurs de débits réservés, principalement durant la période hivernale, afin d'assurer des réserves suffisantes pour supporter le débit réservé en fin d'hiver, d'optimiser la production d'énergie ou encore de préserver les réserves disponibles pour la demande énergétique. Suite aux résultats de la présente étude, des ajustements ont été apportés par Hydro-Québec à l'automne 2018 aux directives d'exploitation de la centrale de la Romaine-1 afin de réduire l'amplitude et la fréquence des variations de débit en hiver.

En 2018, la montaison de saumons adultes dans la Romaine est estimée à 164 individus au droit de la barrière de dénombrement installée au PK 7,3. Aucune information sur des captures liées à la pêche de subsistance en aval de la barrière n'est disponible afin de préciser la montaison totale. De plus, il est possible qu'un petit nombre de saumons ait traversé la barrière à des moments où elle n'était pas parfaitement étanche, soit à la fin juin ou encore après le début du démantèlement de la barrière le 28 août. Néanmoins, le nombre de saumons comptés fournit un portrait réaliste de la montaison totale de saumon en 2018.

Comparativement aux montaisons de 2010, 2013 et 2015, également évaluées à l'aide de la barrière de comptage au PK 7,3 de la rivière, la montaison de 2018 s'est produite plus tardivement. Un petit décalage avait déjà été observé en 2015, première année où le suivi de la montaison était réalisé en conditions aménagées, mais ce dernier a été beaucoup plus marqué en 2018 avec une majorité des montaisons enregistrées entre le 15 juillet et le 15 août. Ce décalage d'environ deux semaines dans la période de montaison découle notamment de la température de l'eau plus basse en 2018. Quant à la proportion de madeleineaux parmi les saumons en montaison, elle s'élève à 39 %, ce qui est légèrement supérieur aux suivis précédents.

Le suivi de détection télémétrique au PK 49 s'est poursuivi en 2018 et 110 transpondeurs passifs ont été implantés sur des juvéniles de saumon. Comme mentionné précédemment, les résultats de cette activité feront l'objet d'un rapport séparé de l'INRS-ETE.

Le nombre de juvéniles recensés sur les aménagements visant à favoriser la croissance et la survie des saumons juvéniles a été particulièrement faible en 2018, confirmant la tendance à la baisse observée depuis le premier décompte en 2015. Les densités ont cependant toujours été faibles dans ces habitats. Il est possible également que la gestion hivernale des débits en 2016 et 2017 ait pu affecter l'abondance des juvéniles dans ces habitats qui sont localisés près de la centrale de la Romaine-1 et donc les plus influencés par des fluctuations de niveau d'eau et de vitesse.

Comme observé lors des suivis précédents, les habitats aménagés étaient à nouveau partiellement recouverts de sable lors du suivi de la fin de l'été 2018. Sur l'aire d'élevage du PK 51, soit l'aménagement le plus ensablé depuis 2016, le recouvrement en sable était plus marqué en 2018 qu'au cours des deux années précédentes, avec un recouvrement moyen de plus de 50 %. Une tendance à la hausse est également observée au niveau de la frayère du PK 49, localisée notamment à proximité de la rive. À l'inverse, une légère amélioration a été notée sur l'aire d'élevage amont du PK 49, mais ce site a toujours présenté un recouvrement en sable très faible (< 5 %). Le substrat sur la frayère aménagée au PK 51 n'a pu être caractérisé en 2018 en raison de contraintes logistiques.

Comme au cours des deux années précédentes, le saumon a frayé un peu plus tardivement qu'en conditions naturelles dans le cours principal de la Romaine, soit vers la fin octobre et le début novembre. La période de fraie s'est également prolongée jusqu'au début novembre dans le cours principal de la Puyjalon, alors qu'elle était déjà complétée dans les rivières Allard et Bat-le-Diable.

L'inventaire des nids de fraie à l'automne a permis d'en compter 137 dans le bassin versant de la Romaine, soit 74 dans le cours principal et 63 dans la Puyjalon et ses tributaires. Il s'agit de la deuxième année consécutive où on assiste à une diminution du nombre de nids de saumon dans le bassin versant de la Romaine, mais le total se compare néanmoins avantageusement aux recensements réalisés entre 2010 et 2014. En considérant les montaisons comptabilisées au PK 7,3 et en estimant le nombre de femelles parmi celles-ci, il est possible d'estimer que 2,6 nids par femelles ont été creusés en 2018, ce qui est comparable aux années précédentes. Comme c'est le cas chaque année depuis que le régime hydrologique de la Romaine est influencé par les installations hydroélectriques, plus de la moitié des nids de saumons du cours principal de la Romaine ont été recensés en amont des chutes à Charlie, ce qui suggère que le régime de débit mis en place depuis 2014 favorise le franchissement de cet obstacle par les saumons adultes. En 2018, près de la moitié des nids du cours principal ont été recensés sur les frayères aménagées des PK 49 et 51, ce qui constitue la plus grande proportion enregistrée jusqu'ici pour ces habitats.

Des embryons de saumon ont été implantés dans les frayères de la Romaine à l'automne 2018. En raison des conditions météorologiques particulièrement difficiles au moment de l'implantation des embryons à la mi-novembre, aucun embryon n'a cependant été enfoui dans la frayère naturelle du PK 34,5, contrairement à ce que prévoyait le plan expérimental. Les 144 capsules contenant les œufs fécondés issus de 12 lignées parentales distinctes ont donc toutes été implantées dans le substrat des frayères des PK 46,2, 49 et 51, à raison de 48 capsules réparties sur quatre îlots par frayère. Le taux de survie des embryons sera connu au printemps 2019, alors que les capsules seront retirées du substrat après la date théorique où environ 50 % des alevins auront éclos.

10. Bibliographie

AECOM. 2013. *Évaluation de la densité et de la distribution des saumons juvéniles dans l'affluent Puyjalon*. Rapport présenté à la Société saumon de la rivière Romaine. 20 p. et annexes.

ALBERT V, BERNATCHEZ L. 2006. *Complexe de la Romaine – Caractérisation génétique des populations de saumons de la rivière Romaine. Rapport sectoriel*. Rapport présenté par l'Université Laval à GENIVAR Groupe Conseil inc. et à Hydro-Québec. 26 p. et annexes.

APRIL, J., M. GUERARD et W. CAYER-BLAIS. 2019. *Suivi des populations témoins de saumon atlantique au Québec : rapport scientifique 2018*, Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, Direction de l'expertise sur la faune aquatique, 66 p.

BASTIEN, J., LORRAIN, S. & R. SCHETAGNE. 2007. *Aménagement hydroélectrique de l'Eastmain-1 – Suivi environnemental en phase d'exploitation – Suivi de la qualité de l'eau 2007*. Rapport d'Environnement Illimité inc. présenté à Hydro-Québec Production, Direction Barrages et Environnement. 35 p. et annexes.

BELLES-ISLES, M., PLOURDE, Y., PELLETIER, P., THÉBERGE, C., THIBODEAU, P. 2004. *Complexe Romaine- Aménagement intégral de la rivière Romaine. Étude préliminaire sur les débits réservés et la faune ichthyenne*. Rapport du Groupe conseil GENIVAR à la direction Environnement et Services techniques d'Hydro-Québec. 134 p. et annexes.

BOWSER, P.R. 2001. Anesthetic Options for Fish. *In Recent Advances in Veterinary Anesthesia and Analgesia: Companion Animals*, 2001. International Veterinary Information Service, Ithaca, NY.

BRUNET R., J.-F. MASSON et M. GAUTHIER. 2000. *Conception et construction d'un compteur à poissons automatisé et économique pour les passes migratoires. Rapport des travaux préliminaires réalisés en milieu aquatique*. Rapport à l'intention de M. Pierre Bérubé, Société de la faune et des parcs du Québec. Mai 2000. 19 p.

BRUNET R., J.-F. MASSON et R. DUHAMEL. 2002. *Conception et construction d'un compteur à poissons automatisé et économique pour les passes migratoires*. Rapport final à l'intention de M. Pierre Bérubé, Société de la faune et des parcs du Québec. Août 2002. 28 p.

CRISP, D.T. 1981. A desk study of the relationship between temperature and hatching time for eggs of five species of salmonid fishes. *Freshwater Biology* 11: 361-368.

CUNJAK, R.A, PROWSE, T.D., PARRISH, D.I. 1998. Atlantic salmon (*Salmo salar*) in winter: the season of parr discontent? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Vol. 55 (suppl. 1) : pp.161-180.

DUMAS, J., MARTY, S. 2006. A new method to evaluate egg-to-fry survival in salmonids, trial with Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology* 68: 284-304.

DUMAS, J., OLAIZOLA, M., BARRIÈRE, L. 2007. Survie embryonnaire du saumon atlantique (*Salmo salar* L.) dans un cours d'eau du sud de son aire de répartition, la Nivelle. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, n° 384 : 39-60.

FONTAINE, P.-M., LÉVESQUE, F., PROULX, M., HEPPELL, M. 2000. *Étude du saumon de la rivière Romaine en 1999*. Rapport préliminaire présenté à Hydro-Québec par le Groupe Conseil GENIVAR inc. 52 p. et annexes.

FROESE, R. AND D. PAULY. Editors. 2010. *FishBase*. World Wide Web electronic publication. <http://www.fishbase.org> version (11/2010).

GAGNÉ, N., S. LE BRETON, J. APRIL et W. CAYER-BLAIS. 2018. *Travaux de recherche sur le saumon atlantique de la rivière du Vieux Fort, saison 2018*. Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune Côte-Nord et Direction générale de la gestion de la faune et des habitats, Direction de l'expertise sur la faune aquatique, 30 p.

GENIVAR. 2002. *Aménagement hydroélectrique de la Romaine-1 – Étude de la population de saumon atlantique de la rivière Romaine en 2001*. Rapport présenté à la direction Environnement et services techniques, Hydro-Québec par le Groupe conseil GENIVAR. 119 p. et 10 annexes.

GENIVAR. 2005. *Complexe de la rivière Romaine – Faune ichtyenne : Rapport d'inventaire 2004*. Rapport de GENIVAR Groupe Conseil inc. à Hydro-Québec Équipement, Direction de l'Environnement et Services techniques. 202 p. et annexes.

GENIVAR. 2006. *Complexe de la rivière Romaine – Faune ichtyenne : Rapport d'inventaire 2005*. GENIVAR Groupe Conseil inc. à Hydro-Québec Équipement, Unité Environnement. 222 p. et annexes.

GENIVAR. 2007. *Évaluation de la franchissabilité des obstacles à la migration du saumon atlantique dans la Romaine, avec une attention spéciale aux chutes à Charlie : Rapport d'expédition avec les Innus de Mingan*. Rapport de GENIVAR à Hydro-Québec Production. 7 p. et annexe.

GENIVAR. 2011. *Complexe de la Romaine. Étude environnementale en phase projet. État de référence de la population de saumon atlantique – suivi 2010*. Rapport de GENIVAR pour Hydro-Québec Équipement et services partagés. Version finale. 54 p. et annexes.

GENIVAR. 2012a. *Complexe de la Romaine. Étude environnementale en phase projet. État de référence de la population de saumon atlantique – suivi 2011*. Rapport de GENIVAR pour Hydro-Québec Équipement et services partagés. 37 p. et annexes.

GENIVAR. 2012b. *Aménagements de frayères et d'habitats d'alimentation et d'hivernage pour le saumon atlantique – Énoncé d'envergure*. Rapport de GENIVAR inc. pour Hydro-Québec Équipement et services partagés. 52 p. et annexes.

GENIVAR, 2012c. *Complexe de la Romaine. Dynamique sédimentaire à l'échelle du nid de saumon atlantique – Période d'incubation 2010-2011*. Rapport d'étape. Hardy, F., Therrien, J. GENIVAR inc. Pour Hydro-Québec Équipement, Unité Environnement. 67 pages.

GENIVAR. 2013. *Complexe de la Romaine. Étude environnementale en phase projet. État de référence de la population de saumon atlantique – suivi 2012*. Rapport de GENIVAR pour Hydro-Québec Équipement et services partagés. 22 p. et annexes.

HAY, D. W. 1987. The relationship between red counts and the number of spawning salmon in the Girnock Burn, Scotland. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 43 : 146-148.

HUTCHINGS, J.A, JONES, M.E.B. 1998. Life history variation and growth rate thresholds for maturity in Atlantic salmon, *salmo salar*. *Can-J. Fish. Aquat. Sci.* 55 (suppl.1) : 22-47.

HYDRO-QUÉBEC. 2007. *Complexe de la Romaine – Étude d'impact sur l'environnement*. Décembre 2007. 10 volumes et annexes.

HYDRO-QUÉBEC. 2008. *Complexe de la Romaine. Réponses aux questions sur l'étude d'impact sur l'environnement*. Hydro-Québec Production.

HYDRO-QUÉBEC. 2010. *Service attendu des quatre centrales du complexe de la Romaine – Mars 2010*. Rapport HQ-DPPE-HG-RA-2007-0009-02.

HYDRO-QUÉBEC. 2014. *Projet de la Romaine-1. Aménagement de frayères et d'aires d'alevinage pour le saumon atlantique. Suivi de la construction*. 27 p. et annexes

MAPAQ. 1999. *Transport des œufs et des poissons vivants. Élevage des salmonidés*, Fascicule 9. 47 pages.

PERREAULT-PAYETTE, A., BOUGAS, B, HERNANDEZ, C., WELLBAND, K., BERNATCHEZ, L. 2019. *Assignment populationnelle et parentale de saumoneaux de la rivière Romaine capturés à l'été 2018*. Rapport de l'IBIS (Institut de Biologie Intégrative et des Systèmes), Université Laval. 20 p.

PERRIER, C. 2006. *Modifications de la croissance en eau douce du Saumon atlantique (*Salmo salar*) durant les trente dernières années (1970 à 2005) sur la rivière Scorff : Influence du réchauffement climatique et des activités agricoles*. Thèse Master 1 G.I.B.V. UFR S.V.E. Université de Rennes I. 40 p.

PIETTE-LAUZIÈRE, G., HERNANDEZ, C., WELLBAND, K., BERNATCHEZ, L. 2019. *Assignment populationnelle et parentale de smolts de la rivière Romaine capturés à l'été 2019 et analyse génétique des frayères*. Rapport de l'IBIS (Institut de Biologie Intégrative et des Systèmes), Université Laval. 31 p.

ROBSON, D.S, and H.A. REGIER. 1964. Sample Size in Petersen Mark-Recapture Experiments. *Transactions of the American Fisheries Society*. Vol. 93, n° 3 : pp.215-226.

SAUMON QUÉBEC. 2019. Réglementation. <https://www.saumonquebec.com/reglementation/reglements-sur-les-captures/>

UANAN EXPERTS CONSEILS INC. 2018. *Programme de restauration de la rivière Romaine. Ensemencements d'alevins dans les rivières Romaine, Bat-le-Diable et Puyjalon en 2016 et 2017*. Rapport final présenté à la Société Saumon de la Rivière Romaine (SSRR). Mai 2018. 39 p. et annexes.

UANAN EXPERTS CONSEILS INC. 2019. *Programme de restauration de la rivière Romaine. Ensemencements d'alevins dans les rivières Romaine et Puyjalon en 2018*. Rapport final présenté à la Société Saumon de la Rivière Romaine (SSRR). Février 2019. 29 p. et annexes.

WALLACE, J.C., HEGGBERGET, T.G. 1988. Incubation of eggs of atlantic salmon (*Salmo salar*) from different Norwegian streams at temperature below 1°C. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 193-196.

WILLIAMS, B.K., NICHOLS, J.D., CONROY, M.J. 2002. Analysis and Management of Animal Populations – Modeling, Estimating and Decision Making. *Academic Press*. 817 pages.

WSP. 2014. *Complexe de la Romaine. Étude environnementale en phase projet. État de référence de la population de saumon atlantique – suivi 2013*. Version finale. Rapport de WSP Canada Inc. pour Hydro-Québec Équipement et services partagés. 92 pages et annexes.

WSP. 2015. *Complexe de la Romaine. Étude environnementale en phase projet. État de référence de la population de saumon atlantique – suivi 2014*. Version finale. Rapport de WSP Canada Inc. pour Hydro-Québec Équipement et services partagés. 51 pages et annexes.

WSP. 2016. *Complexe de la Romaine. Suivi environnemental 2015 en phase exploitation. Suivi de la population de saumon atlantique*. Version finale. Rapport de WSP Canada Inc. pour Hydro-Québec Production. 91 pages et annexes.

WSP. 2017a. *Complexe de la Romaine. Suivi environnemental 2016 en phase exploitation. Suivi de la population de saumon atlantique*. Préparé pour Hydro-Québec Production. 91 p. et annexes. Version finale.

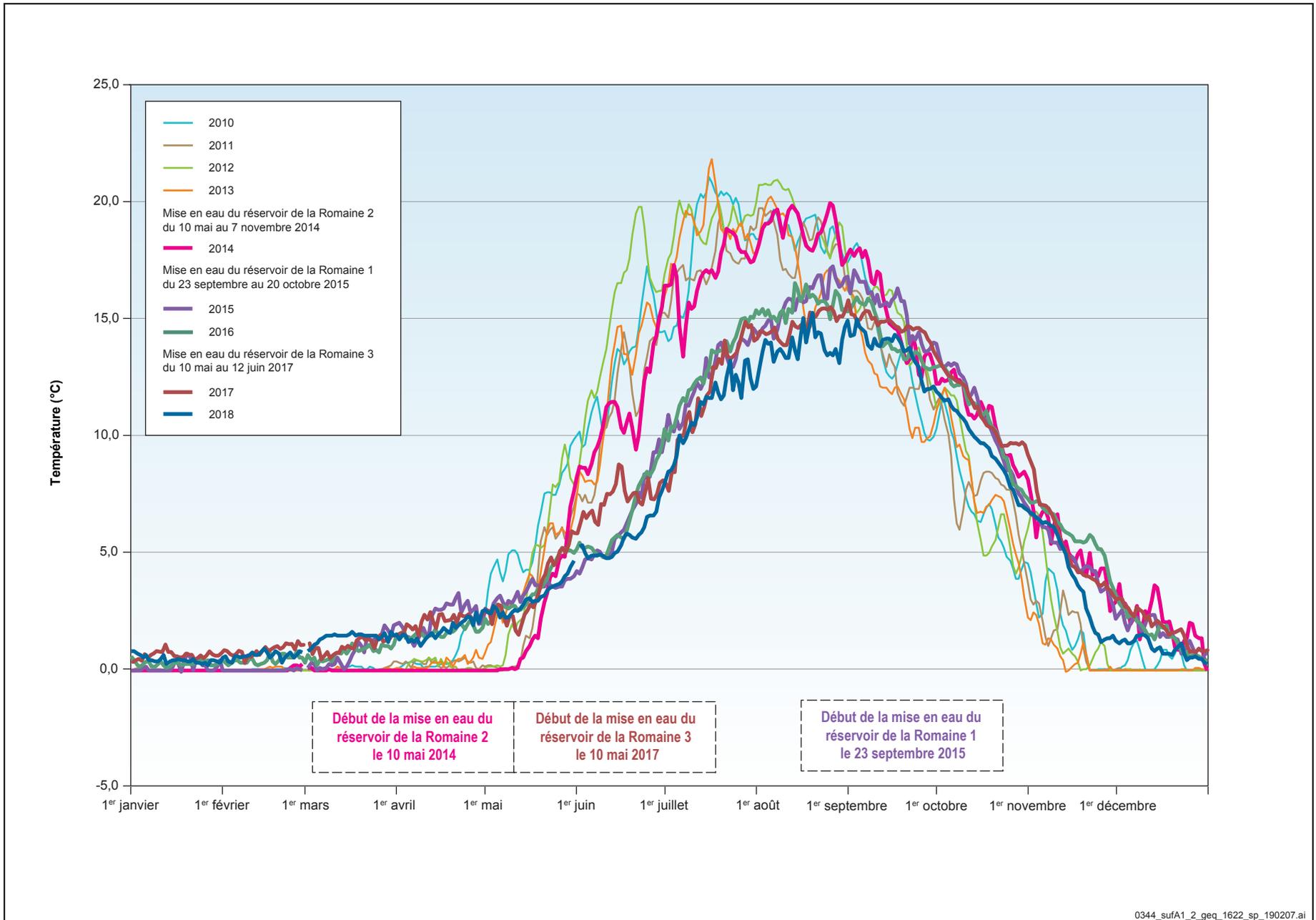
WSP. 2017b. *Programme de restauration du saumon de la rivière Romaine. Pêche de saumons juvéniles dans les rivières Romaine et Puyjalon – Rapport d'activités 2016*. Rapport de WSP à la Société saumon de la rivière Romaine. 21 pages et annexes.

WSP. 2019. *Complexe de la Romaine. Suivi environnemental 2017 en phase exploitation. Suivi de la population de saumon atlantique*. Préparé pour Hydro-Québec. 123 p. et annexes. Version finale.

ZAR, J. H. 1984. *Biostatistical Analysis*. 2nd. ed. Prentice-Hall, New-Jersey. 718 p.

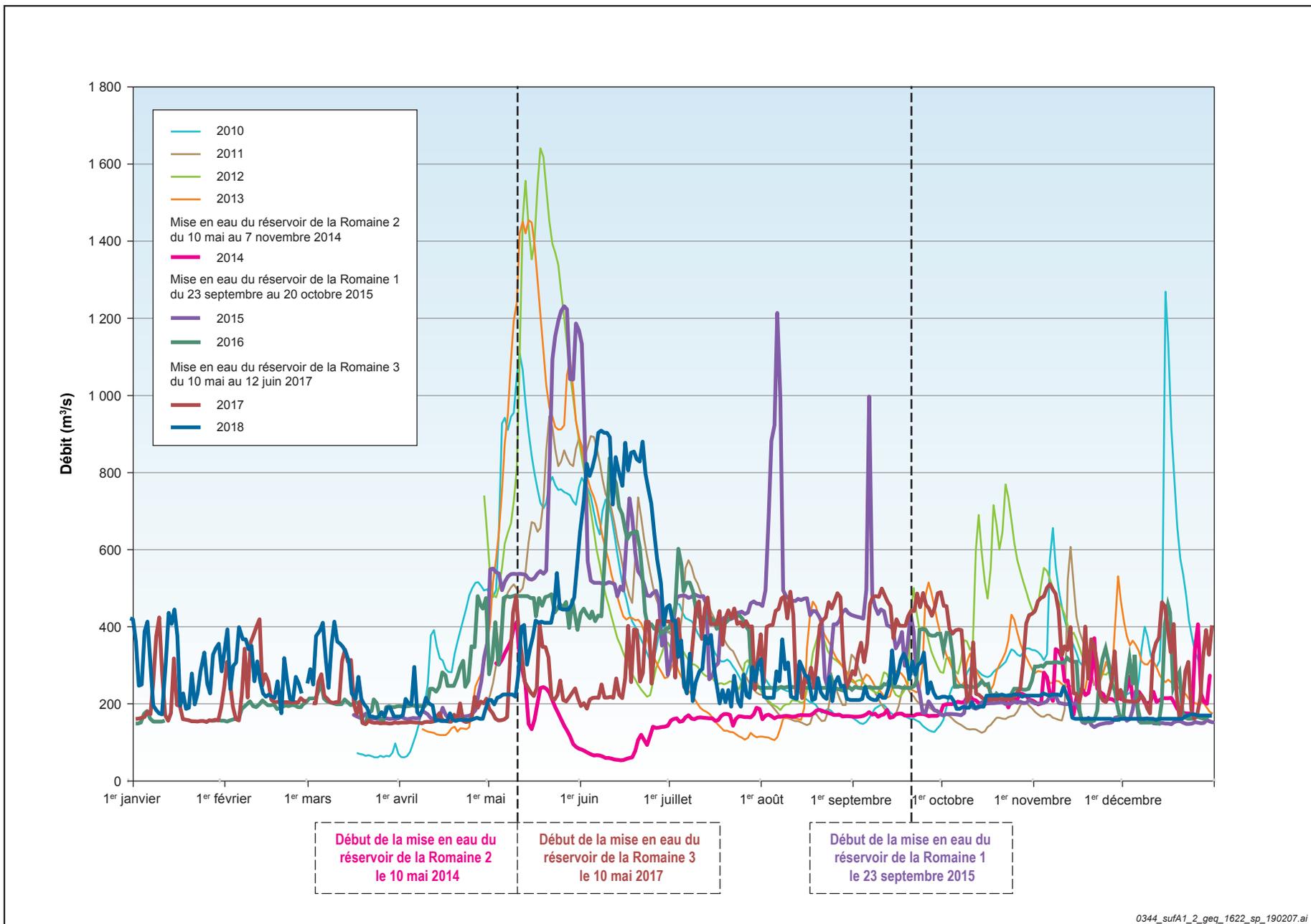
ANNEXE 1 Débits moyens journaliers et températures moyennes journalières de l'eau de la Romaine au PK 46 de 2010 à 2018 et débits horaires en 2018

Annexe A1-1 Températures moyennes journalières de l'eau de la Romaine au PK 46 de 2010 à 2018



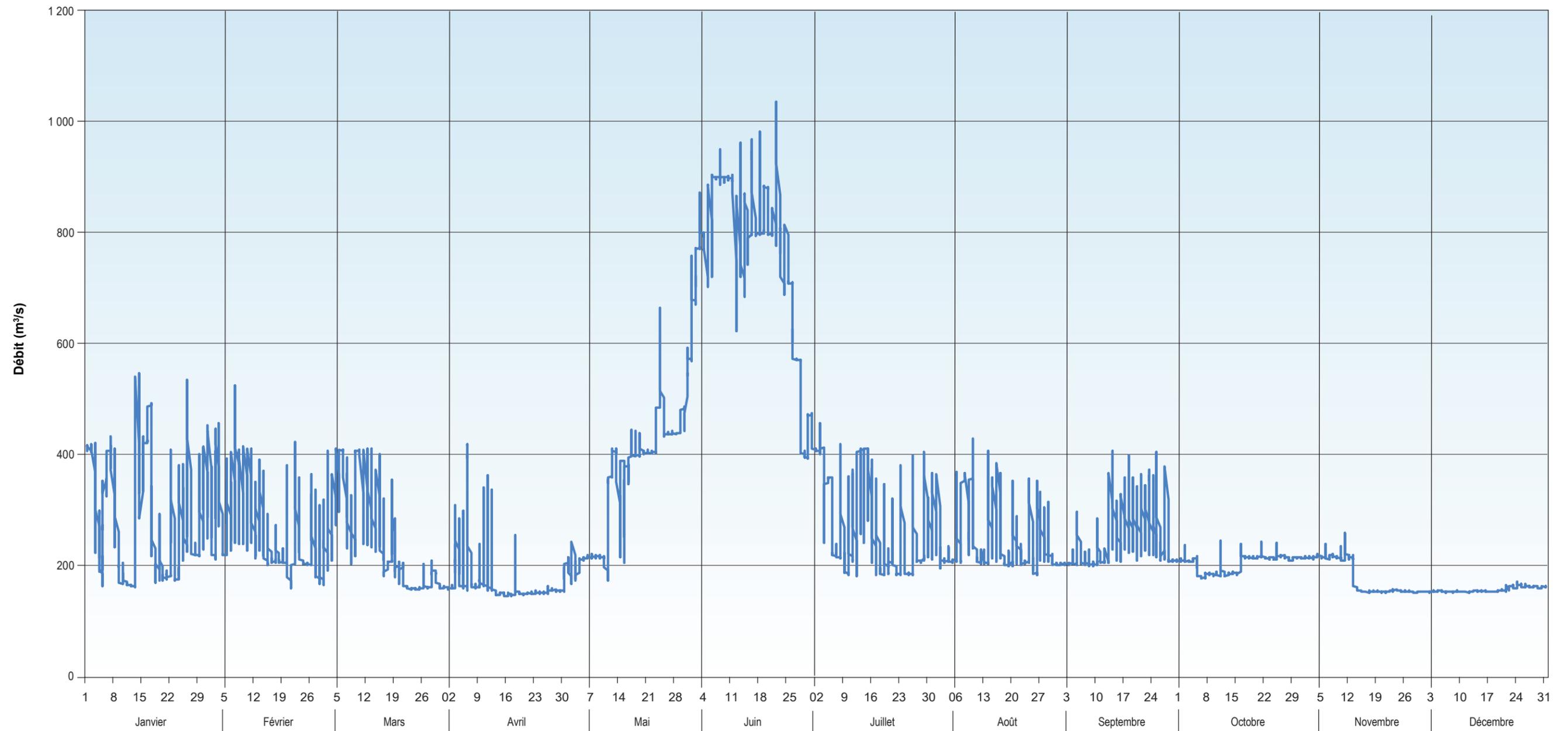
0344_sufA1_2_geq_1622_sp_190207.ai

Annexe A1-2 Débits moyens journaliers de la Romaine au PK 46 de 2010 à 2018



0344_sufA1_2_geq_1622_sp_190207.ai

Annexe A1-3 Débits horaires de la Romaine au PK 46 en 2018



ANNEXE 2 Conditions d'autorisation du MELCC (n° 530-2009) et du MPO (n° 2015-006)

Annexe 2 Conditions d'autorisation du MELCC (n° 530-2009) et du MPO (n° 2015-06)

- Conditions du certificat d'autorisation du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) délivré en vertu de l'article 164 de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE) (référence 530-2009) :

- Condition 1. Dispositions générales.
- Condition 7. Ajouts au programme de suivi environnemental détaillé du saumon atlantique.

Hydro-Québec doit compléter le programme de suivi environnemental détaillé prévu à la condition 1 en y ajoutant les éléments suivants liés au saumon atlantique :

- Un protocole permettant de vérifier *in situ* la durée de chacune des étapes de développement, à partir de l'œuf jusqu'à la dévalaison des smolts, ainsi que la période de reproduction des adultes afin de s'assurer de la validité des valeurs et des périodes d'application du régime des débits réservés écologiques;
- Un protocole visant à mesurer la turbidité de l'eau dans la rivière Romaine en aval du barrage de la Romaine-1 afin de déterminer l'ampleur réelle de l'augmentation de ce paramètre lors du remplissage des réservoirs de la Romaine 2 et de la Romaine 3;
- Un protocole permettant d'évaluer la mortalité des alevins pendant les périodes estivale et automnale afin de vérifier l'effet des modifications du régime thermique;
- L'évaluation annuelle du nombre de smolts en dévalaison et la détermination de la proportion de ceux provenant des ensemencements par rapport à ceux issus de la reproduction naturelle pendant toute la durée du plan de restauration du saumon atlantique prévu à la condition 1.

- Conditions de l'Autorisation du ministère des Pêches et des Océans du Canada (MPO) (n° 2015-006) :

- Condition 4. Conditions se rattachant aux suivis des projets de compensation.
 - Condition 4.1. Le promoteur devra mettre en place un dispositif de suivi agréant au MPO, afin de vérifier l'efficacité du programme de compensation et de s'assurer que les objectifs définis en 3.4 ont été atteints. Plus particulièrement, le promoteur devra :
 - 4.1.2. Évaluer les paramètres :
 - Stabilité des frayères aménagées;
 - Caractéristiques et utilisation des frayères aménagées.
- Condition 5.1.1. Suivi de la gestion des débits en période de fraie du saumon atlantique.

Le promoteur devra mettre en place un programme de suivi agréant au MPO, afin de mesurer l'efficacité du débit réservé visant à protéger les habitats de fraie du saumon atlantique en période automnale. Plus particulièrement, le promoteur devra :

- 5.1.1.3. Effectuer le suivi des paramètres suivants :
 - Caractérisation des préférences biologiques de nidification sur les frayères des PK 34,5 et 46,2 avec le débit réservé en mode d'exploitation. Ce suivi devra être effectué une seule fois, soit en l'an 1 de la mise en service de la centrale de la Romaine-2;
 - Déroulement de la fraie au site du PK 46,2 incluant un suivi des températures de l'eau lors du déclenchement de la période de fraie afin d'ajuster la période de débits réservés décrite à la condition 2.2. Advenant que cette frayère ne soit pas utilisée par le saumon, les trois autres frayères (PK 34,5, 49 et 51) devront être considérées pour l'évaluation du déroulement de la fraie. Ce suivi devra être effectué pendant une période minimale de 15 années, soit en l'an 1, 2, 3, 5, 7, 10 et 15 suivant la mise en service de la centrale de la Romaine-2;
 - Dénombrement des nids pour les quatre sites (km 34, 46,2, 49 et 51). Un état de référence devra être produit à 2 reprises, 2 années distinctes, avant la mise en service de la centrale de la Romaine-2. Ce suivi devra être effectué sur une base annuelle pendant une période minimale de 13 années suivant la mise en service de la centrale de la Romaine-2.

- Condition 5.1.2. Suivi de l'échouage et l'entraînement de juvéniles de saumons atlantiques dus à la gestion de pointe en aval de la centrale de la Romaine-1.

Le promoteur devra mettre en place un dispositif de suivi agréant au MPO afin de mesurer l'efficacité des règles de gestion des débits établies afin d'éviter l'échouage et l'entraînement de juvéniles de saumons atlantiques décrite à la condition 2.4. Plus particulièrement, le promoteur devra :

- 5.1.2.2. Effectuer le suivi des paramètres permettant de mesurer l'efficacité des règles de gestion des débits décrite à la condition 2.4, pendant une période minimale de 5 années, soit en l'an 1, 2, 3, 4 et 5 suivant la mise en service de la centrale de la Romaine-1.

- Condition 5.1.3. Suivi de la population de saumons atlantiques adultes.

Le promoteur devra mettre en place un programme de suivi agréant au MPO afin d'évaluer la population de saumons atlantiques adultes. Plus particulièrement, le promoteur devra :

- 5.1.3.2. Effectuer le suivi 1 an avant la mise en service de la centrale de la Romaine-2 et pendant une période minimale de 15 années soit en l'an 1, 4, 7 et 15 suivant la mise en service de la centrale de la Romaine-2.

- Condition 5.1.4. Suivi de la dévalaison des saumoneaux.

Le promoteur devra mettre en place un programme de suivi agréant au MPO, afin de caractériser la dévalaison des saumoneaux. Plus particulièrement, le promoteur devra :

- 5.1.4.2. Effectuer le suivi de la dévalaison 1 an avant la mise en eau de la centrale de la Romaine-2 et pendant une période minimale de 15 années soit en l'an 1, 2, 3, 5, 7, 10 et 15 suivant la mise en service de la centrale de la Romaine-2.

- Condition 5.1.5. Suivi du passage des chutes à Charlie (km 35) par les saumons atlantiques adultes.

Le promoteur devra mettre en place un programme de suivi agréant au MPO, afin de vérifier l'efficacité de la gestion des débits à la centrale de la Romaine -1 permettant le passage des saumons atlantiques adultes à l'amont des chutes à Charlie pendant la période de montaison. Plus particulièrement, le promoteur devra :

- 5.1.5.2. Effectuer le suivi du nombre de nids de saumon en amont et en aval du site des chutes à Charlie (km 35) en lien avec les débits d'exploitation pendant une période minimale de 5 années, soit en l'an 1, 2, 3, 4 et 5 suivant la mise en service de la centrale de la Romaine-2.

- Condition 5.1.8. Suivi de l'ampleur de l'impact des modifications du régime thermique sur la population de saumon atlantique.

Le promoteur devra mettre en place un programme de suivi agréant au MPO afin de mesurer l'ampleur de l'impact des modifications du régime thermique sur la population de saumon atlantique. Plus particulièrement, le promoteur devra :

- 5.1.8.2. Effectuer, sans s'y limiter, le suivi des paramètres suivants :
 - Âge à la smoltification. Le suivi devra être effectué annuellement pendant une période minimale de 15 années suivant la mise en service de la centrale de la Romaine-2;
 - Taux de croissance annuel des juvéniles de saumons. Le suivi devra être effectué annuellement pendant une période minimale de 15 années suivant la mise en service de la centrale de la Romaine-2;
 - Incubation et émergence des œufs et des alevins de saumons. Le suivi devra être effectué annuellement pendant une période minimale de 12 années, soit en l'an 3, 5 et 12 suivant la mise en service de la centrale de la Romaine-2.

ANNEXE 3 Étude génétique des smolts de la Romaine en 2018 (Perreault-Payette et coll., 2019)



UNIVERSITÉ
LAVAL

Assignation populationnelle et parentale de saumoneaux de la rivière Romaine capturés à l'été 2018

Alysse Perreault-Payette, Bérénice Bougas, Cécilia Hernandez, Kyle Wellband et Louis
Bernatchez

IBIS (Institut de Biologie Intégrative et des Systèmes)
Université Laval
Québec, QC
G1V 0A6

Auteur pour correspondance :
Dr Louis Bernatchez

IBIS (Institut de Biologie Intégrative et des Systèmes)
Québec, Canada, G1V 0A6
Tél: 1-418-656-3402; Téléc.: 1-418-656-7176
Courriel: louis.bernatchez@bio.ulaval.ca

Résumé

Dans le cadre de la présente étude, 102 saumoneaux, échantillonnés en 2018 dans la rivière Romaine, ont été analysés. Cette étude a trois objectifs principaux : 1) identifier l'appartenance de ces individus d'origine inconnue, à l'une ou l'autre des populations de référence, soit à la rivière Romaine ou à la rivière Puyjalon ; 2) identifier l'appartenance parentale de ces individus d'origine inconnue, à des géniteurs sauvages ou des géniteurs provenant de la reproduction artificielle ; et 3) identifier le sexe de ces individus.

Le profil génétique des populations de saumon atlantique retrouvé dans ces deux populations a été caractérisé dans le rapport 2014 (Côté et Bernatchez 2014). Ces travaux ont confirmé l'occurrence de deux populations génétiquement très différenciées ($F_{ST} = 0,041$) et de diversité génétique considérablement élevée (H_E moyenne = 0,80, H_o moyenne = 0,79) qui correspondaient à la population des saumons de la rivière Romaine et à la population des saumons de la rivière Puyjalon. Ainsi, le pouvoir de réassignation, i.e. le pourcentage des saumons des populations de référence réassignés à leur population respective plutôt qu'à l'autre population était de 100% pour les poissons de la rivière Romaine et de la rivière Puyjalon. Dans le cas des saumons d'origine inconnue échantillonnés en 2018, la proportion assignée avec certitude à la rivière Romaine est de 20.6% alors qu'elle est de 78.4% à la rivière Puyjalon, un seul individu n'a pu être assigné à une population d'origine avec succès. Contrairement à l'année précédente, aucun saumoneau échantillonné à l'été 2018 n'a été assigné à la reproduction artificielle. Au total, 39 mâles et 63 femelles ont été identifiés, dont 14 mâles et 7 femelles parmi les individus assignés à la rivière Romaine et 25 mâles et 55 femelles parmi les individus assignés à la rivière Puyjalon.

Table des matières

Résumé.....	2
1. Objectifs	4
2. Méthodologie	4
2.1 Échantillonnage.....	4
2.2 Analyses de laboratoire.....	4
2.2.1 Sélection des marqueurs génétiques	4
2.2.2 Extraction de l'ADN	5
2.2.3 Amplification des loci microsatellites	5
2.2.4 Migration et détermination du génotype.....	5
2.2.5 Détermination du sexe	6
2.3 Analyses des données	6
2.3.1 Assignation populationnelle.....	6
2.3.2 Assignation parentale.....	7
3. Résultats	8
3.1 Assignation populationnelle.....	8
3.2 Assignation parentale.....	8
3.3 Détermination du sexe	9
4. Conclusion	9
Tableau 1. Informations sur les loci utilisés pour la caractérisation génétique.	10
Tableau 2. Assignation populationnelle avec valeur de vraisemblance (Log10) pour les individus d'origine inconnue échantillonnés dans la rivière Romaine en 2018. Les individus pour lesquels l'assignation populationnelle n'a pu être effectuée avec succès sont assignés comme «Indéterminé». Le sexe de chaque individu est présenté sous la forme «F» pour femelle et «M» pour mâle.....	11
Références bibliographiques.....	13
Annexe 1 : Protocole d'extraction de l'ADN des échantillons.....	15
Annexe 2 : Protocole de l'amplification et de migration sur capillaires des loci microsatellites	17
Annexe 3 : Protocole de détermination du sexe.....	20

1. Objectifs

S'insérant dans le cadre du projet de complexe hydroélectrique de la rivière Romaine, la présente étude a pour objectif d'identifier l'appartenance aux populations de référence, rivière Romaine ou rivière Puyjalon, l'appartenance parentale à des géniteurs sauvages ou des géniteurs provenant de la reproduction artificielle ainsi que d'identifier le sexe de 102 saumoneaux échantillonnés dans la rivière Romaine en 2018. Plus précisément, dans cette étude, les objectifs spécifiques consistaient à :

- a) Déterminer la classification individuelle de chaque saumon d'origine inconnue (population de la rivière Romaine ou population de la rivière Puyjalon) échantillonné en 2018 dans la rivière Romaine en se basant sur l'analyse de 17 marqueurs microsatellites.
- b) Déterminer, à l'aide d'un logiciel d'assignation parentale, la proportion de saumons échantillonnés issue du programme de repeuplement artificiel en se basant sur l'analyse de 17 marqueurs microsatellites.
- c) Déterminer le sexe de chacun des individus.

2. Méthodologie

2.1 Échantillonnage

Des échantillons de nageoire de 102 saumoneaux d'origine inconnue ont été échantillonnés dans la rivière Romaine à l'été 2018. Pour l'échantillonnage des populations de référence, voir les détails dans le rapport 2014 (Côté et Bernatchez 2014).

2.2 Analyses de laboratoire

2.2.1 Sélection des marqueurs génétiques

La sélection des marqueurs génétiques utilisés est une étape déterminante pour l'atteinte des objectifs d'un projet. Chaque type de marqueur a ses forces et ses limitations et leur pertinence varie en fonction de la problématique. Avec l'objectif de caractériser la diversité génétique de populations en milieu naturel, les marqueurs microsatellites sont souvent utilisés. Les avantages des marqueurs microsatellites sont qu'ils présentent, entre autres, un degré de polymorphisme variable, ils sont relativement faciles à obtenir et leur analyse est robuste. Ces marqueurs sont en fait des régions du génome qui présentent des séquences de deux à quatre bases répétées en tandem un certain nombre de fois (ex. GATAGATAGATAGATA). Chaque région identifiée comme un microsatellite est un locus. Chaque individu possède deux copies distinctes de chaque locus, chacune de ces copies est appelée un allèle. Dans le cas des marqueurs microsatellites, c'est le nombre de

répétitions de la séquence répétée en tandem qui fait varier la taille en paires de bases des allèles. C'est donc cette variabilité qui est utilisée afin de comparer les individus entre eux. Étant donné que le degré de variabilité est différent pour chaque locus, il est important de choisir des microsatellites ayant une variabilité suffisante pour arriver à caractériser adéquatement la diversité génétique des individus à l'étude, dans le but de pouvoir répondre correctement aux objectifs et d'apporter des réponses aussi solides et fiables que possible.

Les marqueurs utilisés pour la présente étude ont déjà été utilisés pour la caractérisation génétique des populations naturelles de saumon atlantique (King et coll., 2005; King, communication personnelle; Oreilly et coll., 1996; Slettan et coll., 1995; Paterson et coll., 2004; Presa et Guyomard, 1996) et présentent un degré de variabilité amplement suffisant. Au total, 17 loci ont été utilisés. Les informations relatives à ces loci sont présentées au tableau 1.

2.2.2 Extraction de l'ADN

L'ADN génomique des échantillons de saumon atlantique a été extrait (mis en solution aqueuse) selon un protocole d'extraction aux sels (Annexe 1; Aljanabi et Martinez, 1997), puis quantifié (contrôle de quantité et de qualité) à l'aide d'un spectrophotomètre NanoDrop 2000 (Thermo Scientific).

2.2.3 Amplification des loci microsatellites

Une fois l'ADN isolé, une réaction de polymérisation en chaîne (PCR pour « polymerase chain reaction ») a été effectuée. La PCR consiste à sélectionner et amplifier une région précise du génome permettant, dans ce cas-ci, la visualisation des fragments des loci microsatellites. La région d'intérêt est sélectionnée grâce à deux oligonucléotides (courts segments d'ADN synthétisés, appelés aussi amorces à laquelle une molécule fluorescente a été fixée), dont la séquence est complémentaire à une des deux extrémités du fragment d'ADN recherché. Par la suite, une réaction enzymatique est utilisée afin de créer une copie du fragment compris entre ces deux amorces. Les étapes de sélection et d'amplification sont répétées jusqu'à ce qu'un nombre suffisant de fragments soient ainsi créés permettant de visualiser adéquatement la région amplifiée. Les détails techniques pour cette étape sont présentés à l'annexe 2.

2.2.4 Migration et détermination du génotype

Les fragments obtenus lors de la PCR ont été migrés sur le séquenceur 3500 Genetic Analyzer (Applied Biosystems®, Life technologies Corporation) afin de les visualiser et déterminer leur taille. Le principe consiste à faire migrer par électrophorèse les fragments d'ADN à travers une matrice de polymère en y appliquant un champ électrique. Puisque

les molécules d'ADN sont chargées négativement, elles vont se déplacer au travers du polymère. Les fragments d'ADN sont séparés au cours de la migration en fonction de leur longueur, les fragments plus courts migrant plus rapidement que les fragments plus longs. Ceux-ci sont ensuite visualisés à l'aide d'un laser qui détecte les molécules fluorescentes présentes sur les fragments amplifiés. En plaçant un standard de taille (solution avec différents fragments de tailles connues) dans chaque puits, la taille des différents allèles peut être déterminée de façon précise. Les informations relatives aux résultats de migration sont ensuite exporter sous différents formats compatibles avec les logiciels utilisés.

Après la migration, la taille des allèles (en paire de bases) est déterminée en les comparant au standard de taille utilisé à l'aide du logiciel GeneMapper version 4.1. Ce programme permet de déterminer le génotype multilocus des individus, c'est-à-dire la composition allélique des individus pour chacun des loci utilisés.

2.2.5 Détermination du sexe

Le sexe a été déterminé à l'aide de l'amplification PCR du locus SDY selon la méthode proposée par Yano et ses collaborateurs (2012). Les amorces SDY_E2_AS4 et SDY_E2_S2 ont été utilisées afin d'amplifier le locus SDY qui est présent seulement chez les mâles. Par la suite, le produit de la réaction PCR a été migré sur gel d'agarose 2% à l'aide d'un gel d'électrophorèse avec un marqueur de taille (Low DNA Mass Ladder (LDML) de [®]Invitrogen). La présence d'une bande à 200 paires de bases sur le gel est associée à un mâle, tandis que l'absence de bande indique une femelle. Des témoins négatifs et positifs ont été utilisés et la PCR a été faite en duplicata afin de valider les résultats des analyses. Les détails techniques pour cette étape sont présentés à l'annexe 3.

2.3 Analyses des données

2.3.1 Assignation populationnelle

L'assignation des échantillons d'origine inconnue de la rivière Romaine à l'une ou l'autre des populations de référence (rivière Romaine ou rivière Puyjalon) a été effectuée à l'aide du logiciel GeneClass2 (Piry et coll., 2004). Les paramètres suivants ont été utilisés: un seuil d'affectation des scores de 0.05 et la méthode bayésienne de Rannala & Mountain pour le calcul des critères. La valeur seuil du paramètre D utilisée pour assigner les individus est de 1, ce qui correspond à une probabilité 10 fois supérieure de provenir d'une population que de l'autre (voir le rapport 2014 (Côté et Bernatchez 2014)) pour les détails sur la puissance d'assignation de nos populations de références). Dans le cas où la valeur du paramètre D est inférieure à 1, l'assignation «Indéterminé» a été attribuée.

2.3.2 Assignation parentale

L'assignation parentale des échantillons à des géniteurs sauvages ou provenant de la reproduction artificielle a été effectuée à l'aide du logiciel Cervus 3.0.7 (Kalinowski et coll., 2007) et COLONY (Jones et Wang 2010). En ce qui a trait au programme Cervus, celui-ci assigne un couple de parents potentiels en se basant sur une valeur de vraisemblance calculée à partir des fréquences des différents allèles présents. Ce programme inclut un calcul de vraisemblance prenant en compte les erreurs de génotypage présents dans le jeu de données et utilise un jeu de données simulées afin d'estimer une valeur de confiance en l'assignation. Plus précisément, lors des simulations, des génotypes de parents potentiels, de parents non reliés ainsi que de progénitures possibles sont générés à partir des fréquences alléliques présentes dans le jeu de données à l'étude. La progéniture ainsi créée est comparée aux parents associés et non associés afin de déterminer une valeur de vraisemblance seuil pour laquelle la progéniture peut être assignée avec confiance à un couple de parent. Lors de l'assignation parentale des individus inconnus, Cervus assigne un parent (mâle ou femelle) de manière indépendante en se basant sur la femelle ou le mâle ayant la valeur de vraisemblance la plus élevée. Puis, il calcule la vraisemblance que ce couple soit les deux parents de la progéniture en question. Un ratio de vraisemblance est calculé pour chaque assignation à un couple de parents, celui-ci représente la vraisemblance que ce couple soit les vrais parents sur la vraisemblance que ce couple ne soit pas les vrais parents. Donc, une valeur positive et élevée indique que les parents candidats sont plus probables d'être les vrais parents que de ne pas être les vrais parents. Dans le cas du programme COLONY, celui-ci est plutôt basé sur la reconstruction de pedigree. Les individus sont divisés en trois catégories; la progéniture, les pères candidats et les mères candidates. En premier lieu, la progéniture est regroupée, basée sur leur génotype, en groupes selon leur niveau d'appartenance (partageant les mêmes parents, partageant uniquement un parent, ne partageant pas de parents). Puis les parents potentiels sont assignés à ces groupes. Pour chacun de ces regroupements (groupe de progéniture et/ou parents-progéniture, ...) une valeur de vraisemblance est calculée. Ensuite, ces regroupements sont modifiés et une nouvelle valeur de vraisemblance est calculée, puis comparée à la structure précédente. Si la valeur de vraisemblance est plus élevée pour ces nouveaux groupements, le programme rejette la structure précédente (ayant une valeur de vraisemblance plus faible) et ainsi de suite jusqu'à l'obtention des meilleurs regroupements ayant les valeurs de vraisemblances les plus élevées. Le programme génère alors une liste des frères et sœurs ou demi-frères demi-sœurs potentiels avec les probabilités associées ainsi que les parents retenus s'il y a lieu. L'identification des frères/sœurs et demi-frères/demi-sœurs parmi les saumoneaux à l'étude permet d'estimer le nombre de parent potentiels sauvages ou ensemencés. Par contre, lorsque le nombre d'échantillons analysés est faible, ou lorsque le nombre d'échantillons analysés est plus petit que le nombre actuel de parents, le calcul du nombre de parents potentiels n'est pas précis (Ackerman et coll., 2016). Étant donné, la façon dont ces deux programmes fonctionnent, les performances de Cervus augmentent plus le nombre de parents potentiels est connus et intégrés à l'analyse, contrairement à COLONY qui est plus performant lorsqu'il y a peu ou pas de parents potentiels connus.

Pour la présente étude, 65 mâles et 90 femelles candidats issus de la reproduction effectuée à la station piscicole Baldwin en 2014 et ensemencée en 2015, de la reproduction effectuée au LARSA en 2015 et ensemencée en 2016 ainsi que celle effectuée en 2016 et ensemencée en 2017 ont été utilisées comme parents potentiels.

3. Résultats

3.1 Assignment populationnelle

L'assignation des échantillons inconnus aux populations de référence a été réalisée à l'aide du logiciel GeneClass2. Les assignations réalisées avec confiance signifient que la classification de l'individu est au moins 10 fois plus probable dans une population donnée que dans l'autre ($D > 1$).

Le tableau 2 présente l'assignation des 102 saumons d'origine inconnue échantillonnés dans la rivière Romaine en 2018. Au total, 80 saumons sur 102 (78.4%) ont été assignés, avec confiance ($D > 1$) à la rivière Puyjalon et 21 saumons sur 102 (20.6%) ont été assignés avec confiance, à la rivière Romaine. Un seul individu n'a pu être assigné avec confiance à l'une ou l'autre des populations puisque celui-ci n'a pu être analysé avec succès.

3.2 Assignment parentale

L'assignation parentale des échantillons inconnus à des géniteurs sauvages ou provenant de la reproduction artificielle a été effectuée en premier, à l'aide du logiciel Cervus. La puissance d'assignation ainsi que le niveau de confiance des assignations a été évaluée à l'aide de simulations. Plusieurs simulations ont été testées avec un nombre de parents potentiels variant de 40 à 300 ainsi qu'une proportion de parents échantillonnés variable (de 10% à 80%). Cette analyse n'a pas permis l'assignation de parents issus de la reproduction artificielle. C'est pourquoi le programme COLONY a été utilisé afin de confirmer ce résultat. En concordance avec les résultats du programme Cervus, le programme COLONY n'a pas permis d'assigner des parents issus de la reproduction artificielle aux saumoneaux à l'étude comparativement au 13% identifié en 2017.

Le programme COLONY a permis l'estimation du nombre de parents potentiels sauvages avec un intervalle de confiance de 95%. Pour ce faire, les 102 saumoneaux ont été séparés selon leur assignation populationnelle, soit 21 saumoneaux de la Romaine et 80 saumoneaux de la Puyjalon. L'individu n'ayant pas été assigné avec succès à l'une ou l'autre des populations de référence a été retiré de l'analyse. Un estimé de 43 parents potentiels sauvages a été calculé pour les saumoneaux provenant de la rivière Puyjalon avec un intervalle de confiance de 95% allant de 29 à 67 parents potentiels (43 [29-67]). Plusieurs frères et sœurs ont été identifiés. Concernant la rivière Romaine, aucun frère ou sœur a été identifié et un estimé de 40 (40 [23-79]) parents potentiels sauvages a été calculé. Cependant, étant donné le faible nombre d'échantillons, se traduisant par un grand intervalle de confiance, ces estimations doivent être interprétées très prudemment.

3.3 Détermination du sexe

L'identification du sexe des 102 saumons capturés en 2018 dans la rivière Romaine est présentée dans le tableau 2. Au total, 39 mâles (38.2%) et 63 femelles (61.8%) ont été identifiés sur les 102 saumons analysés. Plus précisément, parmi les individus assignés avec confiance à la rivière Romaine (N=21), 14 ont été identifiés comme mâle (66.7%) et 7 identifiés comme femelle (33.3%). Contrairement aux individus assignés à la rivière Romaine, un plus grand nombre de femelle (55 femelles; 68.8%) que de mâle (25 mâles; 31.3%) ont été identifiés parmi les individus assignés avec confiance à la rivière Puyjalon (N=80).

4. Conclusion

En résumé, il est important de retenir les points suivants :

1. Parmi les 102 saumons d'origine inconnue, 21 saumons ont été assignés avec confiance à la rivière Romaine et 80 saumons ont été assignés avec confiance à la rivière Puyjalon. Une plus grande proportion des individus ont été assignés à la rivière Puyjalon comparativement à la rivière Romaine.
2. Parmi les 102 saumoneaux analysés, aucun saumoneau n'a pu être assigné à la reproduction artificielle.
3. L'analyse de détermination du sexe des 102 saumons a permis d'identifier 63 mâles et 39 femelles. Une proportion plus grande de mâle que de femelle assignée à la rivière Romaine a été identifiée. Inversement, une plus grande proportion de femelle que de mâle assignée à la rivière Puyjalon a été identifiée.

Tableau 1. Informations sur les loci utilisés pour la caractérisation génétique.

Locus	Séquence des amorces (5'-3')	Molécule fluorescente	Température d'appariement (°C)	Référence
Ssa85	a : AGGTGGGTCCTCCAAGCTAC b : ACCCGCTCCTCACTTAATC*	HEX (Vert)	58	(Oreilly et coll., 1996)
Ssa171	a : TTATTATCCAAAGGGGTCAAAA b : GAGGTCGCTGGGGTTTACTAT	NED (Jaune)	58	(Oreilly et coll., 1996)
Ssa197	a : GGGTTGAGTAGGGAGGCTTG b : TGGCAGGGATTGACATAAC*	VIC (Vert)	58	(Oreilly et coll., 1996)
Ssa202	a : CTTGGAATATCTAGAATATGGC b : TTCATGTGTTAATGTTGCGTG*	VIC (Vert)	58	(Oreilly et coll., 1996)
SsaD58	F : TAGAGTTTGTCTCTGGCTTTG R : AGACCTAGGACTGGCTACTG	HEX (Vert)	58	(King et coll., 2005)
SsaD71	F : AACGTGAAACATAAAATCGATGG* R : TAAGAATGGGTTGCCTATGAG	PET (Rouge)	58	(King et coll., 2005)
SsaD85	F : CTTGGCTGTTTCAGGTATGAC* R : CACTGCTCTACAACAGAAGTCTC	FAM (Bleu)	58	(King, comm. pers.)
SsaD144	F : TTGTGAAGGGGCTGACTAAC* R : TCAATTGTTGGGTGCACATAG	FAM (Bleu)	58	(King et coll., 2005)
SsaD486	F : TCGCTGTGTATCAGTATTTTGG R : ACTCGGATAAACTCACAGGTC	FAM (Bleu)	58	(King et coll., 2005)
Ssosl417	F : TTGTTTCAGTGTATATGTGTCCCAT* R : GATCTTCACTGCCACCTTATGACC	FAM (Bleu)	58	(Slettan et coll., 1995)
SsspG7	F : CTTGGTCCCCTTCTTACGACAACC* R : TGCACGCTGCTTGGTCCTTG	NED (Jaune)	58	(Paterson et coll., 2004)
Sssp1605	F : CGCAATGGAAGTCAGTGGACTGG* R : CTGATTTAGCTTTTTAGTGCCCAATGC	NED (Jaune)	58	(Paterson et coll., 2004)
Sssp2201	F : TTTAGATGGTGGGATACTGGGAGGC* R : CGGGAGCCCCATAACCCTACTAATAAC	NED (Jaune)	58	(Paterson et coll., 2004)
Sssp2210	F : AAGTATTCATGCACACACATTCCTGC* R : CAAGACCCTTTTCCAATGGGATTC	FAM (Bleu)	58	(Paterson et coll., 2004)
Sssp2215	F : ACTAGCCAGGTGTCCTGCCGGTC* R : AGGGTCAGTCAGTCACACCATGCAC	NED (Jaune)	58	(Paterson et coll., 2004)
Sssp2216	F : GGCCCAGACAGATAAAACAAACACGC* R : GCCAACAGCAGCATCTACACCCAG	VIC (Vert)	58	(Paterson et coll., 2004)
MST-3	1 : CCCTGGTTTGACTTTGTCTCA* 2 : AGGCACTCTCACCAGCTAAAGATG	HEX (Vert)	58	(Presa et Guyomard, 1996)

* L'astérisque indique l'amorce à laquelle est fixée la molécule fluorescente

Tableau 2. Assignment populationnelle avec valeur de vraisemblance (Log10) pour les individus d'origine inconnue échantillonnés dans la rivière Romaine en 2018. Les individus pour lesquels l'assignment populationnelle n'a pu être effectuée avec succès sont assignés comme «Indéterminé». Le sexe de chaque individus est présenté sous la forme «F» pour femelle et «M» pour mâle.

Individu	Valeur de vraisemblance (Log10)			Assignment	Sexe	Individu	Valeur de vraisemblance (Log10)			Assignment	Sexe
	Romaine	Puyjalon	D				Romaine	Puyjalon	D		
RO002	36,0	47,4	11,4	Romaine	M	RO032	48,2	38,0	10,2	Puyjalon	F
RO003	48,0	38,7	9,4	Puyjalon	M	RO033	43,9	36,3	7,7	Puyjalon	F
RO004	47,0	39,8	7,2	Puyjalon	F	RO034	46,2	36,6	9,6	Puyjalon	F
RO005	41,9	34,6	7,3	Puyjalon	M	RO035	49,1	37,9	11,1	Puyjalon	M
RO006	56,2	40,7	15,5	Puyjalon	F	RO036	53,1	43,7	9,4	Puyjalon	M
RO007	51,4	39,7	11,8	Puyjalon	F	RO039	53,2	37,5	15,7	Puyjalon	F
RO008	52,5	36,1	16,4	Puyjalon	M	RO040	55,7	42,3	13,3	Puyjalon	F
RO009	47,8	38,4	9,4	Puyjalon	F	RO041	46,4	39,5	6,8	Puyjalon	F
RO010	40,5	43,7	3,2	Romaine	F	RO042	51,3	43,7	7,7	Puyjalon	F
RO011	54,7	37,4	17,3	Puyjalon	F	RO044	53,6	36,4	17,2	Puyjalon	F
RO012	55,4	40,8	14,6	Puyjalon	F	RO045	50,7	39,0	11,7	Puyjalon	F
RO013	49,2	38,1	11,0	Puyjalon	F	RO047	48,1	36,9	11,2	Puyjalon	F
RO014	48,8	36,5	12,3	Puyjalon	F	RO048	56,9	37,2	19,7	Puyjalon	F
RO015	53,1	38,7	14,4	Puyjalon	F	RO050	53,2	36,3	16,9	Puyjalon	F
RO016	39,2	35,7	3,5	Puyjalon	M	RO052	52,0	36,4	15,6	Puyjalon	F
RO017	53,2	41,5	11,6	Puyjalon	F	RO053	39,0	49,5	10,6	Romaine	M
RO018	52,9	40,0	12,8	Puyjalon	M	RO055	58,1	43,0	15,1	Puyjalon	F
RO019	33,4	41,1	7,7	Romaine	M	RO056	45,2	36,7	8,4	Puyjalon	F
RO020	38,6	48,2	9,5	Romaine	M	RO057	48,8	51,4	2,6	Romaine	F
RO021	52,6	37,1	15,4	Puyjalon	F	RO058	51,3	37,6	13,7	Puyjalon	M
RO022	42,3	36,2	6,1	Puyjalon	F	RO059	36,8	45,8	9,1	Romaine	M
RO023	46,0	40,7	5,3	Puyjalon	F	RO060	52,5	38,5	13,9	Puyjalon	F
RO024	49,4	39,2	10,2	Puyjalon	F	RO061	44,6	37,7	6,9	Puyjalon	M
RO025	43,8	35,5	8,3	Puyjalon	M	RO062	39,7	49,0	9,3	Romaine	M
RO026	45,7	40,0	5,7	Puyjalon	F	RO063	48,0	38,0	10,0	Puyjalon	F
RO027	47,7	39,5	8,2	Puyjalon	F	RO065	34,5	27,3	7,1	Puyjalon	M
RO028	56,0	48,5	7,5	Puyjalon	F	RO067	46,5	34,4	12,0	Puyjalon	M
RO029	57,8	42,6	15,2	Puyjalon	F	RO068	40,5	47,0	6,5	Romaine	M
RO030	48,3	40,8	7,5	Puyjalon	F	RO070	48,9	34,8	14,1	Puyjalon	F

Individu	Valeur de vraisemblance (Log10)			Assignation	Sexe
	Romaine	Puyjalon	D		
RO071	61,6	43,0	18,6	Puyjalon	M
RO072	50,1	38,5	11,6	Puyjalon	M
RO073	42,5	37,3	5,2	Puyjalon	F
RO074	40,8	36,4	4,4	Puyjalon	F
RO075	55,3	40,0	15,3	Puyjalon	F
RO076	53,6	39,4	14,2	Puyjalon	F
RO077	43,7	36,1	7,6	Puyjalon	F
RO078	39,0	51,6	12,6	Romaine	M
RO079	51,1	38,0	13,1	Puyjalon	M
RO080	48,9	35,7	13,2	Puyjalon	F
RO081	42,8	36,1	6,7	Puyjalon	F
RO082	51,6	35,1	16,5	Puyjalon	M
RO083	36,8	49,7	12,9	Romaine	M
RO084	62,7	44,1	18,6	Puyjalon	M
RO085	38,0	47,7	9,8	Romaine	M
RO086	51,0	38,9	12,1	Puyjalon	M
RO087	48,4	36,3	12,1	Puyjalon	F
RO089	49,7	35,3	14,4	Puyjalon	F
RO090	54,0	39,2	14,8	Puyjalon	F
RO091	54,1	38,3	15,8	Puyjalon	F
RO092	37,5	39,3	1,7	Romaine	F
RO093	46,8	35,7	11,2	Puyjalon	F
RO094	52,9	38,3	14,6	Puyjalon	M
RO095	53,3	38,7	14,6	Puyjalon	F
RO096	51,1	42,3	8,8	Puyjalon	F
RO097	48,1	39,4	8,7	Puyjalon	F
RO098	38,2	42,3	4,2	Romaine	F
RO099	49,9	41,2	8,7	Puyjalon	M
RO100	37,1	39,9	2,7	Romaine	M

Individu	Valeur de vraisemblance (Log10)			Assignation	Sexe
	Romaine	Puyjalon	D		
RO101	35,0	44,6	9,6	Romaine	M
RO102	47,2	41,6	5,6	Puyjalon	F
RO103	36,7	44,7	8,1	Romaine	M
RO104	39,5	50,7	11,3	Romaine	F
RO105	55,8	39,6	16,2	Puyjalon	M
RO106	46,2	37,9	8,3	Puyjalon	M
RO107	43,5	36,8	6,7	Puyjalon	M
RO108	50,2	37,7	12,5	Puyjalon	M
RO110	52,9	38,0	14,9	Puyjalon	F
RO111	--	--	--	Indéterminé	F
RO113	48,5	44,4	4,2	Puyjalon	M
RO114	38,6	49,6	11,0	Romaine	F
RO117	36,5	41,5	5,0	Romaine	M
RO118	34,8	41,0	6,2	Romaine	F
RO119	44,3	37,7	6,6	Puyjalon	F

Références bibliographiques

- Ackerman MW, Hand B, Waples RK, Luikart G, Waples RS, Steele CA, Garner BA, McCane J, Campbell MR (2016) Effective number of breeders from sibship reconstruction: empirical evaluations using hatchery steelhead. *Evolutionary Applications* 10: 146-160.
- Aljanabi SM, Martinez I (1997) Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based techniques. *Nucleic Acids Research* 25 : 4692-4693.
- Côté G. et L. Bernatchez (2014) Caractérisation génétique des saumons atlantique des rivières Romaine et Puyjalon en élevage au LARSA (Laboratoire de Recherche en Sciences Aquatiques) et des adultes reproducteurs utilisés pour le frai artificiel. Rapport présenté par l'Université Laval à la Société Saumon de la Rivière Romaine (SSRR). 48 p. et 2 annexes
- Jones OR, Wang J (2010) COLONY: a program for parentage and sibship inference from multilocus genotype data. *Molecular Ecology Resources* 10: 551-555.
- Kalinowski ST, Taper ML, Marshall TC (2007) Revising how the computer program CERVUS accommodates genotyping error increases success in paternity assignment. *Molecular Ecology* 16: 1099-1106.
- King TL, Eackles MS, Letcher BH (2005) Microsatellite DNA markers for the study of Atlantic salmon (*Salmo salar*) kinship, population structure, and mixed-fishery analyses. *Molecular Ecology Notes* 5 : 130-132.
- Oreilly PT, Hamilton LC, Mcconnell SK, Wright JM (1996) Rapid analysis of genetic variation in Atlantic salmon (*Salmo salar*) by PCR multiplexing of dinucleotide and tetranucleotide microsatellites. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53 : 2292-2298.
- Paterson S, Piertney SB, Knox D, Gilbey J, Verspoor E (2004) Characterization and PCR multiplexing of novel highly variable tetranucleotide Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) microsatellites. *Molecular Ecology Notes* 4 : 160-162.
- Piry S, Alapetite A, Cornuet JM, Paetkau D, Baudouin L, Estoup A (2004) GENECLASS2 : a software for genetic assignment and first-generation migrant detection. *J Hered.* 95 : 536-9.
- Presa P, Guyomard R (1996) Conservation of microsatellites in three species of salmonids. *Journal of Fish Biology* 49 : 1326-1329.

- Rannala B, Mountain JL, (1997) Detecting immigration by using multilocus genotypes. Proc Natl Acad Sci USA 94 : 9197–9201.
- Slettan A, Olsaker I, Lie O (1995) Atlantic Salmon, *Salmo salar*, Microsatellites at the Ssosl25, Ssosl85, Ssosl311, Ssosl417 Loci. Animal Genetics 26 : 281-282.
- Yano AY, Nicol B, Jouanno E, Quillet E, Fostier A, Guyomard R, Guiguen Y (2013) The sexually dimorphic on the Y-chromosome gene (sdY) is a conserved male-specific Y-chromosome sequence in many salmonids. Evolutionary Applications 6: 486-496.

Annexe 1 : Protocole d'extraction de l'ADN des échantillons

Protocole d'extraction d'ADN par la méthode aux sels

Tiré de Salah M. Aljanabi & Icar Martinez, 1997 : Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based techniques. Nucleic Acids Research. 25(22): 4692-4693.

Tampon d'extraction salin :	250 ml
2 mM EDTA	1 ml de 0,5 M EDTA
10 mM Tris-HCl	2,5 ml de 1 M Tris-HCl (pH 8)
0.4 M NaCl	20 ml de 5 M NaCl
	226,5 ml dH ₂ O

SDS 20 % :

20 g de SDS + 80 ml de dH₂O, mélanger et ajuster le volume à 100 ml final

Solution saline 6 M :

Dissoudre 29 g de NaCl dans 100 ml dH₂O

Dissoudre 6.06 g de NaCl additionnel (on peut le faire chauffer au micro-ondes)

Procédure :

- 1- Couper des bouts de tissu d'environ 0,05 à 0,25 cm², nettoyer ses instruments entre chaque échantillon.
- 2- Déposer chaque échantillon dans un tube 1,5 ml pré identifiés.
- 3- Laisser les morceaux de tissu sécher (pour enlever tout l'éthanol résiduel) environ 30 minutes. Mettre une Kimtech sur les échantillons afin d'éviter la contamination durant le séchage.
- 4- Ajouter 440 µl de tampon d'extraction salin + 44 µl de SDS 20 % + 12 µl de Protéinase K (20 mg/ml).
- 5- Vortexer quelques secondes.
- 6- Incuber toute la nuit à 50 °C en mettant en mouvement à 250.
- 7- Si le tissu n'est pas suffisamment digéré, ajouter 20 µl de Protéinase K et laisser agir au minimum 2h à 50 °C en mettant en mouvement à 250 (étape à éviter).
- 8- Centrifuger quelques secondes pour faire descendre la buée qui se retrouve sur les parois des tubes.
- 9- Ajouter 4 µl de RNase A dans chaque tube. Vortexer et laisser agir 1 h à 20 °C (température ambiante).
- 10- Ajouter 300 µl de la solution saline 6 M.

- 11- Vortexer quelques secondes pour chaque tube.
- 12- Centrifuger à 10300 rpm pendant 30 minutes.
- 13- Transférer 600 µl de surnageant dans un nouveau tube 1,5 ml pré identifié.
- 14- Ajouter 600 µl isopropanol froid (conservé au congélateur -20°C).
- 15- Mélanger gentiment les tubes en les inversant quelques fois.
- 16- Incuber les tubes à -20°C pendant 1 heure ou toute la nuit (les échantillons peuvent rester dans l'isopropanol pour une longue période sans problème).
- 17- Centrifuger à 13000 rpm pendant 20 minutes.
- 18- Enlever le surnageant à la pipette.
- 19- Laissez sécher les tubes 10-15 minutes. Déposer une Kimtech dessus pour éviter la contamination.
- 20- Ajouter 500 µl d'éthanol 70 % froid (conserver au congélateur -20°C).
- 21- Centrifuger à 13000 rpm pendant 10 minutes.
- 22- Enlever le surnageant à la pipette.
- 23- Ajouter 500 µl d'éthanol 70 % froid (conserver au congélateur -20°C).
- 24- Centrifuger à 13000 rpm pendant 10 minutes.
- 25- Enlever le surnageant à la pipette.
- 26- Laisser le culot sécher 1 ou 2 heures à 60 °C ou toute la nuit à 37°C.
- 27- Dissoudre le culot dans 100 µl d'H₂O

Annexe 2 : Protocole de l'amplification et de migration sur capillaires des loci microsatellites

Solutions requises :

1. Multiplex PCR kit (Qiagen, numéro de produit: 206145)
2. Amorces R: 10 μ M
3. Amorces F: 10 μ M
4. ADN : ~10 ng/ μ l
5. Hi-Di Formamide (Applied Biosystems, numéro de produit: 4311320)
6. GeneScan 500 ROX® (Applied Biosystems, numéro de produit: 401734)
7. GeneScan 500 LIZ® (Applied Biosystems, numéro de produit: 4322682)

Les 17 loci utilisés pour les analyses génétiques ont été amplifiés en trois réactions PCR. Les quantités en microlitres (μ l) des solutions de départ nécessaires aux réactions PCR sont présentées ci-dessous pour une réaction (1 échantillon). Pour chacune des réactions PCR, le volume final est de 10 μ l.

PCR Multiplex 1		
Réactif		Volume (μ l)
Multiplex PCR kit		5
Amorce Ssa171	-R	0,2
	-F	
Amorce Ssa197	-R	0,05
	-F	
Amorce Ssa202	-R	0,3
	-F	
Amorce Ssosl417	-R	0,15
	-F	
Amorce SsaD85	-R	0,4
	-F	
Amorce SsaD71	-R	0,4
	-F	
ADN		2

PCR Multiplex 2

Réactif		Volume (µl)
Multiplex PCR kit		5
Amorce SsaD144	-R	0,6
	-F	
Amorce Sssp1605	-R	0,5
	-F	
Amorce Sssp2210	-R	0,1
	-F	
Amorce Sssp2215	-R	0,25
	-F	
Amorce Sssp2216	-R	0,05
	-F	
ADN		2

PCR Multiplex 3

Réactif		Volume (µl)
Multiplex PCR kit		5
Amorce Sssp2201	-R	0,9
	-F	
Amorce SsspG7	-R	0,1
	-F	
Amorce MST-3	-R	0,25
	-F	
Amorce Ssa85	-R	0,03
	-F	
Amorce SsaD58	-R	0,8
	-F	
Amorce SsaD486	-R	0,025
	-F	
ADN		2

Les conditions lors de la PCR étaient les suivantes :

Programme Multiplex 1, Multiplex 2 et Multiplex 3

15 min à 95°C (30 sec à 95°C; 3 min à 58°C; 1 min à 72°C)₃₅ 30 min à 72°C

Une fois les réactions terminées, on procède à la préparation de la plaque pour le séquençage et permettre la visualisation des loci migrés.

Pour les migrations - Multiplex 1, 2 et 3:

- 1- Pour chaque échantillon diluer 1 μl du produit PCR Multiplex 1 dans 10 μl d'eau.
- 2- Mélanger 2 μl de cette dilution et 10 μl d'un mélange de 10 μl de Formamide Hi-Di et 0.13 μl de GeneScan 500 LIZ.

Pour la migration - Multiplex 3:

- 1- Pour chaque échantillon diluer 1 μl du produit PCR Multiplex 1 dans 10 μl d'eau.
- 2- Mélanger 2 μl de cette dilution et 10 μl d'un mélange de 10 μl de Formamide Hi-Di et 0.13 μl de GeneScan 500 ROX.

Annexe 3 : Protocole de détermination du sexe

Solutions requises :

1. Accustart II Geltrack SuperMix 4000R (Quanta Biosciences, numéro de produit: CA89235-012)
2. Amorces R: 10 μ M
3. Amorces F: 10 μ M
4. ADN : ≤ 60 ng/ μ l

Les quantités en microlitres (μ l) des solutions de départ nécessaires aux réactions PCR sont présentées ci-dessous pour une réaction (1 échantillon). Pour chacune des réactions PCR, le volume final est de 10.5 μ l.

Réactifs	Volume (μ l)
Accustart II	6.25
SDY_E2AS4	0.5
SDY_E2S2	0.5
Eau	3.25
ADN	2

Les conditions lors de la PCR étaient les suivantes :

60 sec à 94°C (30 sec à 94°C; 30 sec à 55°C; 45 sec à 72°C)₃₅

Une fois les réactions terminées, 8 μ l de la réaction per sont migrée sur un gel d'électrophorèse 2% et visualisée sur GeneSnap 6.08 (SynGene)

ANNEXE 4 Répertoire photographique



Photo 1 – Levée d'un filet-trappe au PK 5 de la Romaine.



Photo 2 – Installation d'un filet-trappe dans la Puyjalon.



Photo 3 – Algues et débris végétaux obstruant un filet-trappe au PK 5 de la Romaine.



Photo 4 – Nettoyage d'un filet-trappe au PK 5 de la Romaine.



Photo 5 – Transport de smolts marqués au PK 5 de la Romaine dans une glacière oxygénée.



Photo 6 – Smolts capturés dans la Puyjalon en stabulation dans une glacière oxygénée.



Photo 7 – Laboratoire aménagé en rive de la rivière Romaine.



Photo 8 – Prélèvement d'écaillés sur un smolt capturé au PK 5 de la Romaine

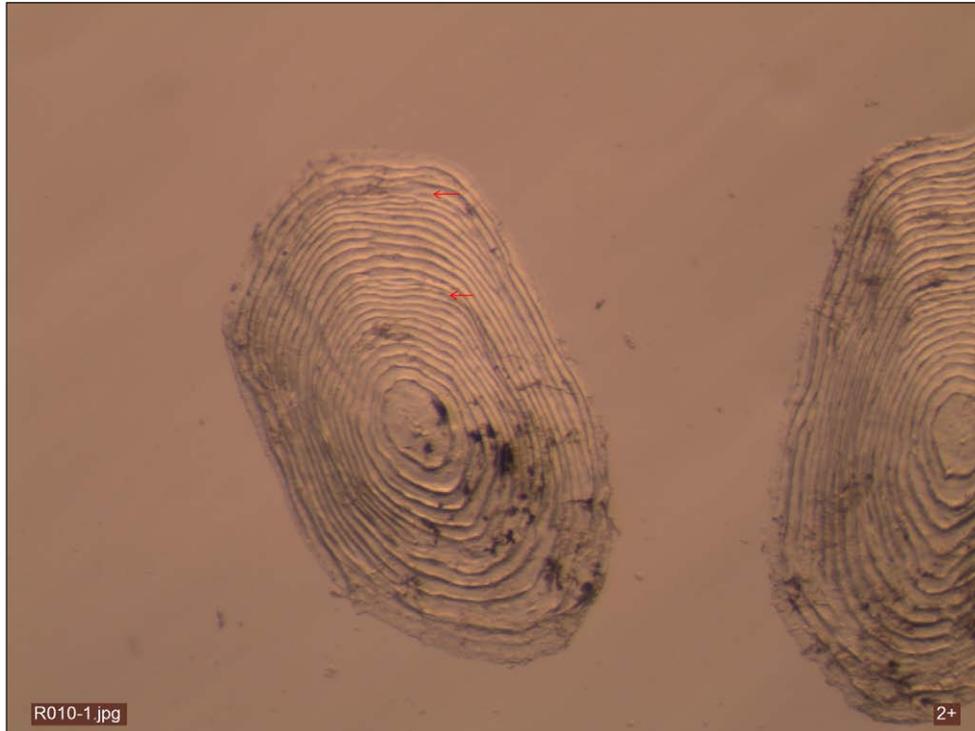


Photo 9 – Lecture d'âge sur une écaille d'un smolt d'âge 2+ issu de la reproduction naturelle (sous-population de la Romaine)

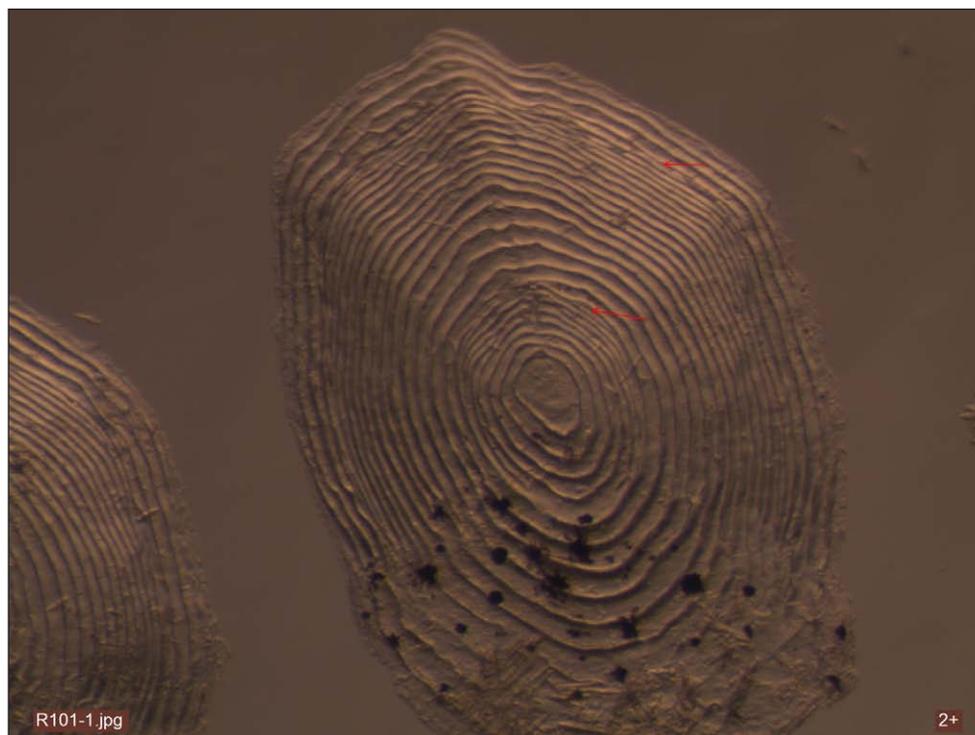


Photo 10 – Lecture d'âge sur une écaille d'un smolt d'âge 2+ issu de la reproduction naturelle (sous-population de la Romaine).



Photo 11 – Lecture d'âge sur une écaille d'un smolt d'âge 2+ issu de la reproduction naturelle (sous-population de la Puyjalon).



Photo 12 – Lecture d'âge sur une écaille d'un smolt d'âge 3+ issu de la reproduction naturelle (sous-population de la Puyjalon).



Photo 13 – Site d’installation de la barrière de comptage au PK 7,3 de la Romaine à la fin avril.



Photo 14 – Installation de l’escalier en rive.



Photo 15 – Transport de matériel vers le PK 7,3 de la Romaine.



Photo 16 – Entreposage de sections de barrière près de la Romaine.



Photo 17 – Installation de la barrière de comptage dans la Romaine.



Photo 18 – Installation de la barrière de comptage dans la Romaine.



Photo 19 – Équipe de plongeurs en préparation lors de l'installation de la barrière de comptage des saumons en montaison.



Photo 20 – Installation de la barrière de comptage dans la Romaine.



Photo 21 – Plongeurs effectuant un décompte de saumons juvéniles sur un habitat d'élevage aménagé.



Photo 22 – Aperçu du substrat sur une station d'inventaire du PK 49 (frayère).

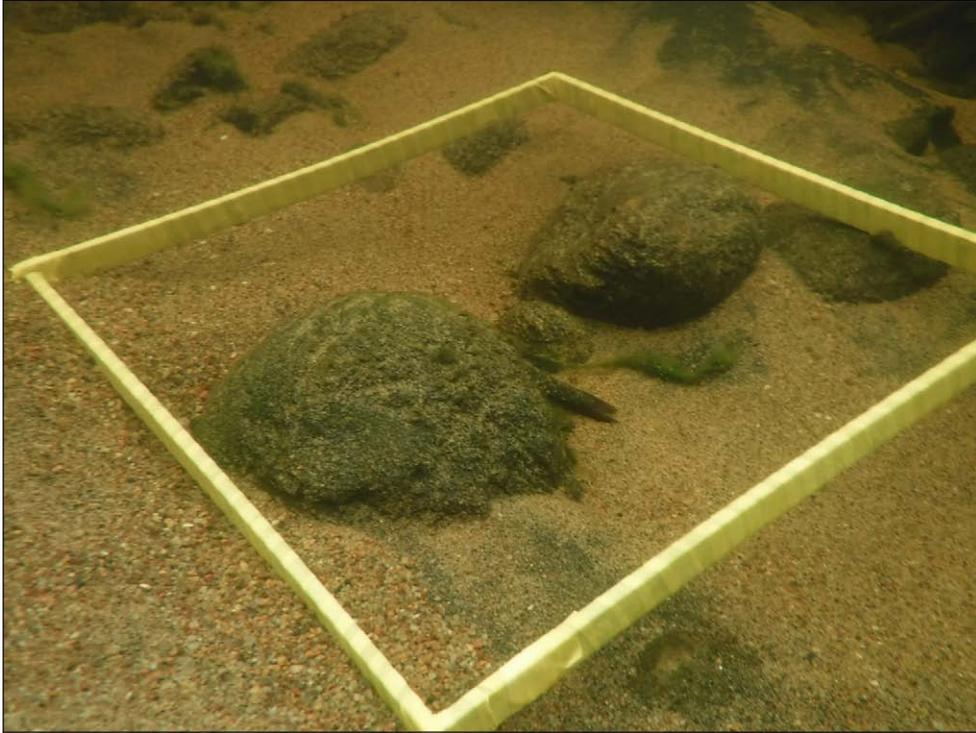


Photo 23 – Aperçu du substrat sur une station d'inventaire du PK 51 (aire d'élevage).

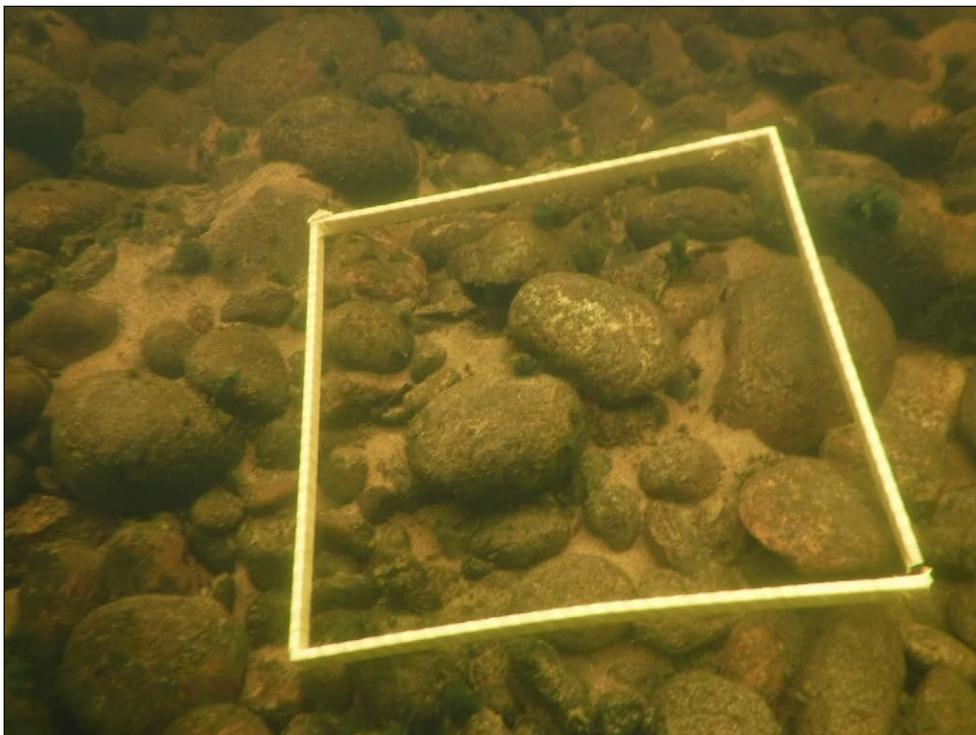


Photo 24 – Aperçu du substrat sur une station d'inventaire du PK 51 (aire d'élevage).



Photo 25 – Capsules grillagées utilisées pour l'incubation des œufs de saumon.

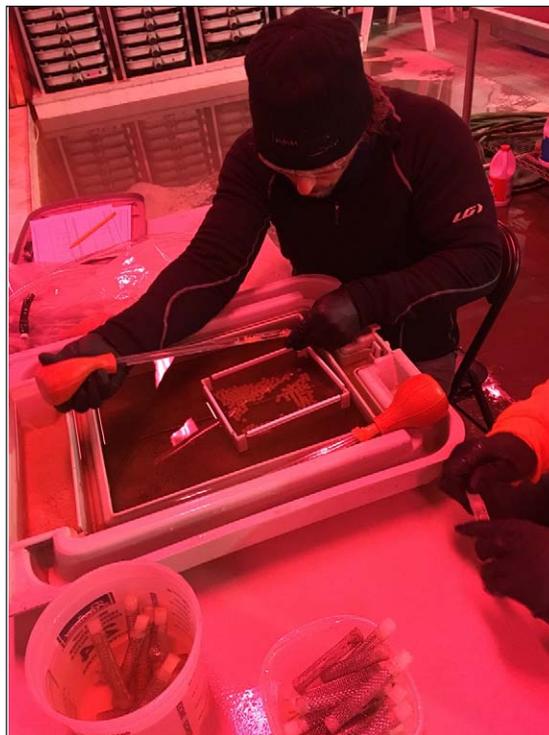


Photo 26 – Préparation des œufs de saumon à la pisciculture en vue de les implanter dans la rivière Romaine.



Photo 27 – Plongeur transportant un support à capsules contenant des œufs de saumon en vue de l'implanter dans le substrat d'une frayère.



Photo 28 – Support à capsules enfoui dans le substrat d'une frayère de la Romaine.

ANNEXE 5 Données brutes de captures dans la Romaine et dans la Puyjalon en 2018

ANNEXE 6 Données brutes des smolts capturés en 2018

Annexe 6

Données brutes des smolts capturés en 2018

n° spécimen (WSP)	Date de levée	Moment de la levée (AM ou PM)	Capturé mort	Capturé marqué	Capturé non marqué vivant	Recapturé mort	Recapturé vivant	Marqués dans la Puyjalon et recapturé mort dans la Romaine	Marqués dans la Puyjalon et recapturé vivant dans la Romaine	Longueur totale (mm)	Longueur à la fourche (mm)	Poids (g)	Facteur de condition (Fulton)	Maturité	Nageoire conservée	Écaille prélevée	Lecture d'âge retenue	Âge	Sexe	Assignment populationnelle (analyse génétique) ¹	Remarques
P0001	2018-06-06	AM	-	X	-	-	-	-	-	157	-	-	-	-	-	X	2.	2	-	-	
P0002	2018-06-07	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0003	2018-06-08	AM	-	X	-	-	-	-	-	139	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	
P0004	2018-06-08	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0005	2018-06-08	AM	-	X	-	-	-	-	-	126	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	
P0006	2018-06-08	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0007	2018-06-08	AM	-	X	-	-	-	-	-	149	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	
P0008	2018-06-08	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0009	2018-06-09	AM	-	X	-	-	-	-	-	152	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	
P0010	2018-06-09	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0011	2018-06-09	AM	-	X	-	-	-	-	-	165	-	-	-	-	-	X	3.	3	-	-	
P0012	2018-06-09	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0013	2018-06-09	AM	-	X	-	-	-	-	-	163	-	-	-	-	-	X	2.	2	-	-	
P0014	2018-06-10	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0015	2018-06-10	AM	-	X	-	-	-	-	-	160	-	-	-	-	-	X	3.	3	-	-	
P0016	2018-06-10	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0017	2018-06-10	AM	-	X	-	-	-	-	-	150	-	-	-	-	-	X	3.	3	-	-	
P0018	2018-06-10	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0019	2018-06-10	AM	-	X	-	-	-	-	-	139	-	-	-	-	-	X	3.	3	-	-	
P0020	2018-06-10	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0021	2018-06-10	AM	-	X	-	-	-	-	-	142	-	-	-	-	-	X	3.	3	-	-	
P0022	2018-06-10	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0023	2018-06-10	AM	-	X	-	-	-	-	-	200	-	-	-	-	-	X	4.	4	-	-	
P0024	2018-06-11	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0025	2018-06-12	PM	-	X	-	-	-	-	-	144	-	-	-	-	-	X	3.	3	-	-	
P0026	2018-06-12	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0027	2018-06-12	PM	-	X	-	-	-	-	-	143	-	-	-	-	-	X	3.	3	-	-	
P0028	2018-06-13	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0029	2018-06-13	AM	-	X	-	-	-	-	-	152	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	
P0030	2018-06-14	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0031	2018-06-14	AM	-	X	-	-	-	-	-	116	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	
P0032	2018-06-14	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0033	2018-06-14	AM	-	X	-	-	-	-	-	122	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	
P0034	2018-06-14	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0035	2018-06-14	AM	-	X	-	-	-	-	-	168	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	
P0036	2018-06-15	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0037	2018-06-15	AM	-	X	-	-	-	-	-	159	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	
P0038	2018-06-17	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0039	2018-06-17	PM	-	X	-	-	-	-	-	132	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	
P0040	2018-06-17	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0041	2018-06-17	PM	-	X	-	-	-	-	-	135	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	
P0042	2018-06-17	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0043	2018-06-17	PM	-	X	-	-	-	-	-	136	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	
P0044	2018-06-17	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0045	2018-06-17	PM	-	X	-	-	-	-	-	164	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	
P0046	2018-06-17	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0047	2018-06-17	PM	-	X	-	-	-	-	-	117	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	
P0048	2018-06-18	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0049	2018-06-18	PM	-	X	-	-	-	-	-	157	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	
P0050	2018-06-18	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Possibilité d'être un tacon 1+	
P0051	2018-06-19	PM	-	X	-	-	-	-	-	133	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	
P0052	2018-06-19	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0053	2018-06-19	PM	-	X	-	-	-	-	-	176	-	-	-	-	-	X	3.	3	-	-	
P0054	2018-06-19	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0055	2018-06-19	PM	-	X	-	-	-	-	-	117	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	
P0056	2018-06-19	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0057	2018-06-19	PM	-	X	-	-	-	-	-	123	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	
P0058	2018-06-19	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0059	2018-06-19	PM	-	X	-	-	-	-	-	141	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	
P0060	2018-06-19	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0061	2018-06-19	PM	-	X	-	-	-	-	-	118	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	
P0062	2018-06-19	PM	X	-	-	-	-	-	-	147	136	22,9	0,720914	1	-	X	3+	3	-	-	
P0063	2018-06-20	PM	-	-	-	X	-	-	-	136	124	19,5	0,775207	-	-	-	-	-	-	-	
P0064	2018-06-20	PM	-	-	-	X	-	-	-	135	124	20,4	0,829142	-	-	X	2+	2	-	-	
P0065	2018-06-20	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0066	2018-06-20	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0067	2018-06-20	PM	-	X	-	-	-	-	-	136	-	-	-	-	-	X	2.	2	-	-	
P0068	2018-06-20	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0069	2018-06-20	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0070	2018-06-20	PM	-	X	-	-	-	-	-	157	-	-	-	-	-	X	3.	3	-	-	
P0071	2018-06-20	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0072	2018-06-20	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0073	2018-06-20	PM	-	X	-	-	-	-	-	137	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	
P0074	2018-06-20	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0075	2018-06-20	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0076	2018-06-20	PM	-	X	-	-	-	-	-	151	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	
P0077	2018-06-20	PM	-	X	-	-	-	-	-	112	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0078	2018-06-20	PM	-	X	-	-	-	-	-	132	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	
P0079	2018-06-20	PM	X	-	-	-	-	-	-	158	145	24,8	0,628754	-	-	-	-	-	-	-	
P0080	2018-06-21	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Mourant sûrement blessé par l'ouverture du filet	
P0081	2018-06-21	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0082	2018-06-21	PM	-	X	-	-	-	-	-	129	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	
P0083	2018-06-21	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0084	2018-06-21	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P0085	2018-06-21	PM	-	X	-	-	-	-	-	144	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	

Annexe 6 (suite) Données brutes des smolts capturés en 2018

n° spécimen (WSP)	Date de levée	Moment de la levée (AM ou PM)	Capturé mort	Capturé marqué	Capturé non marqué vivant	Recapturé mort	Recapturé vivant	Marqués dans la Puyjalon et recapturé mort dans la Romaine	Marqués dans la Puyjalon et recapturé vivant dans la Romaine	Longueur totale (mm)	Longueur à la fourche (mm)	Poids (g)	Facteur de condition (Fulton)	Maturité	Nageoire conservée	Écaille prélevée	Lecture d'âge retenue	Âge	Sexe	Assignation populationnelle (analyse génétique) ¹	Remarques
P0086	2018-06-21	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P0087	2018-06-21	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P0088	2018-06-21	PM	-	X	-	-	-	-	-	157	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	-
P0089	2018-06-21	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P0090	2018-06-21	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P0091	2018-06-21	PM	-	X	-	-	-	-	-	147	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	-
P0092	2018-06-21	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P0093	2018-06-21	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P0094	2018-06-21	PM	-	X	-	-	-	-	-	150	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	-
P0095	2018-06-21	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P0096	2018-06-21	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P0097	2018-06-21	PM	-	X	-	-	-	-	-	121	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	-
P0098	2018-06-21	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P0099	2018-06-21	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P0100	2018-06-21	PM	-	X	-	-	-	-	-	141	-	-	-	-	-	X	3.	3	-	-	-
P0101	2018-06-22	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P0102	2018-06-22	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P0103	2018-06-22	PM	-	X	-	-	-	-	-	162	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	-
P0104	2018-06-22	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P0105	2018-06-22	PM	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P0106	2018-06-22	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P0107	2018-06-22	PM	-	X	-	-	-	-	-	136	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	-
P0108	2018-06-22	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P109	2018-06-23	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
p110	2018-06-24	PM	-	X	-	-	-	-	-	133	-	-	-	-	-	X	3.	3	-	-	-
P111	2018-06-24	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P112	2018-06-25	PM	-	X	-	-	-	-	-	156	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	-
P113	2018-06-26	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P114	2018-06-26	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P115	2018-06-26	PM	-	X	-	-	-	-	-	153	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	-
P116	2018-06-26	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P117	2018-06-26	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P118	2018-06-26	PM	-	X	-	-	-	-	-	152	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	-
P119	2018-06-26	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P120	2018-06-26	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Blessé derrière la nageoire anale
P121	2018-06-26	PM	-	X	-	-	-	-	-	167	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	-
P122	2018-06-26	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P123	2018-06-26	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P124	2018-06-26	PM	-	X	-	-	-	-	-	164	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	-
P125	2018-06-26	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P126	2018-06-26	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P127	2018-06-26	PM	-	X	-	-	-	-	-	153	-	-	-	-	-	X	3.	3	-	-	-
P128	2018-06-26	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P129	2018-06-26	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P130	2018-06-26	PM	-	X	-	-	-	-	-	154	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	-
P131	2018-06-26	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P132	2018-06-26	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P133	2018-06-26	PM	-	X	-	-	-	-	-	154	-	-	-	-	-	X	3.	3	-	-	-
P134	2018-06-27	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P135	2018-06-27	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P136	2018-06-27	PM	-	X	-	-	-	-	-	156	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	-
P137	2018-06-27	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P138	2018-06-27	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P139	2018-06-27	PM	-	X	-	-	-	-	-	153	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	-
P140	2018-06-27	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P141	2018-06-27	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P142	2018-06-27	PM	-	X	-	-	-	-	-	157	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	-
P143	2018-06-27	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P144	2018-06-27	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P145	2018-06-27	PM	-	X	-	-	-	-	-	151	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
P146	2018-06-27	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P147	2018-06-27	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P148	2018-06-27	PM	-	X	-	-	-	-	-	154	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	-
P149	2018-06-27	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P150	2018-06-27	PM	X	-	-	-	-	-	-	149	140	25,8	0,779939	-	-	X	3+	3	-	-	Moribon mort dans la glacière
P151	2018-06-28	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P152	2018-06-28	PM	-	X	-	-	-	-	-	167	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	-
P153	2018-06-28	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P154	2018-06-28	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P155	2018-06-28	PM	-	X	-	-	-	-	-	161	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
P156	2018-06-28	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P157	2018-06-28	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P158	2018-06-28	PM	-	X	-	-	-	-	-	147	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	-
P159	2018-06-28	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P160	2018-06-28	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P161	2018-06-28	PM	-	X	-	-	-	-	-	126	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	-
P162	2018-06-28	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P163	2018-06-28	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P164	2018-06-28	PM	-	X	-	-	-	-	-	135	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	-
P165	2018-06-28	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P166	2018-06-28	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P167	2018-06-28	PM	-	X	-	-	-	-	-	129	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	-
P168	2018-06-28	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P169	2018-06-28	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P170	2018-06-28	PM	-	X	-	-	-	-	-	155	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	-

Annexe 6 (suite) Données brutes des smolts capturés en 2018

n° spécimen (WSP)	Date de levée	Moment de la levée (AM ou PM)	Capturé mort	Capturé marqué	Capturé non marqué vivant	Recapturé mort	Recapturé vivant	Marqués dans la Puyjalon et recapturé mort dans la Romaine	Marqués dans la Puyjalon et recapturé vivant dans la Romaine	Longueur totale (mm)	Longueur à la fourche (mm)	Poids (g)	Facteur de condition (Fulton)	Maturité	Nageoire conservée	Écaille prelevée	Lecture d'âge retenue	Âge	Sexe	Assignment populationnelle (analyse génétique) ¹	Remarques
P511	2018-07-16	PM	-	X	-	-	-	-	-	151	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
P512	2018-07-17	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P513	2018-07-17	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P514	2018-07-17	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P515	2018-07-17	PM	-	X	-	-	-	-	-	171	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	Possibilité d'être une ouananiche
P516	2018-07-17	PM	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P517	2018-07-17	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P518	2018-07-17	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P519	2018-07-17	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P520	2018-07-17	PM	-	X	-	-	-	-	-	137	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	-
P521	2018-07-18	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P522	2018-07-18	PM	-	X	-	-	-	-	-	162	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	-
P523	2018-07-18	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P524	2018-07-18	PM	-	X	-	-	-	-	-	157	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	-
P525	2018-07-18	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P526	2018-07-18	PM	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P527	2018-07-18	PM	-	X	-	-	-	-	-	152	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
P528	2018-07-19	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P529	2018-07-19	PM	-	X	-	-	-	-	-	144	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	-
P530	2018-07-19	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P531	2018-07-19	PM	-	X	-	-	-	-	-	144	-	-	-	-	-	X	2+	2	-	-	-
P532	2018-07-19	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P533	2018-07-19	PM	X	-	-	-	-	-	-	137	126	18,9	0,735022	-	-	X	2+	2	-	-	Poisson sorti du contenu stomacal d'un brochet (possible prédation dans le chalut)
P534	2018-07-20	PM	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P535	2018-07-20	PM	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P536	2018-07-20	PM	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R001	2018-06-14	AM	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R002	2018-06-14	AM	-	X	-	-	-	-	-	244	-	-	-	-	X	X	3+	3	M	Romaine	-
R003	2018-06-17	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	M	Puyjalon	-
R004	2018-06-18	AM	-	X	-	-	-	-	-	153	-	-	-	-	X	X	2+	2	F	Puyjalon	-
R005	2018-06-18	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	M	Puyjalon	-
R006	2018-06-20	AM	-	X	-	-	-	-	-	162	-	-	-	-	X	X	3+	3	F	Puyjalon	-
R007	2018-06-20	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon	-
R008	2018-06-21	AM	-	X	-	-	-	-	-	140	-	-	-	-	X	X	2+	2	M	Puyjalon	-
R009	2018-06-22	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon	-
R010	2018-06-22	AM	X	-	-	-	-	-	-	134	124	17	0,706536	-	X	X	2+	2	F	Romaine	-
R011	2018-06-22	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon	-
R012	2018-06-22	AM	-	X	-	-	-	-	-	160	-	-	-	-	X	X	2+	2	F	Puyjalon	-
R013	2018-06-22	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon	-
R014	2018-06-22	AM	-	X	-	-	-	-	-	152	-	-	-	-	X	X	3+	3	F	Puyjalon	-
R015	2018-06-22	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon	-
R016	2018-06-22	AM	-	X	-	-	-	-	-	137	-	-	-	-	X	X	2+	2	M	Puyjalon	-
R017	2018-06-22	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon	-
R018	2018-06-22	PM	-	X	-	-	-	-	-	179	-	-	-	-	X	X	-	-	M	Puyjalon	-
R019	2018-06-22	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	M	Romaine	-
R020	2018-06-22	PM	-	X	-	-	-	-	-	170	-	-	-	-	X	X	3+	3	M	Romaine	-
R021	2018-06-23	AM	-	X	-	-	-	-	-	150	-	-	-	-	X	X	3+	3	F	Puyjalon	-
R022	2018-06-23	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon	-
R023	2018-06-23	AM	-	X	-	-	-	-	-	171	-	-	-	-	X	X	3+	3	F	Puyjalon	-
R024	2018-06-23	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon	-
R025	2018-06-23	AM	-	X	-	-	-	-	-	141	-	-	-	-	X	X	3+	3	M	Puyjalon	-
R026	2018-06-23	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon	-
R027	2018-06-25	AM	-	X	-	-	-	-	-	150	-	-	-	-	X	X	-	-	F	Puyjalon	-
R028	2018-06-25	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon	-
R029	2018-06-25	AM	-	X	-	-	-	-	-	155	-	-	-	-	X	X	3+	3	F	Puyjalon	-
R030	2018-06-26	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon	-
R031	2018-06-26	AM	-	X	-	-	-	-	-	186	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	Nageoire adipeuse perdue
R032	2018-06-26	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon	-
R033	2018-06-26	AM	-	X	-	-	-	-	-	160	-	-	-	-	X	X	3+	3	F	Puyjalon	-
R034	2018-06-27	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon	-
R035	2018-06-27	AM	-	X	-	-	-	-	-	142	-	-	-	-	X	X	2+	2	M	Puyjalon	-
R036	2018-06-28	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	M	Puyjalon	-
R037	2018-06-28	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Nageoire adipeuse perdue
R038	2018-06-28	AM	-	X	-	-	-	-	-	146	-	-	-	-	-	X	3+	3	-	-	Nageoire adipeuse perdue
R039	2018-06-28	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon	-
R040	2018-06-28	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon	-
R041	2018-06-28	AM	-	X	-	-	-	-	-	169	-	-	-	-	X	X	3+	3	F	Puyjalon	-
R042	2018-06-28	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon	-
R043	2018-06-28	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Nageoire adipeuse perdue
R044	2018-06-28	AM	-	X	-	-	-	-	-	148	-	-	-	-	X	X	3.	3	F	Puyjalon	-
R045	2018-06-28	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon	-
R046	2018-06-28	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Nageoire adipeuse perdue
R047	2018-06-28	AM	-	X	-	-	-	-	-	166	-	-	-	-	X	X	3+	3	F	Puyjalon	-
R048	2018-06-28	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon	-
R049	2018-06-28	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Nageoire adipeuse perdue
R050	2018-06-28	AM	-	X	-	-	-	-	-	138	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon	Pas d'écaille, manipulation trop longue
R051	2018-06-28	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Nageoire adipeuse perdue
R052	2018-06-28	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon	-
R053	2018-06-29	AM	-	X	-	-	-	-	-	193	-	-	-	-	X	X	2+	2	M	Romaine	-
R054	2018-06-29	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Nageoire adipeuse perdue
R055	2018-06-29	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon	-
R056	2018-06-29	AM	-	X	-	-	-	-	-	143	-	-	-	-	X	X	2+	2	F	Puyjalon	-
R057	2018-06-29	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Romaine	-
R058	2018-06-29	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	M	Puyjalon	-
R059	2018-06-29	AM	-	X	-	-	-	-	-	195	-	-	-	-	X	X	2+	2	M	Romaine	-

Annexe 6 (suite) Données brutes des smolts capturés en 2018

n° spécimen (WSP)	Date de levée	Moment de la levée (AM ou PM)	Capturé mort	Capturé marqué	Capturé non marqué vivant	Recapturé mort	Recapturé vivant	Marqués dans la Puyjalon et recapturé mort dans la Romaine	Marqués dans la Puyjalon et recapturé vivant dans la Romaine	Longueur totale (mm)	Longueur à la fourche (mm)	Poids (g)	Facteur de condition (Fulton)	Maturité	Nageoire conservée	Écaille prélevée	Lecture d'âge retenue	Âge	Sexe	Assignment populationnelle (analyse génétique) ¹	Remarques	
R060	2018-06-29	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon		
R061	2018-06-29	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	M	Puyjalon		
R062	2018-06-29	AM	-	X	-	-	-	-	-	156	-	-	-	-	X	X	-	-	M	Romaine		
R063	2018-06-29	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon		
R064	2018-06-29	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Nageoire adipeuse perdue	
R065	2018-06-29	AM	-	X	-	-	-	-	-	145	-	-	-	-	X	X	-	-	M	Puyjalon		
R066	2018-06-30	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Nageoire adipeuse perdue	
R067	2018-06-30	AM	-	X	-	-	-	-	-	155	-	-	-	-	X	X	3+	3	M	Puyjalon		
R068	2018-06-30	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	M	Romaine		
R069	2018-06-30	AM	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
R070	2018-07-01	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon		
R071	2018-07-01	AM	-	X	-	-	-	-	-	147	-	-	-	-	X	X	3+	3	M	Puyjalon		
R072	2018-07-01	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	M	Puyjalon		
R073	2018-07-01	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon		
R074	2018-07-01	AM	-	X	-	-	-	-	-	155	-	-	-	-	X	X	3+	3	F	Puyjalon		
R075	2018-07-01	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon		
R076	2018-07-01	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon		
R077	2018-07-01	AM	-	X	-	-	-	-	-	161	-	-	-	-	X	X	3+	3	F	Puyjalon		
R078	2018-07-01	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	M	Romaine		
R079	2018-07-01	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	M	Puyjalon		
R080	2018-07-01	AM	-	X	-	-	-	-	-	159	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon	Pas d'écaille, manipulation trop longue	
R081	2018-07-01	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon		
R082	2018-07-01	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	M	Puyjalon		
R083	2018-07-02	AM	-	X	-	-	-	-	-	187	-	-	-	-	X	X	2+	2	M	Romaine		
R084	2018-07-02	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	M	Puyjalon		
R085	2018-07-02	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	M	Romaine		
R086	2018-07-02	AM	-	X	-	-	-	-	-	150	-	-	-	-	X	X	3+	3	M	Puyjalon		
R087	2018-07-02	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon		
R088	2018-07-02	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Nageoire adipeuse perdue	
R089	2018-07-02	AM	-	X	-	-	-	-	-	137	-	-	-	-	X	X	2+	2	F	Puyjalon		
R090	2018-07-03	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon		
R091	2018-07-03	AM	-	X	-	-	-	-	-	154	-	-	-	-	X	X	2+	2	F	Puyjalon		
R092	2018-07-03	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Romaine		
R093	2018-07-03	AM	-	X	-	-	-	-	-	174	-	-	-	-	X	X	3+	3	F	Puyjalon		
R094	2018-07-04	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	M	Puyjalon		
R095	2018-07-04	AM	-	X	-	-	-	-	-	140	-	-	-	-	X	X	2+	2	F	Puyjalon		
R096	2018-07-05	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon		
R097	2018-07-05	AM	-	X	-	-	-	-	-	139	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon	Pas d'écaille, manipulation trop longue	
R098	2018-07-05	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Romaine		
R099	2018-07-06	AM	X	-	-	-	-	-	-	133	125	16,8	0,714092	-	X	X	2+	2	M	Puyjalon	Mort accidentelle dans le bateau	
R100	2018-07-07	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	M	Romaine		
R101	2018-07-07	AM	-	X	-	-	-	-	-	174	-	-	-	-	X	X	2+	2	M	Romaine		
R102	2018-07-07	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon		
R103	2018-07-07	PM	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	M	Romaine	2 ^o levée, smolt envoyé à la pisciculture de la SSRR, adipeuse marquée	
R104	2018-07-07	PM	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Romaine	2 ^o levée, smolt envoyé à la pisciculture de la SSRR, adipeuse marquée	
R105	2018-07-07	PM	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	M	Puyjalon		
R106	2018-07-08	PM	-	X	-	-	-	-	-	141	-	-	-	-	X	X	2+	2	M	Puyjalon		
R107	2018-07-09	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	M	Puyjalon		
R108	2018-07-11	PM	-	X	-	-	-	-	-	147	-	-	-	-	X	X	2+	2	M	Puyjalon		
R109	2018-07-11	PM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Nageoire adipeuse perdue	
R110	2018-07-11	PM	-	X	-	-	-	-	-	147	-	-	-	-	X	X	2+	2	F	Puyjalon		
R111	2018-07-11	PM	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Indéterminé		
R112	2018-07-12	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
R113	2018-07-13	AM	-	X	-	-	-	-	-	176	-	-	-	-	X	X	2+	2	M	Puyjalon		
R114	2018-07-13	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Romaine		
R115	2018-07-13	AM	-	X	-	-	-	-	-	158	-	-	-	-	-	X	-	2+	2	-	-	Nageoire adipeuse perdue
R116	2018-07-16	AM	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
R117	2018-07-17	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	M	Romaine		
R118	2018-07-17	AM	-	X	-	-	-	-	-	201	-	-	-	-	X	X	2+	2	F	Romaine		
R119	2018-07-17	AM	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	F	Puyjalon		

¹ Les analyses génétiques réalisées en 2018 n'ont pas permis d'identifier de smolts issu desensemencements de 2015 (Romaine) ou de 2016 (Romaine et Puyjalon).

ANNEXE 7 Débits horaires de la Romaine à l'hiver et au printemps entre 2013 et 2018

Figure A7-1 Débits horaires de la Romaine (PK 16 ou PK 46) entre décembre et avril de 2013 à 2018

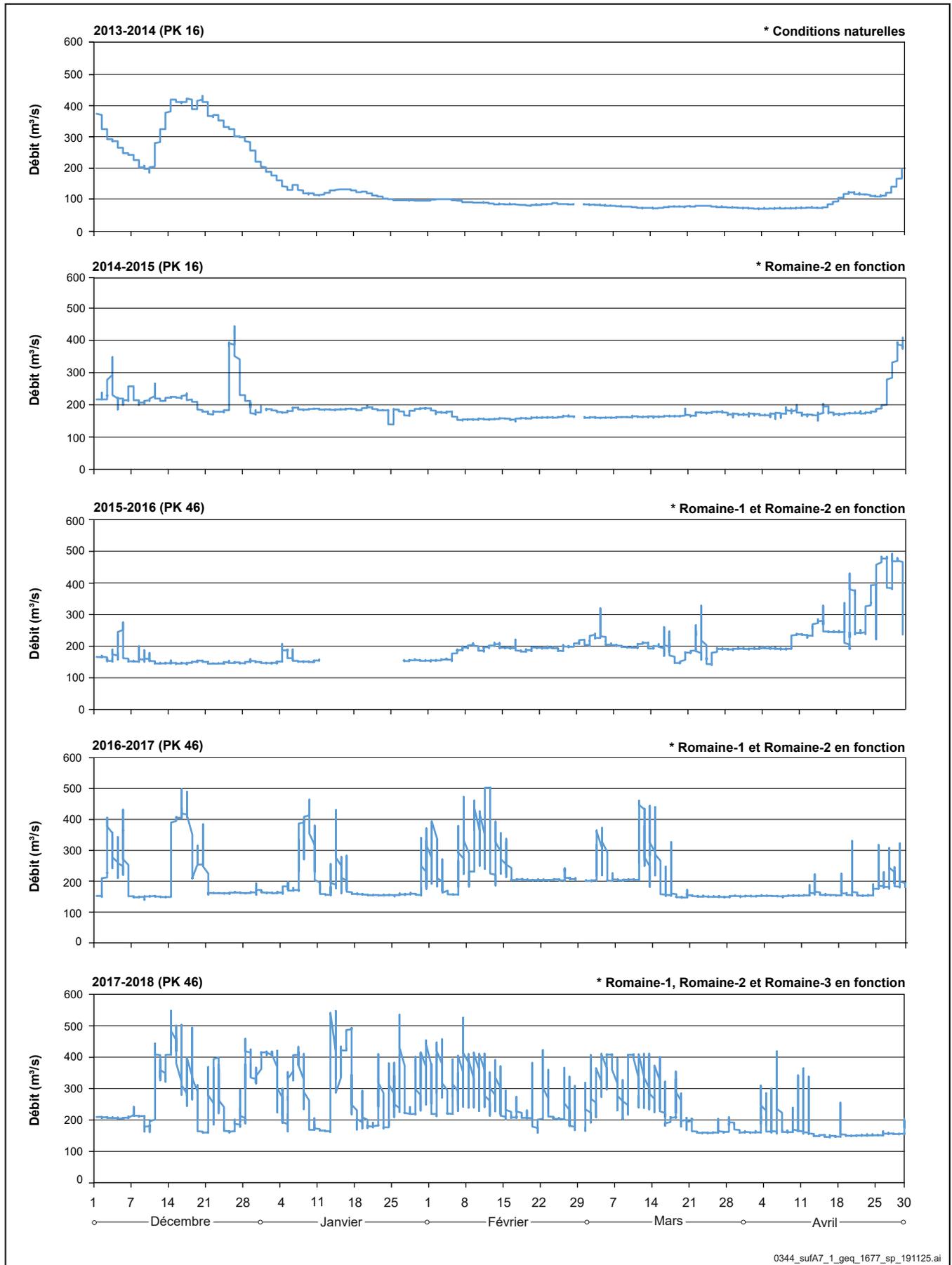
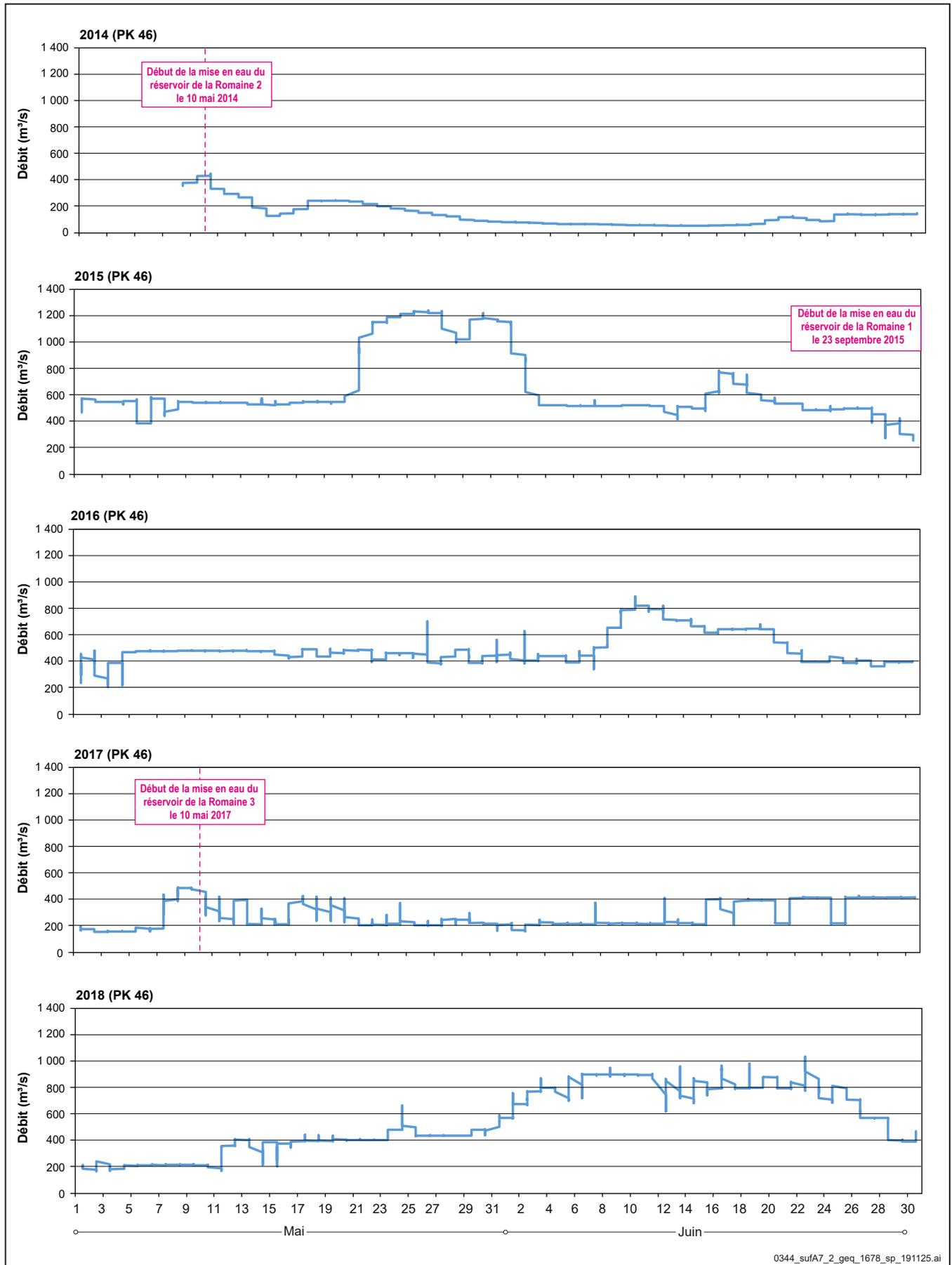


Figure A7-2 Débits horaires de la Romaine au PK 46 entre mai et juin de 2014 à 2018



0344_sufA7_2_geq_1678_sp_191125.ai

ANNEXE 8 Calcul de l'évaluation de la population de smolts par la méthode de capture-marquage-recapture (CMR)

Annexe 8

Calcul de l'évaluation de la population de smolts par la méthode de capture-marquage-recapture (CMR)

Évaluation de l'abondance de la population selon le modèle de Peterson (rivière Puyjalon)

Formule: $N = (M+1) \cdot (C+1) / (R+1)$

	<i>Puyjalon</i>
M: Nombre de spécimens marqués	484
C: Nbre de captures au site de recaptures	535
R: Nbre de spécimens marqués recapturés	27
N: Effectif de la population de smolt	9284
MIN	7086
MAX	13441

Calcul de l'intervalle de confiance (rivière Puyjalon)

Calcul du MAX (int. confiance 95 %)

où:

	<i>Puyjalon</i>
x	27
n	535
v ₁	1018
v ₂	54
F (2), v ₁ ,v ₂	1,42
MAX	0,036011
nbre	13441

x = R

n = C

v₁ = 2*(C-R+1)

v₂ = 2*R

F (2), v₁,v₂ = Voir table du F (anova), 2 (bilatéral), v₁ (var 1), v₂ (var 2)

MAX = R/(R+(C-R+1)*(F (2), v₁,v₂))

nbre = (1/MAX)*M

Calcul du MIN (int. confiance 95 %)

où:

	<i>Puyjalon</i>
V'1	56
V'2	1016
F (2), v ₁ ,v ₂	1,33
MIN	0,068300
nbre	7086

V'1 = v₂ + 2

V'2 = v₁ - 2

F (2), v₁,v₂ = Voir table du F (anova), 2 (bilatéral), v₁ (var 1), v₂ (var 2)

MIN = (R+1)*(F (2), v₁,v₂)/((C-R)+(R+1)*(F (2), v₁,v₂))

nbre = (1/MIN)*M

Évaluation de l'abondance de la population de l'ensemble du bassin versant de la Romaine selon le CMR basé sur les données amassées dans la rivière Puyjalon et sur les analyses génétiques réalisées sur les smolts capturés au PK 5 de la Romaine

Résultats des analyses génétiques et répartition des smolts selon leur origine au sein de la population:

	N	%
Nombre d'analyses génétiques conservées:	102	
Smolts issus desensemencements:	0	
Smolts issus de la reproduction naturelle:	102	
Sous-population de la Puyjalon:	80	79,2079208 (= 80/101)
Sous-population de la Romaine:	21	20,7920792 (= 21/101)
Sous-population connue:	101	
Sous-population indéterminée:	1	

Évaluation de l'abondance de la population de smolts selon leur origine pour l'ensemble du bassin versant:

	N	MIN	MAX
Smolts issus de la reproduction naturelle (sous-population de la Puyjalon):	9284	7086	13441
Smolts issus de la reproduction naturelle (sous-population de la Romaine):	2437	1860	3528
Smolts issus desensemencements (dans la Puyjalon):	0	0	0
Smolts issus desensemencements (dans la Romaine):	0	0	0
Population totale:	11721	8947	16969

ANNEXE 9 Détail du calcul de l'âge à la smoltification par cohorte d'œufs

Annexe 9 Détail du calcul de l'âge à la smoltification par cohortes d'œufs

Tableau A9-1 Âge à la smoltification des smolts issus de la cohorte d'œufs de 2010.

Paramètre	Cours principal de la Romaine	Puyjalon et ses tributaires
Smolts de 2 ans en 2013		
Nombre total de smolts en dévalaison	9 412	11 869
(i.c. 95 %)	(6 688 à 10 605)	(8 443 à 19 074)
Smolts âgés de 2 ans (%)	97,7 (42/43)	38,9 (21/54)
Nombre de smolts de 2 ans en dévalaison ¹	9 196	4 617
(i.c. 95 %)	(6 534 à 10 361)	(3 284 à 7 420)
Smolts de 3 ans en 2014		
Nombre total de smolts en dévalaison	9 554	18 264
(i.c. 95 %)	(7 988 à 11 624)	(15 272 à 22 223)
Smolts âgés de 3 ans (%)	23,5 (8/34)	57,1 (36/63)
Nombre de smolts de 3 ans en dévalaison ¹	2 248	10 437
(i.c. 95 %)	(1 880 à 2 735)	(8 727 à 12 699)
Smolts de 4 ans en 2015		
Nombre total de smolts en dévalaison	3 814	8 463
(i.c. 95 %)	(2 771 à 6 181)	(6 147 à 13 726)
Smolts âgés de 4 ans (%)	0 (0/35)	2,5 (2/79)
Nombre de smolts de 4 ans en dévalaison ¹	0	214
(i.c. 95 %)		(156 à 347)
Âge à la smoltification des smolts issus de la cohorte d'œufs de 2010		
Nombre de smolts en dévalaison	11 444	15 268
(i.c. 95 %)	(8 414 à 13 096)	(12 167 à 20 466)
Âge à la smoltification	2,20	2,71

¹ Les proportions exactes ont été utilisées pour calculer le nombre de smolts.

Tableau A9-2 Âge à la smoltification des smolts issus de la cohorte d'œufs de 2011.

Paramètre	Cours principal de la Romaine	Puyjalon et ses tributaires
Smolts de 2 ans en 2014		
Nombre total de smolts en dévalaison	9 554	18 264
(i.c. 95 %)	(7 988 à 11 624)	(15 272 à 22 223)
Smolts âgés de 2 ans (%)	76,5 (26/34)	42,9 (27/63)
Nombre de smolts de 2 ans en dévalaison ¹	7 306	7 827
(i.c. 95 %)	(6 108 à 8 889)	(6 545 à 9 524)
Smolts de 3 ans en 2015		
Nombre total de smolts en dévalaison	3 814	8 463
(i.c. 95 %)	(2 771 à 6 181)	(6 147 à 13 726)
Smolts âgés de 3 ans (%)	17,1 (6/35)	57,0 (45/79)
Nombre de smolts de 3 ans en dévalaison ¹	654	4 821
(i.c. 95 %)	(475 à 1 060)	(3 501 à 7 819)
Smolts de 4 ans en 2016		
Nombre total de smolts en dévalaison	2 598	12 845
(i.c. 95 %)	(1 540 à 6 233)	(7 612 à 30 817)
Smolts âgés de 4 ans (%)	0 (0/17)	0 (0/88)
Nombre de smolts de 4 ans en dévalaison ¹	0	0
(i.c. 95 %)		
Âge à la smoltification des smolts issus de la cohorte d'œufs de 2011		
Nombre de smolts en dévalaison	7 960	12 648
(i.c. 95 %)	(6 583 à 9 949)	(10 046 à 17 343)
Âge à la smoltification	2,08	2,38

¹ Les proportions exactes ont été utilisées pour calculer le nombre de smolts.

Tableau A9-3 Âge à la smoltification des smolts issus de la cohorte d'œufs de 2012.

Paramètre	Cours principal de la Romaine	Puyjalon et ses tributaires
Smolts de 2 ans en 2015		
Nombre total de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	3 814 (2 771 à 6 181)	8 463 (6 147 à 13 726)
Smolts âgés de 2 ans (%)	82,9 (29/35)	40,5 (32/79)
Nombre de smolts de 2 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	3 160 (2 296 à 5 121)	3 428 (2 490 à 5 560)
Smolts de 3 ans en 2016		
Nombre total de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	2 598 (1 540 à 6 233)	12 845 (7 612 à 30 817)
Smolts âgés de 3 ans (%)	0 (0/17)	92,0 (81/88)
Nombre de smolts de 3 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	0	11 823 (7 007 à 28 366)
Smolts de 4 ans en 2017		
Nombre total de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	1 284 (1 017 à 1 763)	8 843 (7 007 à 12 142)
Smolts âgés de 4 ans (%)	0 (0/27)	7,1 (13/184)
Nombre de smolts de 4 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	0	625 (495 à 858)
Âge à la smoltification des smolts issus de la cohorte d'œufs de 2012		
Nombre de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	3 160 (2 296 à 5 121)	15 876 (9 992 à 34 784)
Âge à la smoltification	2,00	2,82

¹ Les proportions exactes ont été utilisées pour calculer le nombre de smolts.

Tableau A9-4 Âge à la smoltification des smolts issus de la cohorte d'œufs de 2013.

Paramètre	Cours principal de la Romaine	Puyjalon et ses tributaires
Smolts de 2 ans en 2016		
Nombre total de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	2 598 (1 540 à 6 233)	12 845 (7 612 à 30 817)
Smolts âgés de 2 ans (%)	100 (17/17)	8,0 (7/88)
Nombre de smolts de 2 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	2 598 (1 540 à 6 233)	1 022 (606 à 2 451)
Smolts de 3 ans en 2017		
Nombre total de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	1 284 (1 017 à 1 763)	8 843 (7 007 à 12 142)
Smolts âgés de 3 ans (%)	7,4 (2/27)	58,7 (108/184)
Nombre de smolts de 3 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	95 (75 à 131)	5 190 (4 113 à 7 127)
Smolts de 4 ans en 2018		
Nombre total de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	2 437 (1 860 à 3 528)	9 284 (7 086 à 13 441)
Smolts âgés de 4 ans (%)	0 (0/8)	0 (0/30)
Nombre de smolts de 4 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	0	0
Âge à la smoltification des smolts issus de la cohorte d'œufs de 2013		
Nombre de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	2 693 (1 615 à 6 364)	6 212 (4 719 à 9 578)
Âge à la smoltification	2,04	2,84

¹ Les proportions exactes ont été utilisées pour calculer le nombre de smolts.

Tableau A9-5 Âge à la smoltification des smolts issus de la cohorte d'œufs de 2014.

Paramètre	Cours principal de la Romaine	Puyjalon et ses tributaires
Smolts de 2 ans en 2017		
Nombre total de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	1 284 (1 017 à 1 763)	8 843 (7 007 à 12 142)
Smolts âgés de 2 ans (%)	88,9 (24/27)	34,2 (63/184)
Nombre de smolts de 2 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	1 141 (904 à 1 567)	3 028 (2 399 à 4 157)
Smolts de 3 ans en 2018		
Nombre total de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	2 437 (1 860 à 3 528)	9 284 (7 086 à 13 441)
Smolts âgés de 3 ans (%)	25 (2/8)	53 (16/30)
Nombre de smolts de 3 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	609 (465 à 882)	4 952 (3 779 à 7 168)
Smolts de 4 ans en 2019		
Nombre total de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	À venir	À venir
Smolts âgés de 4 ans (%)	À venir	À venir
Nombre de smolts de 4 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	À venir	À venir
Âge à la smoltification des smolts issus de la cohorte d'œufs de 2014²		
Nombre de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	1 750 (1 369 à 2 449)	7 980 (6 178 à 11 325)
Âge à la smoltification	2,35	2,62

1 Les proportions exactes ont été utilisées pour calculer le nombre de smolts.

2 Âge à la smoltification à préciser en 2018 si des smolts de 4 ans sont capturés en 2019.

Tableau A9-6 Âge à la smoltification des smolts issus de la cohorte d'œufs de 2015.

Paramètre	Cours principal de la Romaine	Puyjalon et ses tributaires
Smolts de 1 an en 2017		
Nombre total de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	1 284 (1 017 à 1 763)	8 843 (7 007 à 12 142)
Smolts âgés de 1 an (%)	3,7 (1/27)	0 (0/184)
Nombre de smolts de 1 an en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	48 (38 à 65)	0
Smolts de 2 ans en 2018		
Nombre total de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	2 437 (1 860 à 3 528)	9 284 (7 086 à 13 441)
Smolts âgés de 2 ans (%)	75 (6/8)	47 (14/30)
Nombre de smolts de 2 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	1 828 (1 395 à 2 646)	4 333 (3 307 à 6 272)
Smolts de 3 ans en 2019		
Nombre total de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	À venir	À venir
Smolts âgés de 3 ans (%)	À venir	À venir
Nombre de smolts de 3 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	À venir	À venir
Smolts de 4 ans en 2020		
Nombre total de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	À venir	À venir
Smolts âgés de 4 ans (%)	À venir	À venir
Nombre de smolts de 4 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	À venir	À venir
Âge à la smoltification des smolts issus de la cohorte d'œufs de 2015		
Nombre de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	À venir	À venir
Âge à la smoltification	À venir	À venir

1 Les proportions exactes ont été utilisées pour calculer le nombre de smolts.

ANNEXE 10 Détail du calcul du nombre de smolts produits par nid de fraie par cohorte d'œufs

Annexe 10 Détail du calcul du nombre de smolts produits par nid de fraie par cohortes d'œufs

Tableau A10-1 Nombre de smolts produits par nid pour la cohorte d'œufs de 2010.

Paramètre	Cours principal de la Romaine	Puyjalon et ses tributaires
Nombre de nids en 2010		
Nombre de nids de fraie	31	85 ²
Dévalaison des smolts en 2013		
Nombre de smolts de 2 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	9 196 (6 534 à 10 361)	4 617 (3 284 à 7 420)
Nombre de smolts de 2 ans par nid	297	54
Dévalaison des smolts en 2014		
Nombre de smolts de 3 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	2 248 (1 880 à 2 735)	10 437 (8 727 à 12 699)
Nombre de smolts de 3 ans par nid	73	123
Dévalaison des smolts en 2015		
Nombre de smolts de 4 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	0	214 (156 à 347)
Nombre de smolts de 4 ans par nid	0	3
Nombre total de smolts produits par nid pour la cohorte d'œufs de 2010		
Nombre de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	11 444 (8 414 à 13 096)	15 268 (12 167 à 20 466)
Nombre de smolts par nid	369	180
1	Voir l'annexe détaillant l'âge à la smoltification par cohorte d'œufs.	
2	En excluant la rivière Allard n'ayant pas été inventoriée en 2010.	

Tableau A10-2 Nombre de smolts produits par nid pour la cohorte d'œufs de 2011.

Paramètre	Cours principal de la Romaine	Puyjalon et ses tributaires
Nombre de nids en 2011		
Nombre de nids de fraie	40	96
Dévalaison des smolts en 2014		
Nombre de smolts de 2 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	7 306 (6 108 à 8 889)	7 827 (6 545 à 9 524)
Nombre de smolts de 2 ans par nid	183	82
Dévalaison des smolts en 2015		
Nombre de smolts de 3 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	654 (475 à 1 060)	4 821 (3 501 à 7 819)
Nombre de smolts de 3 ans par nid	16	50
Dévalaison des smolts en 2016		
Nombre de smolts de 4 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	0	0
Nombre de smolts de 4 ans par nid	0	0
Nombre total de smolts produits par nid pour la cohorte d'œufs de 2011		
Nombre de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	7 960 (6 583 à 9 949)	12 648 (10 046 à 17 343)
Nombre de smolts par nid	199	132
1	Voir l'annexe détaillant l'âge à la smoltification par cohorte d'œufs.	

Tableau A10-3 Nombre de smolts produits par nid pour la cohorte d'œufs de 2012.

Paramètre	Cours principal de la Romaine	Puyjalon et ses tributaires
Nombre de nids en 2012		
Nombre de nids de fraie	39	48
Dévalaison des smolts en 2015		
Nombre de smolts de 2 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	3 160 (2 296 à 5 121)	3 428 (2 490 à 5 560)
Nombre de smolts de 2 ans par nid	81	71
Dévalaison des smolts en 2016		
Nombre de smolts de 3 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	0	11 823 (7 007 à 28 366)
Nombre de smolts de 3 ans par nid	0	246
Dévalaison des smolts en 2017		
Nombre de smolts de 4 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	0	625 (495 à 858)
Nombre de smolts de 4 ans par nid	0	13
Nombre de smolts produits par nid pour la cohorte d'œufs de 2012		
Nombre de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	3 160 (2 296 à 5 121)	15 876 (9 992 à 34 784)
Nombre de smolts par nid	81	331

¹ Voir l'annexe détaillant l'âge à la smoltification par cohorte d'œufs.

Tableau A10-4 Nombre de smolts produits par nid pour la cohorte d'œufs de 2013.

Paramètre	Cours principal de la Romaine	Puyjalon et ses tributaires
Nombre de nids en 2013		
Nombre de nids de fraie	63	49
Dévalaison des smolts en 2016		
Nombre de smolts de 2 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	2 598 (1 540 à 6 233)	1 022 (606 à 2 451)
Nombre de smolts de 2 ans par nid	41	21
Dévalaison des smolts en 2017		
Nombre de smolts de 3 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	95 (75 à 131)	5 190 (4 113 à 7 127)
Nombre de smolts de 3 ans par nid	2	106
Dévalaison des smolts en 2018		
Nombre de smolts de 4 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	0	0
Nombre de smolts de 4 ans par nid	0	0
Nombre de smolts produits par nid pour la cohorte d'œufs de 2013		
Nombre de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	2 693 (1 615 à 6 364)	6 212 (4 719 à 9 578)
Nombre de smolts par nid	43	127

¹ Voir l'annexe détaillant l'âge à la smoltification par cohorte d'œufs.

Tableau A10-5 Nombre de smolts (2 et 3 ans) produits par nid pour la cohorte d'œufs de 2014.

Paramètre	Cours principal de la Romaine	Puyjalon et ses tributaires
Nombre de nids en 2014		
Nombre de nids de fraie	52	20 ²
Dévalaison des smolts en 2017		
Nombre de smolts de 2 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	1 141 (904 à 1 567)	3 028 (2 399 à 4 157)
Nombre de smolts de 2 ans par nid	22	151
Dévalaison des smolts en 2018		
Nombre de smolts de 3 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	609 (465 à 882)	4 952 (3 779 à 7 168)
Nombre de smolts de 3 ans par nid	12	248
Dévalaison des smolts en 2019		
Nombre de smolts de 4 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	À venir	À venir
Nombre de smolts de 4 ans par nid	À venir	À venir
Nombre de smolts de 2 et 3 ans produits par nid pour la cohorte d'œufs de 2014		
Nombre de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	1 750 (1 369 à 2 449)	7 980 (6 178 à 11 325)
Nombre de smolts par nid	34	399
1	Voir l'annexe détaillant l'âge à la smoltification par cohorte d'œufs.	
2	En excluant la rivière Allard n'ayant pas été inventoriée en 2014.	

Tableau A10-6 Nombre de smolts (1 et 2 ans) produits par nid pour la cohorte d'œufs de 2015.

Paramètre	Cours principal de la Romaine	Puyjalon et ses tributaires
Nombre de nids en 2015		
Nombre de nids de fraie	138	13 ²
Dévalaison des smolts en 2017		
Nombre de smolts de 1 an en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	48 (38 à 65)	0
Nombre de smolts de 1 an par nid	0	0
Dévalaison des smolts en 2018		
Nombre de smolts de 2 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	1 828 (1 395 à 2 646)	4 333 (3 307 à 6 272)
Nombre de smolts de 2 ans par nid	13	333
Dévalaison des smolts en 2019		
Nombre de smolts de 3 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	À venir	À venir
Nombre de smolts de 3 ans par nid	À venir	À venir
Dévalaison des smolts en 2020		
Nombre de smolts de 4 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	À venir	À venir
Nombre de smolts de 4 ans par nid	À venir	À venir
Nombre de smolts de 1 et 2 ans produits par nid pour la cohorte d'œufs de 2015		
Nombre de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	1 876 (1 433 à 2 711)	4 333 (3 307 à 6 272)
Nombre de smolts par nid	14	333
1	Voir l'annexe détaillant l'âge à la smoltification par cohorte d'œufs.	
2	Décompte partiel dans la rivière Allard en 2015.	

ANNEXE 11 Données brutes des enregistrements à la barrière de comptage en 2018

Date	Nombre total de saumons dénombrés pour la journée	Saumon atlantique (<i>Salmo salar</i>)			Autres espèces				Estimation de la taille du poisson (cm)
		Rédibermarin	Madeleineau	Meunier ¹ (<i>Catostomus</i> sp.)	Grand brochet (<i>Esox lucius</i>)	Grand corégone (<i>Coregonus clupeaformis</i>)	Anguille d'Amérique (<i>Anguilla rostrata</i>)	Indéterminé	
31-05-2018	0			1					14
				1					ind.
				1					15
				1					ind.
				1					48
				1					17
				1					ind.
				1					35
				1					ind.
				1					ind.
01-06-2018	0			1					16
				1					16
				1					15
				1					ind.
				1					ind.
				1					22
				-1					ind.
				1					17
				1					32
				1					ind.
				1					19
				1					ind.
				1					19
				1					ind.
				1					15
				1					21
03-06-2018	0							1	ind.
				1				1	21
				1					47
				1					ind.
				1	1				14
				1					ind.
04-06-2018	0			1					23
				1					ind.
				1					ind.
				1					ind.
				1					27
								1	ind.
05-06-2018	0								(aucun enregistrement)
06-06-2018	0			1					ind.
				1					20
				1					ind.
07-06-2018	0								(aucun enregistrement)
08-06-2018	0								(aucun enregistrement)
09-06-2018	0			1					16
				-1					ind.
								1	ind.
								-1	ind.
10-06-2018	0								(aucun enregistrement)
11-06-2018	0								(aucun enregistrement)
12-06-2018	0								(aucun enregistrement)
13-06-2018	0								(aucun enregistrement)
14-06-2018	0								(aucun enregistrement)
				1					23
				1					42
15-06-2018 ²	0			1					14
				1					16
16-06-2018	0			1					29
				1					ind.
				1					29
				1					ind.
				1					18
									(aucun enregistrement)
17-06-2018	0								ind.
18-06-2018	0			1					33
19-06-2018	0			1					16
20-06-2018	0								(aucun enregistrement)
21-06-2018	0			1					ind.
22-06-2018	0							-1	29
								1	ind.
23-06-2018	0			1					19
						1			29
24-06-2018	0			1					29
25-06-2018	0			1					ind.
				1					39
26-06-2018	0			1					23
								1	ind.
				1					29
27-06-2018	0			-1					ind.
				1					ind.
				1					15
									55
28-06-2018	0			1					ind.
29-06-2018	0			1					ind.
				1					16
				1					17
									45
30-06-2018	0			1					14
				1					21
				1					21
									61
				1					29
01-07-2018	0			1					ind.
				1					ind.
				1					19
				1					ind.
				1					ind.
02-07-2018	0			1					23
				1					15
				1					15
03-07-2018	0			1					ind.
				1					ind.
				1					ind.
				1					ind.
				1					22
04-07-2018	0			1					26
				1					ind.
				1					ind.
				1					ind.
				1					15
				-1					ind.
				1					27
				1					41
				1					ind.
				1					ind.
05-07-2018	0			1					ind.
				-1					ind.
				1					45
				1					19
				1					14
				1					ind.
				1					ind.
				1					29
				1					ind.
				1					20
				1					29
06-07-2018	0			1					39
				1					25
				1					ind.
				1					ind.
				1					ind.
				1					43
				1					25
07-07-2018	0			1					30
				1					ind.
				1					26
									29
				1					23
									29
				1					36
				1					29
				1					ind.
				1					22
				1					ind.
				1					41
				1					ind.
									ind.
08-07-2018	0			1					ind.
				1					ind.
				1					ind.
									21
				1					ind.
				1					14
				1					20
				1					47
				1					29
				1					ind.
				1					29
				1					ind.
				1					29
				1					24
				1					ind.
09-07-2018	0			1					ind.
				1					22
				1					16
				1					13
				1					19
				1					ind.
				1					ind.
				1					23
				1					18
				1					43

Annexe 11 (suite)

Données brutes des enregistrements à la barrière de comptage en 2018

Date	Nombre total de saumons dénombrés pour la journée	Saumon atlantique (<i>Salmo salar</i>)			Autres espèces					Estimation de la taille du poisson (cm)
		Rédibermarin	Madeleineau	Meunier ¹ (<i>Catostomus</i> sp.)	Grand brochet (<i>Esox lucius</i>)	Grand corégone (<i>Coregonus clupeaformis</i>)	Anguille d'Amérique (<i>Anguilla rostrata</i>)	Indéterminé		
10-07-2018	0			1						27
				1						ind.
				1					1	29
				1						28
				1						ind.
				1						20
				1						13
11-07-2018	0			1						ind.
				1						22
				1						ind.
				1						ind.
12-07-2018	0			1			1			49
				1						36
				1						22
				1						ind.
				1						43
				1						17
				1			1			65
				1						20
				1						27
13-07-2018	0			1						ind.
				1						27
				1						18
				1						49
				1			1			29
				1						ind.
				1						14
14-07-2018	0			1						19
				1						ind.
				1						18
				1						ind.
				1						21
				1						17
15-07-2018	1			1					1	ind.
			1	1						ind.
16-07-2018	9			1						56
				1						ind.
		1								ind.
		1								29
		1								64
		1								72
		1								80
		1								70
		1								91
			1							55
							1			55
										80
										85
										79
							1			30
17-07-2018	13			1						29
				1						29
		1					1			29
		1								71
		1								97
		1								84
		1								80
			1							60
		1								70
		1								89
		1								68
			1							57
		1								67
		1								98
		1								68
			1							54
18-07-2018	5			1						68
				1						102
				1						75
				1						100
				1						84
19-07-2018	4			1					-1	21
				1						ind.
		1								29
		1								105
		1								70
		1								80
		1								78
20-07-2018	3			1						74
				1						70
21-07-2018	2			1						56
				1						92
							1			70
				1						ind.
22-07-2018	2			1						ind.
				1						30
		1								ind.
		1								70
				1						ind.
				1						70
23-07-2018	4			1						ind.
				1						ind.
		1								55
		1								94
		1								84
		1								80
24-07-2018	3			1						84
				1						64
				1					1	ind.
				1						125
25-07-2018	3			1						75
				1						78
				1						122
26-07-2018	4			1						94
				1						98
				1						93
				1						70
27-07-2018	3			1						70
				1						95
				1						74
							1			30
				1						32
				1						ind.
				1						30
28-07-2018	11			1						74
				1						117
				1						78
				1						72
				1						109
				1						74
				1						87
				1						90
				1						111
										52
										55
29-07-2018	4			1						95
				1						117
				1						98
				1						49
30-07-2018	6			1						ind.
				1						38
				1						ind.
		1								ind.
		1								70
							1			88
				1						29
				1						30
				1						30
				1						64
				1						29
		1								118
		1								90
		1								97
										61
31-07-2018	8			1						73
				1						70
				1						ind.
				1						ind.
				1						68
				1			1			ind.
				1						30
										ind.
										57
										54
										50
										51
01-08-2018	7			1						66
				1						65
				1						ind.
				1						ind.
				1						30
				1						ind.
				1						ind.
				1						75
										87
										55
										61
										59
02-08-2018	2			1						70
				1						68
				1						29
				1						29
				1						45

Annexe 11 (suite)

Données brutes des enregistrements à la barrière de comptage en 2018

Date	Nombre total de saumons dénombrés pour la journée	Saumon atlantique (<i>Salmo salar</i>)			Autres espèces				Estimation de la taille du poisson (cm)
		Rédibermarin	Madeleineau	Meunier ¹ (<i>Catostomus</i> sp.)	Grand brochet (<i>Esox lucius</i>)	Grand corégone (<i>Coregonus clupeaformis</i>)	Anguille d'Amérique (<i>Anguilla rostrata</i>)	Indéterminé	
13-08-2018	3		1	1					29 45 49 ind. 54 ind. 29 63 29 55 ind. 35 ind. 35 1
14-08-2018	0			1		1			ind. 64 29 48 51
15-08-2018	2	1	1	1					ind. 89 62 ind. ind. 35 ind. 29 ind. 35 ind. 29 ind. 35 ind.
16-08-2018	0			1		1			ind. ind. 35 ind. 35 ind. 35 ind. 29 ind. 35 ind. 29 ind. 35 ind.
17-08-2018	2	1	1	1		1			ind. ind. 78 ind. ind. 35 ind. 29 ind. 35 ind. 29 ind. 35 ind.
18-08-2018	0			1					ind. ind. 35 ind. 35 ind. 29 29
19-08-2018	1		1	1					ind. 53 29 29 45 ind. ind. ind. 40 ind.
20-08-2018	0			1					ind. ind.
21-08-2018	1		1	1					51 ind. ind. ind. 35 45 ind. ind. 23 ind. 35
22-08-2018	0			1		1			34 ind. 29 ind. 35 ind.
23-08-2018	0			1				1	ind. ind. 29
24-08-2018	0			1					37 29 35 ind. 35 ind. 29
25-08-2018	0			1				1	29 ind. ind.
26-08-2018	0			1					ind.
27-08-2018	1		1	1				1	28 ind. ind. 55 ind. 31 ind. ind.
28-08-2018 ³	0			1		1			ind. ind. 24 32 ind. 35
29-08-2018	1	1		1					23 29 29 81 ind. 51 30 29 29
30-08-2018	1	1		1					29 29 87 ind. ind.
31-08-2018	1		1	1					35 ind. ind. 49 ind. ind. 35 ind.
01-09-2018	1		1	1					35 ind. 52 40 30 ind. 41
02-09-2018	1		1	1					ind. ind. ind. 35 ind. 35 57 ind. ind. 23 ind. 30 35
03-09-2018	0			1				17	29 ind. 35
Total	164	100	64	427	40	2	3	29	-

¹ Les meuniers n'étant pas systématiquement identifiés à l'espèce, les résultats sont présentés pour les deux espèces confondues (meunier noir et meunier rouge).

² La barrière de comptage a été pleinement opérationnelle à partir du 15 juin 2018.

³ Le démantèlement de la barrière de comptage a débuté le 28 août 2018.

ANNEXE 12 Passages de saumons adultes enregistrés par le système IchtyoS en 2018

Annexe 12 Passages de saumons adultes enregistrés par le système IchtyoS en 2018

Date	Saumon atlantique (<i>Salmo salar</i>)		Longueur totale estimée par le système IchtyoS (cm)	Longueur à la fourche estimé à partir de la longueur totale (cm) ¹	Date	Saumon atlantique (<i>Salmo salar</i>)		Longueur totale estimée par le système IchtyoS (cm)	Longueur à la fourche estimé à partir de la longueur totale (cm) ¹
	Rédibermarin	Madeleineau				Rédibermarin	Madeleineau		
2018-07-15		1	56	55	2018-08-01		1	55	54
2018-07-16		1	55	54	2018-08-01		1	61	60
2018-07-16	1		64	62	2018-08-01		1	59	58
2018-07-16	1		72	70	2018-08-01	1		66	64
2018-07-16	1		80	78	2018-08-01	1		65	63
2018-07-16	1		70	68	2018-08-01	1		75	73
2018-07-16	1		91	89	2018-08-01	1		87	85
2018-07-16	1		80	78	2018-08-02	1		70	68
2018-07-16	1		85	83	2018-08-02	1		68	66
2018-07-16	1		79	77	2018-08-03		1	50	49
2018-07-17		1	60	59	2018-08-03		1	59	58
2018-07-17		1	57	56	2018-08-03		1	60	59
2018-07-17		1	54	53	2018-08-03	1		100	98
2018-07-17	1		71	69	2018-08-03	1		87	85
2018-07-17	1		97	95	2018-08-04		1	58	57
2018-07-17	1		84	82	2018-08-04	1		91	89
2018-07-17	1		80	78	2018-08-04	1		94	92
2018-07-17	1		70	68	2018-08-05		1	61	60
2018-07-17	1		89	87	2018-08-05		1	60	59
2018-07-17	1		68	66	2018-08-05	1		72	70
2018-07-17	1		67	65	2018-08-06		1	51	50
2018-07-17	1		98	96	2018-08-06		1	52	51
2018-07-17	1		68	66	2018-08-06	1		105	102
2018-07-18	1		68	66	2018-08-06	1		98	96
2018-07-18	1		102	100	2018-08-07		1	50	49
2018-07-18	1		78	76	2018-08-07		1	61	60
2018-07-18	1		100	98	2018-08-07		1	52	51
2018-07-18	1		84	82	2018-08-07	1		88	86
2018-07-19	1		105	102	2018-08-07	1		78	76
2018-07-19	1		70	68	2018-08-08		1	59	58
2018-07-19	1		80	78	2018-08-08		1	52	51
2018-07-19	1		78	76	2018-08-08	1		81	79
2018-07-20		1	56	55	2018-08-08	1		91	89
2018-07-20	1		74	72	2018-08-09		1	58	57
2018-07-20	1		70	68	2018-08-09		1	49	48
2018-07-21	1		92	90	2018-08-09		1	53	52
2018-07-21	1		70	68	2018-08-09		1	49	48
2018-07-22	1		70	68	2018-08-09	1		89	87
2018-07-22	1		70	68	2018-08-09	1		ind.	-
2018-07-23		1	55	54	2018-08-10		1	52	51
2018-07-23	1		94	92	2018-08-10		1	51	50
2018-07-23	1		84	82	2018-08-10	1		55	54
2018-07-23	1		80	78	2018-08-10	1		61	60
2018-07-24	1		84	82	2018-08-10	1		60	59
2018-07-24	1		64	62	2018-08-10	1		59	58
2018-07-24	1		125	122	2018-08-10		1	52	51
2018-07-25	1		75	73	2018-08-10	1		87	85
2018-07-25	1		78	76	2018-08-10	1		98	96
2018-07-25	1		122	119	2018-08-10	1		78	76
2018-07-26	1		94	92	2018-08-11		1	51	50
2018-07-26	1		98	96	2018-08-11		1	48	47
2018-07-26	1		93	91	2018-08-11		1	56	55
2018-07-26	1		70	68	2018-08-11	1		64	62
2018-07-27	1		70	68	2018-08-11	1		84	82
2018-07-27	1		95	93	2018-08-11	1		92	90
2018-07-27	1		74	72	2018-08-11	1		78	76
2018-07-28		1	52	51	2018-08-12		1	58	57
2018-07-28		1	55	54	2018-08-12		1	59	58
2018-07-28	1		74	72	2018-08-12		1	59	58
2018-07-28	1		117	114	2018-08-12		1	59	58
2018-07-28	1		78	76	2018-08-12		1	62	61
2018-07-28	1		72	70	2018-08-12		1	54	53
2018-07-28	1		109	106	2018-08-12	1		77	75
2018-07-28	1		74	72	2018-08-12	1		105	102
2018-07-28	1		87	85	2018-08-13		1	54	53
2018-07-28	1		90	88	2018-08-13		1	55	54
2018-07-28	1		111	108	2018-08-13		1	59	58
2018-07-29		1	49	48	2018-08-15		1	62	61
2018-07-29	1		95	93	2018-08-15	1		89	87
2018-07-29	1		117	114	2018-08-17		1	ind.	-
2018-07-29	1		98	96	2018-08-17	1		78	76
2018-07-30		1	61	60	2018-08-19		1	53	52
2018-07-30	1		70	68	2018-08-21		1	51	50
2018-07-30	1		88	86	2018-08-27		1	55	54
2018-07-30	1		118	115	2018-08-29	1		81	79
2018-07-30	1		90	88	2018-08-30	1		87	85
2018-07-30	1		97	95	2018-08-31		1	49	48
2018-07-31		1	51	50	2018-09-01		1	52	51
2018-07-31		1	ind.	-	2018-09-02		1	57	56
2018-07-31		1	57	56	Total	100	64	-	-
2018-07-31	1		54	53					
2018-07-31	1		50	49					
2018-07-31	1		51	50					
2018-07-31	1		73	71					
2018-07-31	1		70	68					

1 LF = LT x 0,976

ANNEXE 13 Stades d'anesthésie

Annexe 13 Stades d'anesthésie

Stade	Description	Réponse comportementale du poisson
0	Normal	Réaction aux stimuli externes ; fréquence operculaire et tonus musculaire normaux
1	Sédation légère	Légère perte de réactivité aux stimuli externes ; légère diminution de la fréquence operculaire ; équilibre normal.
2	Sédation profonde	Perte totale de réactivité à l'exception des réponses aux stimuli externes forts ; légère diminution de la fréquence operculaire ; équilibre normal.
3	Perte partielle de l'équilibre	Perte partielle du tonus musculaire ; nage irrégulière ; augmentation de la fréquence operculaire ; réactivité aux stimuli tactiles forts et aux vibrations intenses uniquement.
4	Perte totale de l'équilibre	Perte totale du tonus musculaire et de l'équilibre ; fréquence operculaire lente mais régulière ; perte des réflexes médullaires.
5	Perte des réflexes	Perte totale de réactivité ; mouvements operculaires lents et irréguliers ; fréquence cardiaque très lente ; perte de tous les réflexes.
6	Paralysie médullaire (stage d'asphyxie)	Interruption des mouvements operculaires souvent suivie rapidement d'un arrêt cardiaque.

Note : Tableau traduit à partir de Bowser (2001).

ANNEXE 14 Données brutes des saumons juvéniles capturés dans la Romaine en 2018

Annexe 14

Données brutes des saumons juvéniles capturés dans la Romaine à l'automne 2018

Date de capture	n° spécimen	n° microbiote	n° ADN	Station Permanente	Engin	Alevin	Tacon	Longueur totale (mm)	Masse (g)	Coefficient de condition (Fulton)	Sacrifié	n° transpondeur	Écailles prélevées	Âge	Stabulation d'une durée de 24 h après la chirurgie	État après stabulation
21-10-18	1	701	49	Se150	Seine	x		64	1,9	0,725	x					
21-10-18	2	702	48	Se201	Pêche électrique	x		53	1,2	0,806	x					
21-10-18	3			Se201	Pêche électrique		x	145	30,0	0,984		542 317	x	1+		Vivant
21-10-18	4			Se201	Pêche électrique		x	133	18,6	0,791		174426722	x	1+		Vivant
22-10-18	5			Se112	Seine	x		68	2,5	0,795		174 089				Vivant
22-10-18	6	703	47	Pe051	Pêche électrique	x		54	1,4	0,889	x					
22-10-18	7			Pe051	Pêche électrique	x		74	3,6	0,888		174 015				Vivant
22-10-18	8	SSRR		Se112	Seine		x									
22-10-18	9	SSRR		Pe051	Pêche électrique		x									
22-10-18	10	SSRR		Pe050	Pêche électrique		x									
22-10-18	11	SSRR		Pe050	Pêche électrique		x									
22-10-18	12	704	46	Pe050	Pêche électrique	x		54	1,2	0,762	x					
22-10-18	13			Pe050	Pêche électrique	x		65	2,7	0,983		174 088				Vivant
23-10-18	14			Se109	Seine	x		70	2,4	0,700		174 006				Vivant
23-10-18	15			Se109	Seine	x		67	2,2	0,731		174 040				Vivant
23-10-18	16			Se109	Seine	x		62	1,9	0,797		174 093				Vivant
24-10-18	17	705	45	Se107	Seine	x		56	1,2	0,683	x					
24-10-18	18	706	44	Se107	Seine	x		60	1,5	0,694	x					
24-10-18	19	SSRR		Se107	Seine		x									
24-10-18	20	SSRR		Se202	Seine		x									
24-10-18	21	707	43	Se107	Seine	x		63	1,7	0,680	x					
24-10-18	22	708	42	Pe058	Pêche électrique	x		59	1,7	0,828	x					
24-10-18	23	709	41	Pe058	Pêche électrique	x		57	1,8	0,972	x					
24-10-18	24			Pe058	Pêche électrique	x		68	2,2	0,700		174 072			x	Vivant
24-10-18	25			Pe058	Pêche électrique	x		64	1,8	0,687		174 067			x	Vivant
24-10-18	26			Pe058	Pêche électrique	x		60	1,7	0,787		174 050			x	Vivant
24-10-18	27			Pe058	Pêche électrique	x		65	2,4	0,874		174 030			x	Vivant
24-10-18	28			Se107	Pêche électrique	x		68	2,0	0,636		174 198			x	Vivant
24-10-18	29			Se107	Pêche électrique	x		65	2,2	0,801		174 113			x	Vivant
24-10-18	30			Se106	Pêche électrique	x		64	1,8	0,687		174 105			x	Vivant
24-10-18	31			Se109	Pêche électrique	x		65	2,4	0,874		174 194			x	Vivant
24-10-18	32			Se109	Pêche électrique	x		60	2,1	0,972		174 178			x	Vivant
25-10-18	33	710	40	Se109	Seine	x		60	1,6	0,741	x					
25-10-18	34			Se109	Seine	x		70	2,6	0,758		174 112				Vivant
25-10-18	35			Se109	Seine	x		65	2,0	0,728		174 191				Vivant
25-10-18	36			Se109	Seine	x		66	2,2	0,765		174 141				Vivant
25-10-18	37			Se109	Seine	x		68	1,9	0,604		174 138				Vivant
25-10-18	38	SSRR		Se109	Seine		x									
25-10-18	39	SSRR		Pe050	Pêche électrique		x									
25-10-18	40	SSRR		Pe050	Pêche électrique		x									
25-10-18	41	SSRR		Pe050	Pêche électrique		x									
25-10-18	42	711	39	Pe052	Pêche électrique	x		54	1,1	0,699	x					
26-10-18	43	712	38	Pe052	Pêche électrique	x		54	1,5	0,953	x					
26-10-18	44	713	37	Pe052	Pêche électrique	x		60	1,4	0,648	x					
26-10-18	45	SSRR		Pe052	Pêche électrique		x									
26-10-18	46	SSRR		Pe052	Pêche électrique		x									
26-10-18	47	SSRR		Pe052	Pêche électrique		x									
26-10-18	48	SSRR		Pe052	Pêche électrique		x									
26-10-18	49	714	36	Pe052	Pêche électrique	x		62	2,1	0,881	x					
26-10-18	50			Pe052	Pêche électrique	x		62	1,8	0,755		174 100				Vivant
26-10-18	51			Pe052	Pêche électrique	x		64	2,2	0,839		174 122				Vivant
26-10-18	52			Pe058	Pêche électrique		x	104	9,8	0,871		174 163				Vivant
27-10-18	53	715	35	Pe004	Pêche électrique	x		65	1,0	0,364	x					
27-10-18	54			Pe004	Pêche électrique	x		65	1,4	0,510		174 106			x	Vivant
27-10-18	55			Pe004	Pêche électrique	x		61	1,1	0,485		174 127			x	Mort
27-10-18	56			Pe005	Pêche électrique	x		62	1,2	0,504		174 181			x	Vivant
27-10-18	57			Pe005	Pêche électrique	x		71	1,4	0,391		174 123			x	Vivant
27-10-18	58	716	34	Pe051	Pêche électrique	x		55	0,8	0,481	x					
27-10-18	59			Pe051	Pêche électrique	x		72	1,6	0,429		174 109			x	Vivant
27-10-18	60			Pe051	Pêche électrique	x		61	1,4	0,617		174 128			x	Vivant

Annexe 14 (suite) Données brutes des saumons juvéniles capturés dans la Romaine à l'automne 2018

Date de capture	n° spécimen	n° microbiote	n° ADN	Station Permanente	Engin	Alevin	Tacon	Longueur totale (mm)	Masse (g)	Coefficient de condition (Fulton)	Sacrifié	n° transpondeur	Écailles prélevées	Âge	Stabulation d'une durée de 24 h après la chirurgie	État après stabulation
27-10-18	61			Pe051	Pêche électrique	x		60	0,8	0,370		174 111			x	Vivant
27-10-18	62	SSRR		Pe051	Pêche électrique		x									
27-10-18	63	SSRR		Pe051	Pêche électrique		x									
27-10-18	64	SSRR		Pe051	Pêche électrique		x									
28-10-18	65	717	33	Se002	Seine	x		59	1,4	0,682	x					
28-10-18	66	718	32	Se002	Seine	x		61	1,8	0,793	x					
28-10-18	67	719	31	Se002	Seine	x		59	1,4	0,682	x					
28-10-18	68	720	30	Se003	Seine	x		61	1,5	0,661	x					
28-10-18	69	721	29	Se003	Seine	x		63	1,8	0,720	x					
28-10-18	70			Se002	Seine	x		72	2,6	0,697		174 153			x	Vivant
28-10-18	71			Se002	Seine	x		64	1,9	0,725		174 172			x	Vivant
28-10-18	72			Se002	Seine	x		67	2,2	0,731		174 143			x	Vivant
28-10-18	73			Se002	Seine	x		70	2,4	0,700		174 132			x	Vivant
28-10-18	74			Se003	Seine	x		62	2,0	0,839		174 165			x	Vivant
28-10-18	75			Se003	Seine	x		71	2,4	0,671		174 161			x	Vivant
28-10-18	76			Se003	Seine	x		70	2,3	0,671		174 127			x	Vivant
28-10-18	77			Se003	Seine	x		72	2,6	0,697		174 193			x	Vivant
28-10-18	78			Se003	Seine	x		70	2,5	0,729		174 190			x	Vivant
29-10-18	79	722	28	Pe052	Pêche électrique	x		52	1,1	0,782	x					
29-10-18	80	723	27	Se004	Seine	x		63	1,7	0,680	x					
29-10-18	81	724	26	Se004	Seine	x		61	1,5	0,661	x					
29-10-18	82	725	25	Se004	Seine	x		62	1,6	0,671	x					
29-10-18	83	726	24	Se004	Seine	x		54	1,0	0,635	x					
29-10-18	84	727	23	Se004	Seine	x		63	1,7	0,680	x					
29-10-18	85	728	22	Se004	Seine	x		61	1,6	0,705	x					
29-10-18	86	729	21	Se004	Seine	x		61	1,4	0,617	x					
29-10-18	87	730	20	Se004	Seine	x		61	1,6	0,705	x					
29-10-18	88	731	19	Se004	Seine	x		58	1,4	0,718	x					
29-10-18	89	732	18	Se004	Seine	x		63	1,8	0,720	x					
29-10-18	90	733	17	Se004	Seine	x		58	1,4	0,718	x					
29-10-18	91	734	16	Se004	Seine	x		62	1,6	0,671	x					
29-10-18	92	735	15	Se004	Seine	x		63	1,7	0,680	x					
29-10-18	93	736	14	Se004	Seine	x		67	2,0	0,665	x					
29-10-18	94	737	13	Se004	Seine	x		62	1,7	0,713	x					
29-10-18	95	738	12	Se004	Seine	x		61	1,6	0,705	x					
29-10-18	96	739	11	Se004	Seine	x		62	1,7	0,713	x					
29-10-18	97	742	8	Se004	Seine	x		62	1,5	0,629	x					
29-10-18	98			Se004	Seine	x		66	2,0	0,696		174 149				Vivant
29-10-18	99			Se004	Seine	x		72	2,5	0,670		174 159				Vivant
29-10-18	100			Se004	Seine	x		80	4,1	0,801		174 180				Vivant
29-10-18	101			Se004	Seine	x		74	3,5	0,864		174 176				Vivant
29-10-18	102			Se004	Seine	x		74	2,9	0,716		174 148				Vivant
29-10-18	103	SSRR		Se004	Seine		x									
29-10-18	104			Se004	Seine	x		68	2,3	0,731		174 168			x	Vivant
29-10-18	105			Se004	Seine	x		69	2,3	0,700		174 160			x	Vivant
29-10-18	106			Se004	Seine	x		69	2,3	0,700		174 125			x	Vivant
29-10-18	107			Se004	Seine	x		71	2,8	0,782		174 136			x	Vivant
29-10-18	108			Se004	Seine	x		72	2,6	0,697		174 196			x	Vivant
29-10-18	109			Se004	Seine	x		66	2,0	0,696		174 164			x	Vivant
29-10-18	110			Se004	Seine	x		70	2,5	0,729		174 183			x	Vivant
29-10-18	111			Se004	Seine	x		69	2,3	0,700		174 146			x	Vivant
29-10-18	112			Se004	Seine	x		78	3,4	0,716		174 158	x	0+	x	Vivant
29-10-18	113			Se004	Seine	x		69	2,3	0,700		174 185			x	Vivant
29-10-18	114			Se004	Seine	x		70	2,8	0,816		174 170			x	Vivant
29-10-18	115			Se004	Seine	x		65	2,0	0,728		174 135			x	Vivant
29-10-18	116			Se004	Seine	x		70	2,5	0,729		174 162			x	Vivant
29-10-18	117			Se004	Seine	x		66	2,3	0,800		174 175			x	Vivant
30-10-18	118			Se006	Seine	x		63	1,8	0,720		174 134			x	Vivant
30-10-18	119			Se005	Seine	x		67	2,1	0,698		174 120			x	Vivant
30-10-18	120			Se005	Seine	x		67	2,0	0,665		174 150			x	Vivant

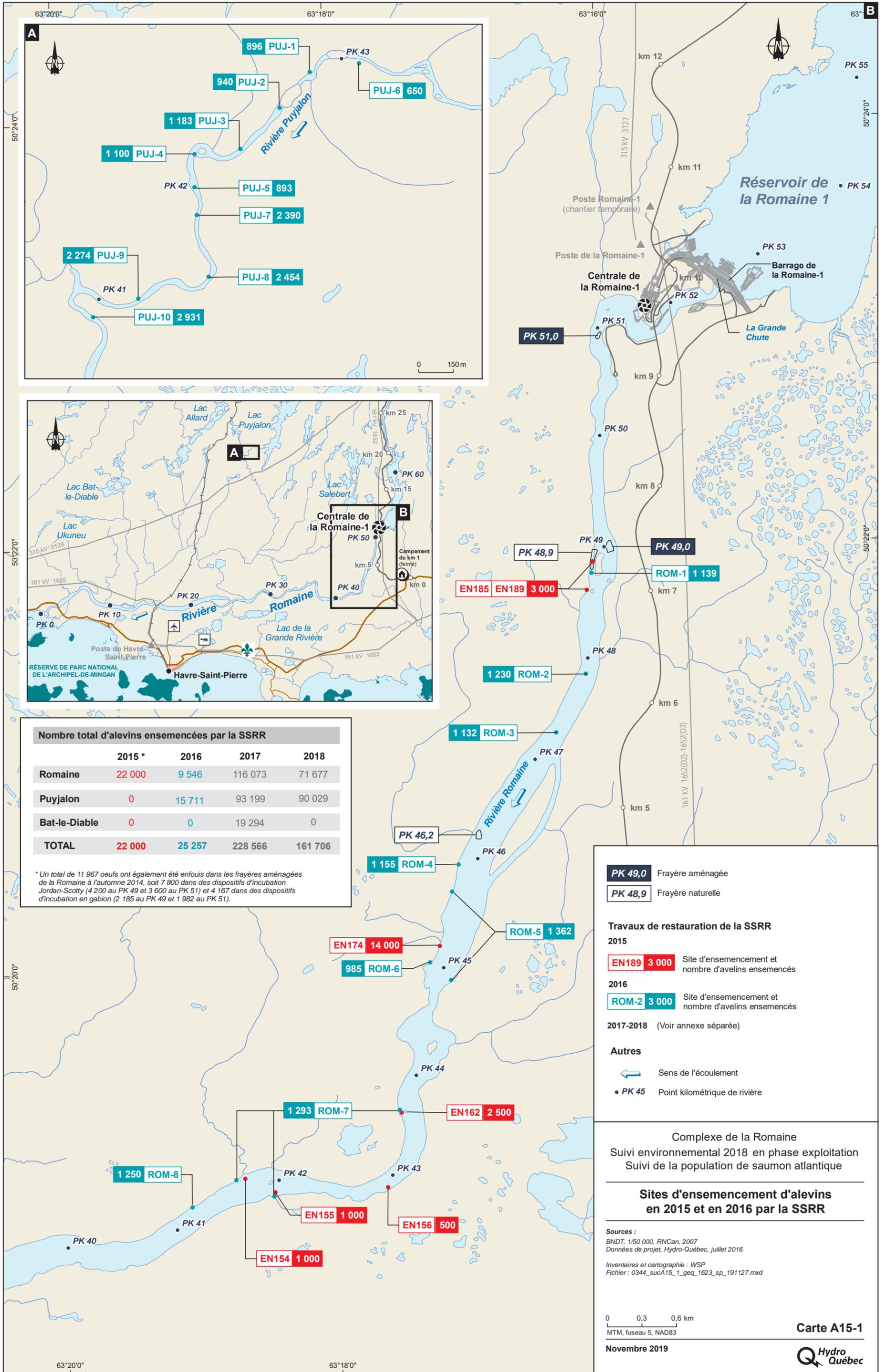
Annexe 14 (suite) Données brutes des saumons juvéniles capturés dans la Romaine à l'automne 2018

Date de capture	n° spécimen	n° microbiote	n° ADN	Station Permanente	Engin	Alevin	Tacon	Longueur totale (mm)	Masse (g)	Coefficient de condition (Fulton)	Sacrifié	n° transpondeur	Écailles prélevées	Âge	Stabulation d'une durée de 24 h après la chirurgie	État après stabulation
30-10-18	121	SSRR		Se006	Seine		x									
31-10-18	122	SSRR		Pe050	Pêche électrique		x									
31-10-18	123	SSRR		Pe052	Pêche électrique		x									
31-10-18	124	SSRR		Pe052	Pêche électrique		x									
31-10-18	125	743	7	Pe052	Pêche électrique	x		52	0,9	0,640	x					
31-10-18	126	744	6	Pe052	Pêche électrique	x		57	1,6	0,864	x					
31-10-18	127	745	5	Pe052	Pêche électrique	x		61	1,5	0,661	x					
31-10-18	128	746	4	Se004	Seine	x		57	1,2	0,648	x					
31-10-18	129	747	3	Se004	Seine	x		57	1,2	0,648	x					
31-10-18	130	748	2	Se004	Seine	x		55	1,2	0,721	x					
31-10-18	131	SSRR		Se004	Seine		x									
31-10-18	132	SSRR		Se004	Seine		x									
31-10-18	133	SSRR		Se004	Seine		x									
31-10-18	134	749	1	Se004	Seine	x		55	1,1	0,661	x					
31-10-18	135	750	50	Se004	Seine	x		58	1,3	0,666	x					
31-10-18	136	751	51	Se004	Seine	x		64	1,6	0,610	x					
31-10-18	137	752	52	Se004	Seine	x		61	1,5	0,661	x					
31-10-18	138	753	53	Se004	Seine	x		62	1,7	0,713	x					
31-10-18	139	754	54	Se004	Seine	x		60	1,4	0,648	x					
31-10-18	140	755	55	Se004	Seine	x		62	1,4	0,587	x					
31-10-18	141	756	56	Se004	Seine	x		65	1,9	0,692	x					
31-10-18	142			Se004	Seine	x		69	2,4	0,731		174 147				Vivant
31-10-18	143			Se004	Seine	x		65	2,0	0,728		174 126				Vivant
31-10-18	144			Se004	Seine	x		66	2,2	0,765		174 101				Vivant
31-10-18	145			Se004	Seine	x		64	2,0	0,763		174 169				Vivant
31-10-18	146			Se004	Seine	x		72	2,7	0,723		174 142				Vivant
31-10-18	147			Se004	Seine	x		65	2,0	0,728		174 177				Vivant
31-10-18	148			Se004	Seine	x		70	2,6	0,758		174 173				Vivant
31-10-18	149			Se004	Seine	x		63	1,5	0,600		174 139				Vivant
31-10-18	150			Se004	Seine	x		66	2,0	0,696		174 144				Vivant
31-10-18	151			Se004	Seine	x		67	2,3	0,765		174 184				Vivant
31-10-18	152			Se004	Seine	x		66	2,2	0,765		174 186				Vivant
31-10-18	153			Se004	Seine	x		76	3,2	0,729		174 179				Vivant
31-10-18	154			Se004	Seine	x		67	1,8	0,598		174 157				Vivant
31-10-18	155			Se004	Seine	x		83	4,1	0,717		174 151	x	0+		Vivant
31-10-18	156			Se004	Seine	x		69	2,3	0,700		174 199				Vivant
31-10-18	157			Se004	Seine	x		65	2,0	0,728		174 103				Vivant
31-10-18	158			Se004	Seine	x		64	1,9	0,725		174 124				Vivant
31-10-18	159			Se004	Seine	x		68	2,3	0,731		174 102				Vivant
31-10-18	160			Se004	Seine	x		64	2,0	0,763		174 166				Vivant
31-10-18	161			Se004	Seine	x		63	1,7	0,680		174 167				Vivant
01-11-18	162	757	57	Pe058	Pêche électrique	x		55	1,2	0,721	x					
01-11-18	163	758	58	Pe058	Pêche électrique	x		58	1,7	0,871	x					
01-11-18	164	759	59	Pe058	Pêche électrique	x		61	1,6	0,705	x					
01-11-18	165	760	60	Se012	Seine	x		60	1,4	0,648	x					
01-11-18	166	761	61	Se012	Seine	x		55	1,0	0,601	x					
01-11-18	167	762	62	Se004	Seine	x		59	1,2	0,584	x					
01-11-18	168			Se012	Seine	x		70	2,5	0,729		174 188				Vivant
01-11-18	169			Se012	Seine	x		61	1,6	0,705		174 140				Vivant
01-11-18	170			Se012	Seine	x		73	2,8	0,720		174 187				Vivant
01-11-18	171			Se012	Seine	x		61	1,7	0,749		174 104				Vivant
01-11-18	172			Se012	Seine	x		77	3,0	0,657		174 174				Vivant
01-11-18	173			Se012	Seine	x		68	2,3	0,731		174 198				Vivant
01-11-18	174			Se012	Seine	x		60	1,6	0,741		174 107				Vivant
01-11-18	175			Se004	Seine	x		66	2,0	0,696		174 119				Vivant
01-11-18	176			Se004	Seine	x		72	2,7	0,723		174 129				Vivant
01-11-18	177			Se004	Seine	x		70	2,5	0,729		174 131				Vivant
01-11-18	178			Se004	Seine	x		65	2,0	0,728		174 117				Vivant
01-11-18	179			Se004	Seine	x		66	2,1	0,730		174 155				Vivant
01-11-18	180			Se004	Seine	x		77	3,7	0,810		174 195				Vivant

Annexe 14 (suite) Données brutes des saumons juvéniles capturés dans la Romaine à l'automne 2018

Date de capture	n° spécimen	n° microbiote	n° ADN	Station Permanente	Engin	Alevin	Tacon	Longueur totale (mm)	Masse (g)	Coefficient de condition (Fulton)	Sacrifié	n° transpondeur	Écailles prélevées	Âge	Stabulation d'une durée de 24 h après la chirurgie	État après stabulation
01-11-18	181			Se004	Seine	x		64	2,0	0,763		174 137				Vivant
01-11-18	182			Se004	Seine	x		67	2,9	0,964		174 197				Vivant
01-11-18	183			Se004	Seine	x		64	1,7	0,648		174 154				Vivant
01-11-18	184			Pe058	Seine	x		66	1,8	0,626		174 133				Vivant
01-11-18	185			Pe058	Seine	x		64	1,8	0,687		174 121				Vivant
01-11-18	186	SSRR		Se004	Seine		x									
01-11-18	187	SSRR		Se004	Seine		x									
01-11-18	188	SSRR		Se012	Seine		x									
01-11-18	189	SSRR		Se012	Seine		x									
01-11-18	190	SSRR		Se012	Seine		x									
29-10-18	191	740	10	Se004	Seine	x		65	2,1	0,765	x					
29-10-18	192	741	9	Se004	Seine	x		60	1,6	0,741	x					
02-11-18	193	763	63	Se200	Seine	x					x					
02-11-18	194	764	64	Se200	Seine	x					x					
02-11-18	195	765	65	Se200	Seine	x					x					
02-11-18	196	766	66	Se200	Seine	x					x					
02-11-18	197	767	67	Se200	Seine	x					x					
02-11-18	198	768	68	Se200	Seine	x					x					
02-11-18	199			Se200	Seine	x		63	2,1	0,840		174 171				Vivant
02-11-18	200			Se200	Seine	x		61	1,6	0,705		174 110				Vivant
02-11-18	201			Se200	Seine	x		66	2,3	0,800		174 115				Vivant
02-11-18	202			Se200	Seine	x		69	2,4	0,731		174 145				Vivant
02-11-18	203			Se200	Seine	x		66	2,1	0,730		174 118				Vivant
02-11-18	204			Se200	Seine	x		67	2,3	0,765		174 116				Vivant
02-11-18	205			Se200	Seine	x		67	2,2	0,731		174 114				Vivant
02-11-18	206			Se200	Seine	x		67	2,5	0,831		174 189				Vivant
02-11-18	207			Se200	Seine	x		66	2,4	0,835		174 108				Vivant
02-11-18	208			Se200	Seine	x		65	2,2	0,801		174 970				Vivant

ANNEXE 15 Sites d'ensemencement d'alevins de 2015 à 2018 par la SSRR



Nombre total d'alevins ensemencés par la SSRR

	2015 *	2016	2017	2018
Romaine	22 000	9 546	116 073	71 677
Puyjalon	0	15 711	93 199	90 029
Bat-le-Diable	0	0	19 294	0
TOTAL	22 000	25 257	228 566	161 706

* Un total de 11 967 oeufs ont également été enfouis dans les frayères aménagées de la Romaine à l'automne 2014, soit 7 800 dans des dispositifs d'incubation Jordan-Scotty (4 200 au PK 49 et 3 600 au PK 51) et 4 167 dans des dispositifs d'incubation en gabion (2 185 au PK 49 et 1 982 au PK 51).

PK 49,0 Frayère aménagée
PK 48,9 Frayère naturelle

Travaux de restauration de la SSRR

2015
EN189 3 000 Site d'ensemencement et nombre d'alevins ensemencés

2016
ROM-2 3 000 Site d'ensemencement et nombre d'alevins ensemencés

2017-2018 (Voir annexe séparée)

Autres

← Sens de l'écoulement
 ● PK 45 Point kilométrique de rivière

Complexe de la Romaine
 Suivi environnemental 2018 en phase exploitation
 Suivi de la population de saumon atlantique

Sites d'ensemencement d'alevins en 2015 et en 2016 par la SSRR

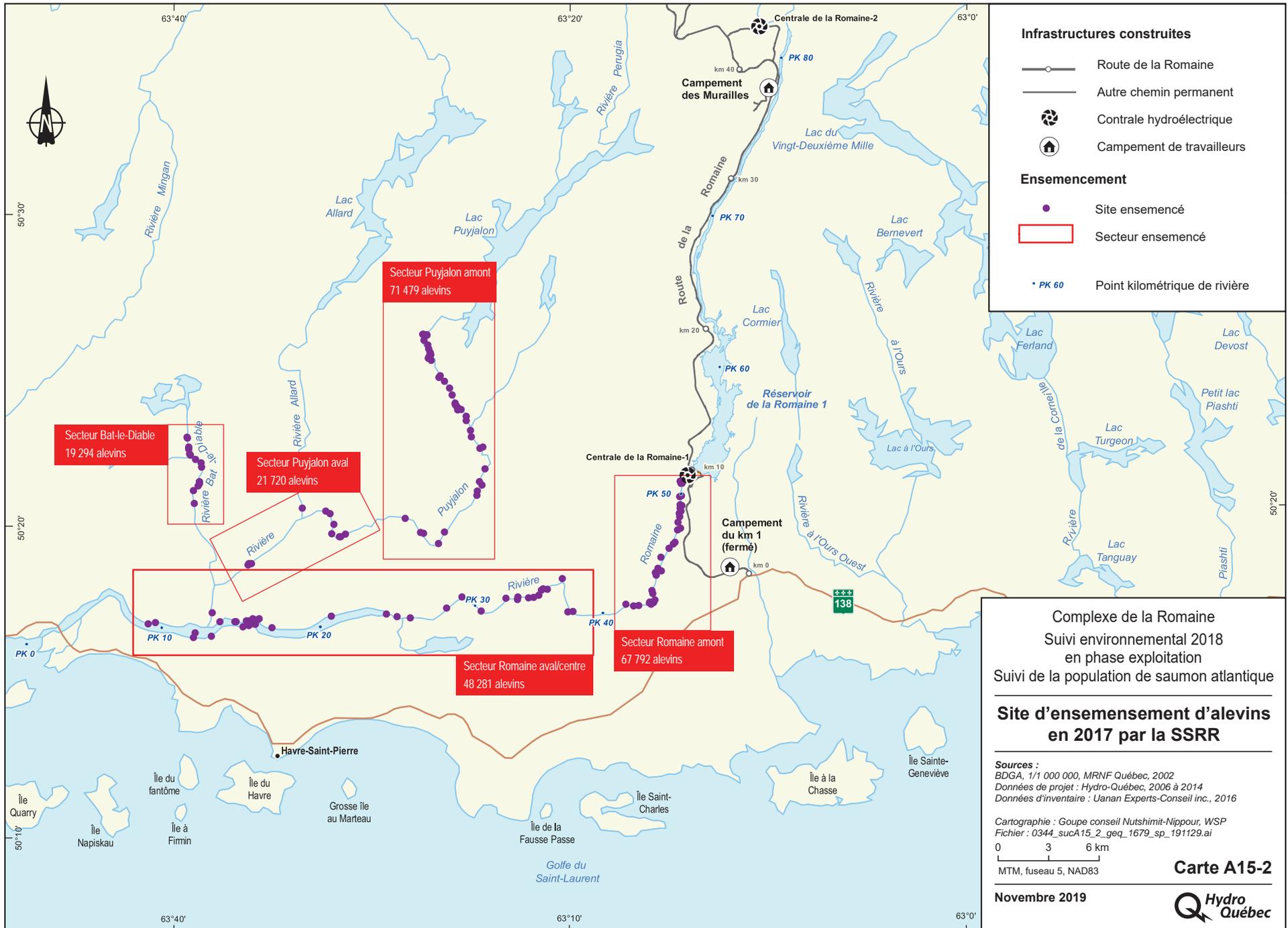
Sources :
 BNDT, 1/50 000, RNCAN, 2007
 Données de projet, Hydro-Québec, juillet 2016

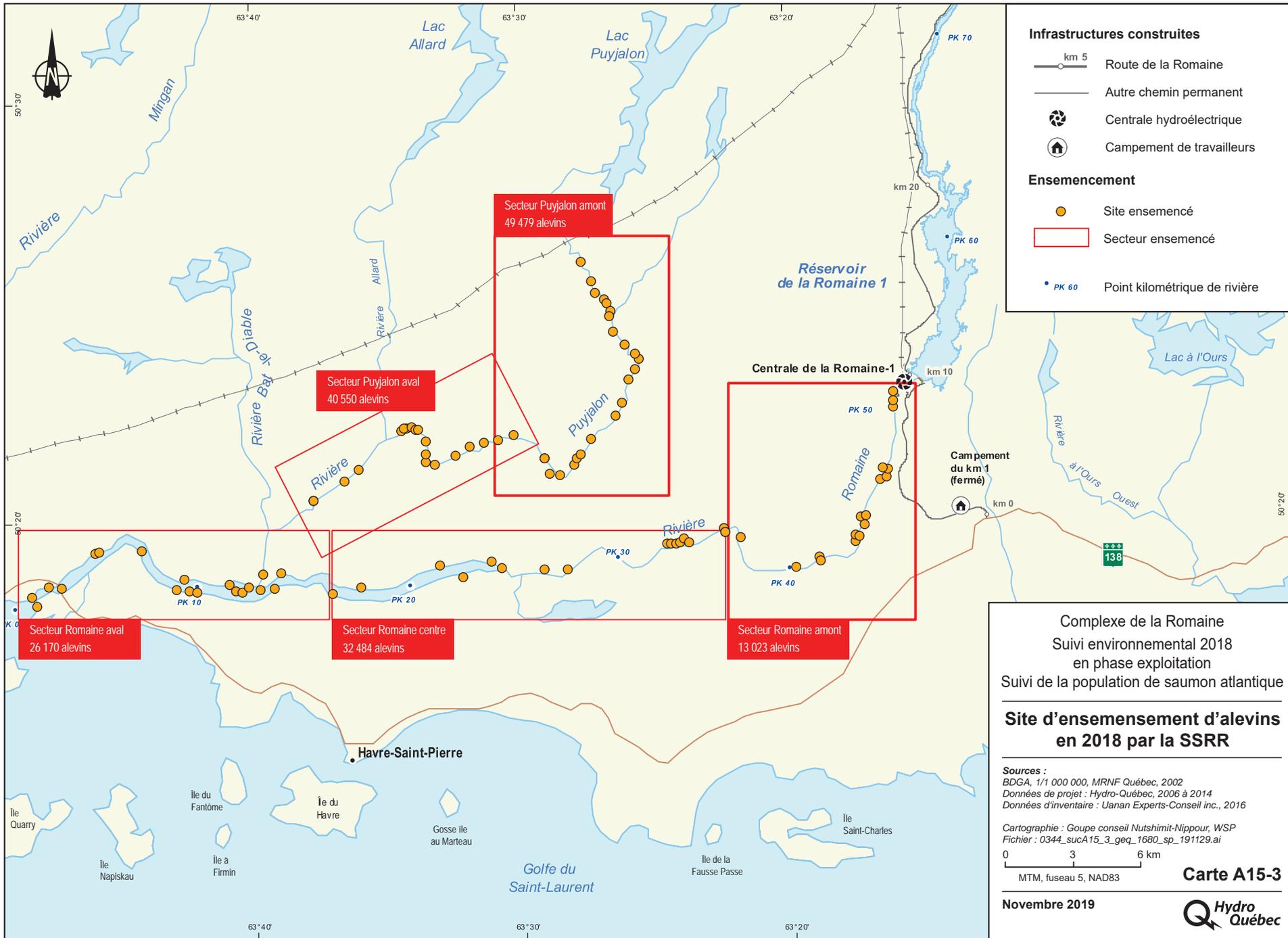
Inventaires et cartographie : WSP
 Fichier : 0344_sucA15_1_geq_1623_sp_191127.mxd

0 0,3 0,6 km
 MTM, fuseau 5, NAD83

Novembre 2019

Carte A15-1
 Hydro Québec





Infrastructures construites

- Route de la Romaine
- Autre chemin permanent
- Centrale hydroélectrique
- Campement de travailleurs

Ensemencement

- Site ensemençé
- Secteur ensemençé
- Point kilométrique de rivière

Complexe de la Romaine
Suivi environnemental 2018
 en phase exploitation
 Suivi de la population de saumon atlantique

Site d'ensemencement d'alevins
en 2018 par la SSRR

Sources :
 BDGA, 1/1 000 000, MRNF Québec, 2002
 Données de projet : Hydro-Québec, 2006 à 2014
 Données d'inventaire : Uanan Experts-Conseil inc., 2016

Cartographie : Groupe conseil Nutshimit-Nippour, WSP
 Fichier : 0344_sucA15_3_geq_1680_sp_191129.ai

0 3 6 km
 MTM, fuseau 5, NAD83

ANNEXE 16 Résultats détaillés de la caractérisation visuelle du substrat dans les habitats aménagés de la Romaine en 2018

Annexe 16 (suite) Résultats détaillés de la caractérisation visuelle du substrat dans les habitats aménagés de la Romaine

Site ¹ (PK et habitat aménagé)	Date	Station		Recouvrement de sable (%)	Épaisseur de sable (mm)	Type de recouvrement						
		Identifiant	Superficie de la parcelle (m ²)			Continu	Intersiticial	Crête longitudinale	Crête transversale	Plaquage irrégulier	Matrice	Propre
PK 49 - Frayère	22-08-2018	F-11	93,2	25	5					x		
PK 49 - Frayère	22-08-2018	F-12	129,2	25	1					x		
PK 49 - Frayère	22-08-2018	F-13	154,2	10	1					x		
PK 49 - Frayère	22-08-2018	F-14	225,0	50	5					x		
PK 49 - Frayère	22-08-2018	F-15	233,9	5	1					x		
PK 49 - Frayère	22-08-2018	F-16	162,8	55	1						x	
PK 49 - Frayère	22-08-2018	F-17	225,0	15	1						x	
PK 49 - Frayère	22-08-2018	F-18	225,0	5	0							x
PK 49 - Frayère	22-08-2018	F-19	150,2	10	1							x
PK 49 - Frayère	22-08-2018	F-20	160,2	35	5					x		
PK 49 - Frayère	22-08-2018	F-21	225,0	10	1					x		
PK 49 - Frayère	22-08-2018	F-22	225,0	10	5					x		
PK 49 - Frayère	22-08-2018	F-23	213,6	10	5					x		
PK 49 - Frayère	22-08-2018	F-24	156,9	45	1					x		
PK 49 - Frayère	22-08-2018	F-25	225,0	10	1					x		
PK 49 - Frayère	22-08-2018	F-26	225,0	20	5					x		
PK 49 - Frayère	22-08-2018	F-27	252,1	20	1					x		
PK 49 - Frayère	22-08-2018	F-28	167,2	25	1					x		
PK 49 - Frayère	22-08-2018	F-29	225,0	10	1					x		
PK 49 - Frayère	22-08-2018	F-30	225,0	25	5					x		
PK 49 - Frayère	22-08-2018	F-31	271,6	5	1					x		
PK 49 - Frayère	22-08-2018	F-32	212,7	15	1					x		
PK 49 - Frayère	22-08-2018	F-33	147,6	5	1					x		
PK 49 - Frayère	22-08-2018	F-34	169,1	10	1					x		
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-15	87,3	55	5	x						
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-16	285,0	100	10	x						
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-17	227,2	95	5	x						
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-18	135,7	20	5					x		
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-19	204,8	95	10	x						
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-20	225,0	60	5	x						
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-21	225,0	85	20	x						
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-22	150,8	20	5					x		
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-23	254,6	15	5					x		
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-24	225,0	50	5			x				
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-25	225,0	65	10			x		x		
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-26	192,1	0	0							x
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-27	268,0	90		x						
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-28	219,3	95	15	x						
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-29	225,0	45	5						x	
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-30	162,8	20	5			x		x		
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-31	224,6	100	20	x		x				
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-32	225,0	70	5						x	
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-33	139,0	10	5					x		
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-34	197,4	20	5					x		
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-35	225,0	90	30	x						
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-36	296,4	50	5					x		
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-38	267,2	100	30	x						
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-39	329,2	80	5						x	
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-40	256,8	0	0							x
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-41	133,8	75	5						x	
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-42	146,3	95	10	x						
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-43	247,8	20	5					x		
PK 51 - Élevage	22-08-2018	AI-44	296,8	40	15					x		

1 L'activité n'a pas pu être réalisée sur la frayère du PK 51 en 2018 en raison des débits élevés.

ANNEXE 17 Résultats détaillés du décompte de nids dans les frayères du cours principal de la Romaine et dans la Puyjalon et ses tributaires en 2018

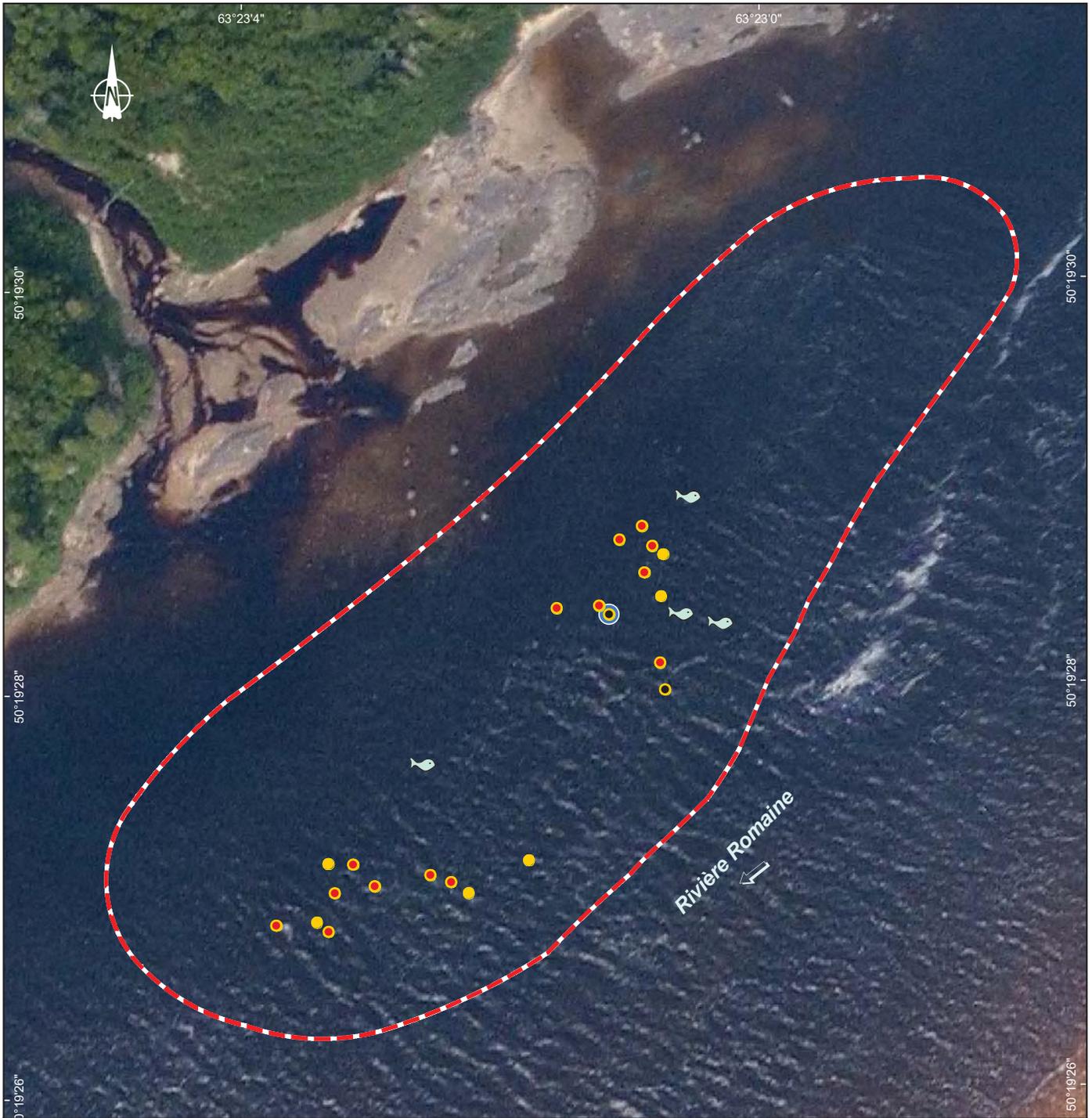
Rivière - Frayère	Date du décompte	Identifiant du point	Nombre de nids	Nids fouillés (fouille normale)		Nids fouillés (fouille profonde)		Oufs prélevés et acheminés vers la pisciculture de la SSRR				Saumons adultes observés ^{1,2}
				Sans oeufs	Avec oeufs	Sans oeufs	Avec oeufs	Oeufs prélevés	Oeufs vivants à l'arrivée à la pisciculture	Oeufs vivants le 28 novembre 2018	Alevins éclos au printemps 2019	
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	1	1									
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	2	1									
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	3	1	1		1						
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	4	1									
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	5	1									
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	6	1	1		1						
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	7	1									
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	8	1	1			1	16	14	13	11	
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	9	1									
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	10	1									
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	11	1	1			1					
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	12	1	1		1						
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	13	1									
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	14	1									
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	15	1	1		1						
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	16	1	1		1						
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	17	1									
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	18	1									
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	19	1									
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	20	1									
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	21	1	1		1						
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	22	1									
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	saumon-1										1
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	saumon-2										1
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	saumon-3										1
Romaine - PK 34,5	2018-11-08 et 09	saumon-4										1
Romaine - PK 46,2	2018-11-10	1-46	1									
Romaine - PK 46,2	2018-11-10	2-46	1									
Romaine - PK 46,2	2018-11-10	3-46	1	1		1						
Romaine - PK 46,2	2018-11-10	4-46	1									
Romaine - PK 46,2	2018-11-10	5-46	1	1		1						
Romaine - PK 46,2	2018-11-10	6-46	1									
Romaine - PK 46,2	2018-11-10	7-46	1									
Romaine - PK 46,2	2018-11-10	8-46	1									
Romaine - PK 46,2	2018-11-10	9-46	1									
Romaine - PK 46,2	2018-11-10	10-46	1	1		1						
Romaine - PK 46,2	2018-11-10	11-46	1									
Romaine - PK 46,2	2018-11-10	12-46	1	1		1						
Romaine - PK 46,2	2018-11-10	13-46	1	1		1						
Romaine - PK 46,2	2018-11-10	14-46	1									
Romaine - PK 46,2	2018-11-10	15-46	1									
Romaine - PK 46,2	2018-11-10	16-46	1	1		1						
Romaine - PK 46,2	2018-11-10	saumon										1
Romaine - PK 48,9	2018-11-13	-	(aucun nid)									
Romaine - PK 49	2018-11-13	1-49	1	1		1						
Romaine - PK 49	2018-11-13	2-49	1									
Romaine - PK 49	2018-11-13	3-49	1									
Romaine - PK 49	2018-11-13	4-49	1									
Romaine - PK 49	2018-11-13	5-49	1	1		1						
Romaine - PK 49	2018-11-13	6-49	1									
Romaine - PK 49	2018-11-13	7-49	1									
Romaine - PK 49	2018-11-13	8-49	1	1			1	13	10	6	4	
Romaine - PK 49	2018-11-13	9-49	1									
Romaine - PK 49	2018-11-13	10-49	1									
Romaine - PK 49	2018-11-13	11-49	1									
Romaine - PK 49	2018-11-13	12-49	1									
Romaine - PK 49	2018-11-13	13-49	1									
Romaine - PK 49	2018-11-13	14-49	1	1		1						
Romaine - PK 49	2018-11-13	15-49	1									
Romaine - PK 49	2018-11-13	16-49	1									
Romaine - PK 49	2018-11-13	17-49	1	1		1						
Romaine - PK 49	2018-11-13	18-49	1									
Romaine - PK 49	2018-11-13	19-49	1									
Romaine - PK 49	2018-11-13	20-49	1	1			1	23	23	4	1	
Romaine - PK 49	2018-11-13	21-49	1									
Romaine - PK 49	2018-11-13	22-49	1									
Romaine - PK 49	2018-11-13	23-49	1									
Romaine - PK 49	2018-11-13	24-49	1	1		1						
Romaine - PK 49	2018-11-13	25-49	1									
Romaine - PK 49	2018-11-13	26-49	1									
Romaine - PK 51	2018-11-16	Nid 1	1	1			1					
Romaine - PK 51	2018-11-16	Nid 2	1	1		1						
Romaine - PK 51	2018-11-16	Nid 3	1	1		1						
Romaine - PK 51	2018-11-16	Nid 4	1									
Romaine - PK 51	2018-11-16	Nid 5	1									
Romaine - PK 51	2018-11-16	Nid 6	1									
Romaine - PK 51	2018-11-16	Nid 7	1									
Romaine - PK 51	2018-11-16	Nid 8	1									
Romaine - PK 51	2018-11-16	Nid 9	1									
Romaine - PK 51	2018-11-16	Nid 10	1									
Puyjalon ³	2018-11-12	Plusieurs points	54									2
Bat-le-Diable	2018-11-05	Frayère 03	5	2		1						
Bat-le-Diable	2018-11-05	Frayère 06	1									
Allard	2018-11-04	Frayère 1	(aucun nid)									
Allard	2018-11-04	Frayère 2	3		2							
Allard	2018-11-04	Aval	(aucun nid)									
Romaine - PK 34,5	Sous-total		22	8	0	6	2	16	14	13	11	4
Romaine - PK 46,2	Sous-total		16	6	0	6	0	0	0	0	0	1
Romaine - PK 48,9	Sous-total		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine - PK 49	Sous-total		26	7	0	5	2	36	33	10	5	0
Romaine - PK 51	Sous-total		10	3	0	2	1	0	0	0	0	0
Puyjalon	Sous-total		54	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Bat-le-Diable	Sous-total		6	2	0	1	0	0	0	0	0	0
Allard	Sous-total		3	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Romaine (naturelles)	Sous-total		38	14	0	12	2	16	14	13	11	5
Romaine (aménagées)	Sous-total		36	10	0	7	3	36	33	10	5	0
Romaine (total)	Sous-total		74	24	0	19	5	52	47	23	16	5
Tributaires	Sous-total		63	2	2	1	0	0	0	0	0	2
Bassin versant	Total		137	26	2	20	5	52	47	23	16	7

1 Répartition des saumons adultes selon la taille: 5 rédibermarins (3 au PK 34,5 et 2 dans la Puyjalon) et 2 madeleineaux (1 au PK34,5 et 1 au PK 46,2).

2 Un total de 14 tacons a aussi été observé, soit 4 au PK 34,5, 4 au PK 46,2, 4 au PK 49 et 2 dans la Puyjalon.

3 Un décompte partiel a été fait les 4 et 5 novembre permettant d'apercevoir un seul nid (comptabilisé dans le total), mais la fraie du saumon n'était alors pas complétée.

ANNEXE 18 Répartition des nids de saumon inventoriés sur le cours principal de la Romaine en 2018



Frayère

Nids de saumon



- Nid non fouillé
- Nid fouillé avec œufs
- Nid fouillé sans œuf
- Oeufs prélevés
- Saumon adulte

Autre



Sens de l'écoulement

« Cette légende regroupe tous les éléments susceptibles de se trouver sur un des feuillets de la série de cartes. Il se peut donc qu'un ou plusieurs éléments de la légende ne soient pas présents sur un feuillet donné. »

Complexe de la Romaine
Suivi environnemental 2018
en phase exploitation
Suivi de la population de saumon atlantique

**Répartition des nids de saumon
au PK 34,5 de la Romaine**

Sources :

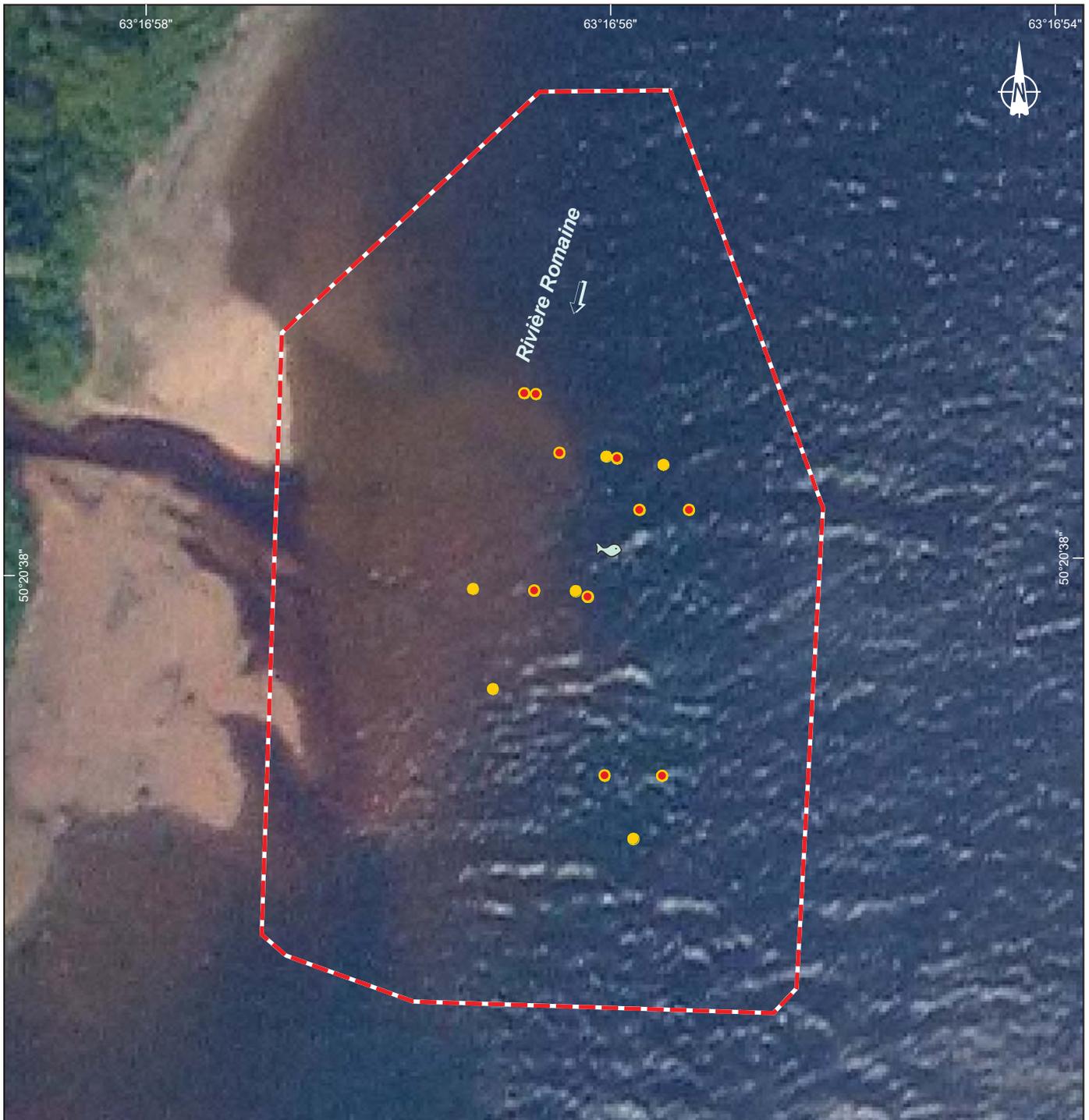
Orthophoto, résolution 30 cm, Hydro-Québec, 2004
Inventaires et cartographie : WSP, 2018
Fichier : 0344_sucA18_1_geq_1624_sp34_191127.mxd

0 9 18 m
MTM, fuseau 5, NAD83

Carte A18-1

Novembre 2019





Frayère

Autre



Sens de l'écoulement

Nids de saumon



- Nid non fouillé
- Nid fouillé avec œufs
- Nid fouillé sans œuf
- Oeufs prélevés
- Saumon adulte

Complexe de la Romaine
Suivi environnemental 2018
en phase exploitation
Suivi de la population de saumon atlantique

**Répartition des nids de saumon
au PK 46,2 de la Romaine**

Sources :

Orthophoto, résolution 30 cm, Hydro-Québec, 2004
Inventaires et cartographie : WSP, 2018
Fichier : 0344_sucA18_2_geq_1625_sp46_191127.mxd

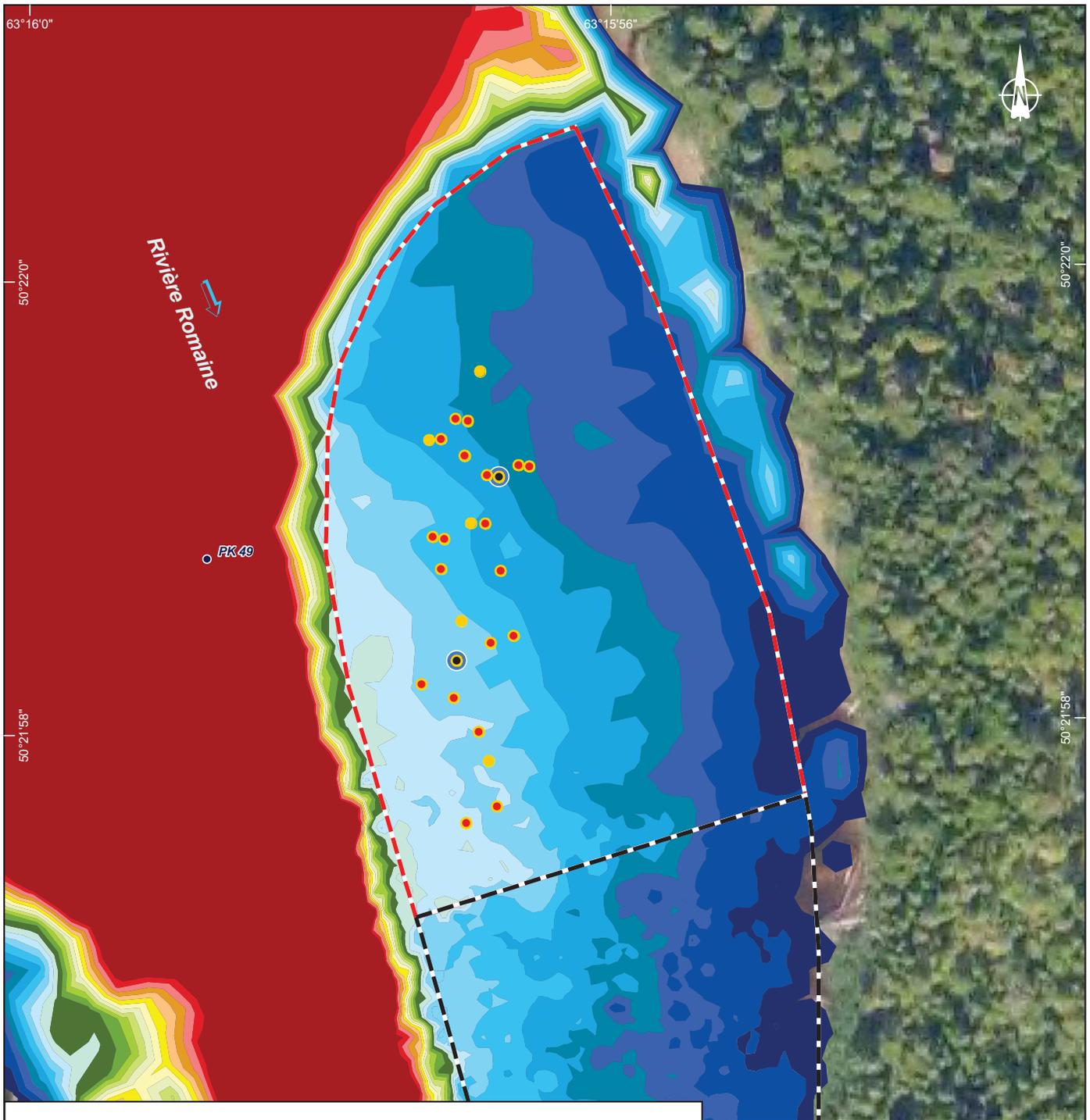
0 5 10 m
MTM, fuseau 5, NAD83

Carte A18-2

Novembre 2019



« Cette légende regroupe tous les éléments susceptibles de se trouver sur un des feuillets de la série de cartes. Il se peut donc qu'un ou plusieurs éléments de la légende ne soient pas présents sur un feuillet donné. »



Fraysère

Nids de saumon

- Nid non fouillé
- Nid fouillé avec œufs
- Nid fouillé sans œuf
- Oeufs prélevés
- Saumon adulte

Autre

- Sens de l'écoulement

« Cette légende regroupe tous les éléments susceptibles de se trouver sur un des feuillets de la série de cartes. Il se peut donc qu'un ou plusieurs éléments de la légende ne soient pas présents sur un feuillet donné. »

Profondeur à un débit de 140 m³/s (m)

	0,0 à 0,1		1,1 à 1,2
	0,1 à 0,2		1,2 à 1,3
	0,2 à 0,3		1,3 à 1,4
	0,3 à 0,4		1,4 à 1,5
	0,4 à 0,5		1,5 à 1,6
	0,5 à 0,6		1,6 à 1,7
	0,6 à 0,7		1,7 à 1,8
	0,7 à 0,8		1,8 à 1,9
	0,8 à 0,9		1,9 à 2,0
	0,9 à 1,0		Plus de 2,0
	1,0 à 1,1		

Complexe de la Romaine
Suivi environnemental 2018
en phase exploitation
Suivi de la population de saumon atlantique

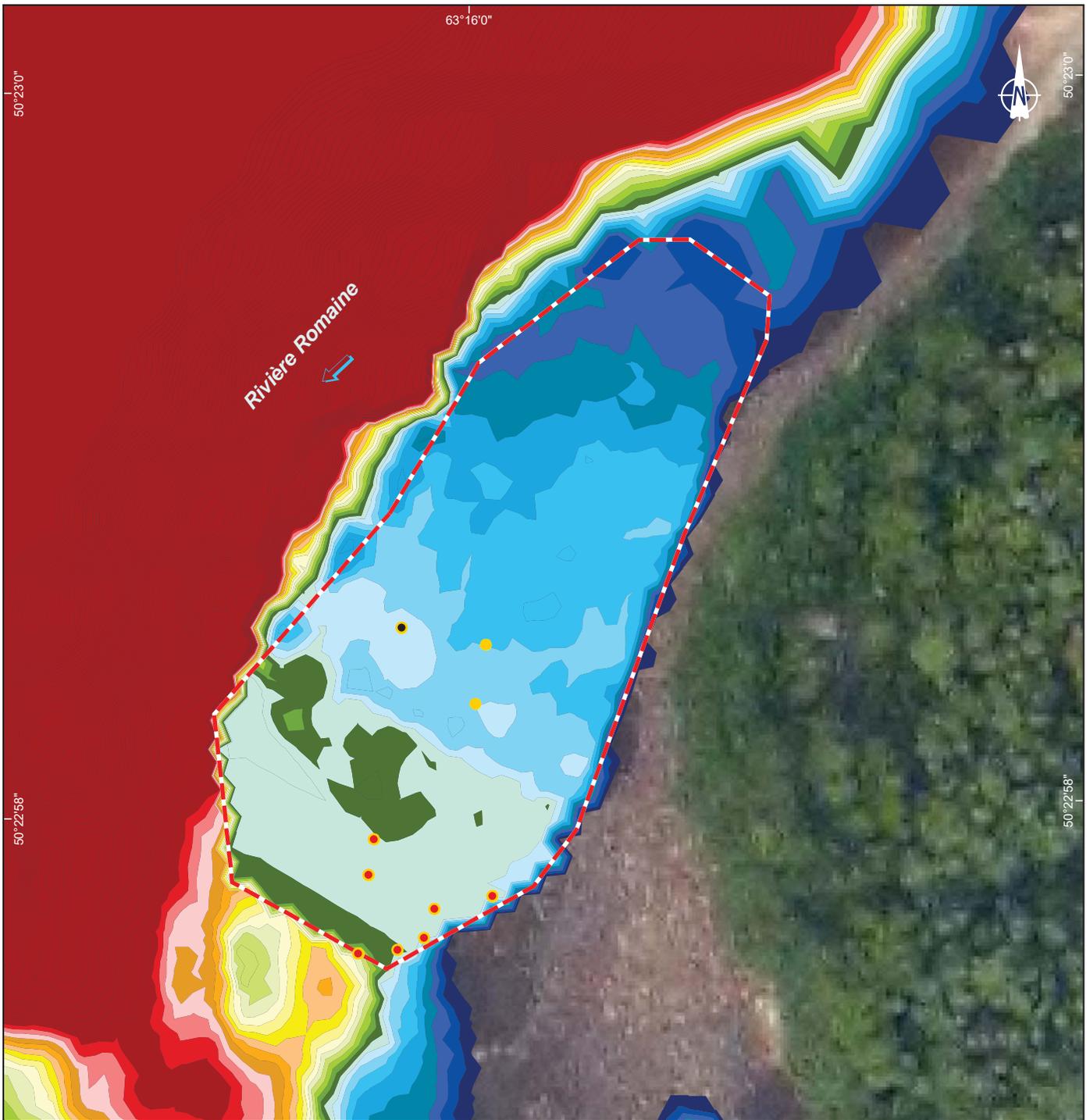
**Répartition des nids de saumon
au PK 49 de la Romaine**

Sources :
Orthophoto, résolution 30 cm, Hydro-Québec, 2004
Inventaires et cartographie : WSP, 2018
Fichier : 0344_sucA18_3_geq_1626_sp49_191127.mxd

0 8 16 m
MTM, fuseau 5, NAD83

Carte A18-3

Novembre 2019



Frayère

Nids de saumon



Nid non fouillé



Nid fouillé avec œufs



Nid fouillé sans œuf



Oeufs prélevés



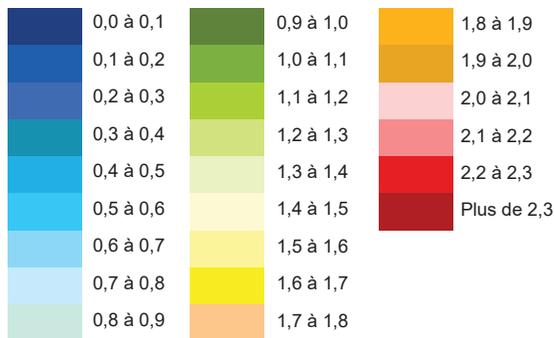
Saumon adulte

Autre



Sens de l'écoulement

Profondeur à un débit de 140 m³/s (m)



Complexe de la Romaine
Suivi environnemental 2018
en phase exploitation
Suivi de la population de saumon atlantique

**Répartition des nids de saumon
au PK 51 de la Romaine**

Sources :

Orthophoto, résolution 30 cm, Hydro-Québec, 2004

Inventaires et cartographie : WSP, 2018

Fichier : 0344_sucA18_4_geq_1627_sp51_191127.mxd

0 5 10 m

MTM, fuseau 5, NAD83

Carte A18-4

Novembre 2019



« Cette légende regroupe tous les éléments susceptibles de se trouver sur un des feuillets de la série de cartes.
Il se peut donc qu'un ou plusieurs éléments de la légende ne soient pas présents sur un feuillet donné. »

ANNEXE 19 Évaluation de la survie des embryons de saumon – Protocole de fraie 2018

	<p align="center">PROTOCOLE DE SUIVI DU DÉVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE 2018 (FRAIE ARTIFICIELLE ET IMPLANTATION DES EMBRYONS)</p>		
Préparé par : Bernard Aubé-Maurice / Louis Belzile		Date : 2018-10-15	Page 1 de 5
Destinataires : Délégués scientifiques et équipe de terrain			
Projet : Suivi de la population de saumon atlantique – Développement embryonnaire des œufs de saumons juvéniles			
Organismes : Hydro-Québec et WSP		No de projet : 171-04567-01	

1 – OBJECTIFS

L'objectif du suivi du développement embryonnaire est d'évaluer, dans les conditions les plus représentatives possibles des conditions naturelles, la survie des embryons de saumon entre la fécondation des œufs et leur éclosion dans les quatre principales frayères de la Romaine (naturelles et aménagées). Pour ce faire, les embryons issus de la fraie artificielle sont divisés en 12 lignées parentales distinctes (4 femelles x 3 mâles), puis insérés dans des capsules d'incubation. Les embryons sont ensuite disposés dans les quatre frayères étudiées et leur éclosion est vérifiée au printemps. Les données recueillies en 2019 pourront être comparées avec celles des suivis précédents (2010-2011, 2012-2013 et 2016-2017).

2 – FRAIE ARTIFICIELLE

En 2018, la fraie artificielle sera à nouveau réalisée au Laboratoire de Recherche en Sciences Aquatiques (LARSA) de l'Université Laval. La semaine de la fécondation, les produits sexuels sont prélevés le mercredi (14 novembre selon la planification actuelle). La fécondation sera réalisée le jeudi (15 novembre). Elle sera faite de façon à créer 12 lignées parentales distinctes (4 femelles x 3 mâles). Les œufs fécondés seront conservés séparément, selon leur affiliation parentale (12 groupes d'œufs correspondant aux 12 lignées parentales). Ensuite, ils seront transportés par avion de Québec au Havre-saint-Pierre (arrivée prévue à 14h30), puis en camion jusqu'à la pisciculture du SSRR. C'est là que WSP récupérera les œufs.

Des extraits des fascicules 3 et 9 du MAPAQ (1996) quant à la reproduction, l'incubation et l'alevinage ainsi qu'au transport des œufs et poissons vivants sont annexés au protocole. Toutes les procédures devront suivre ces guides.

3 – ENCAPSULATION

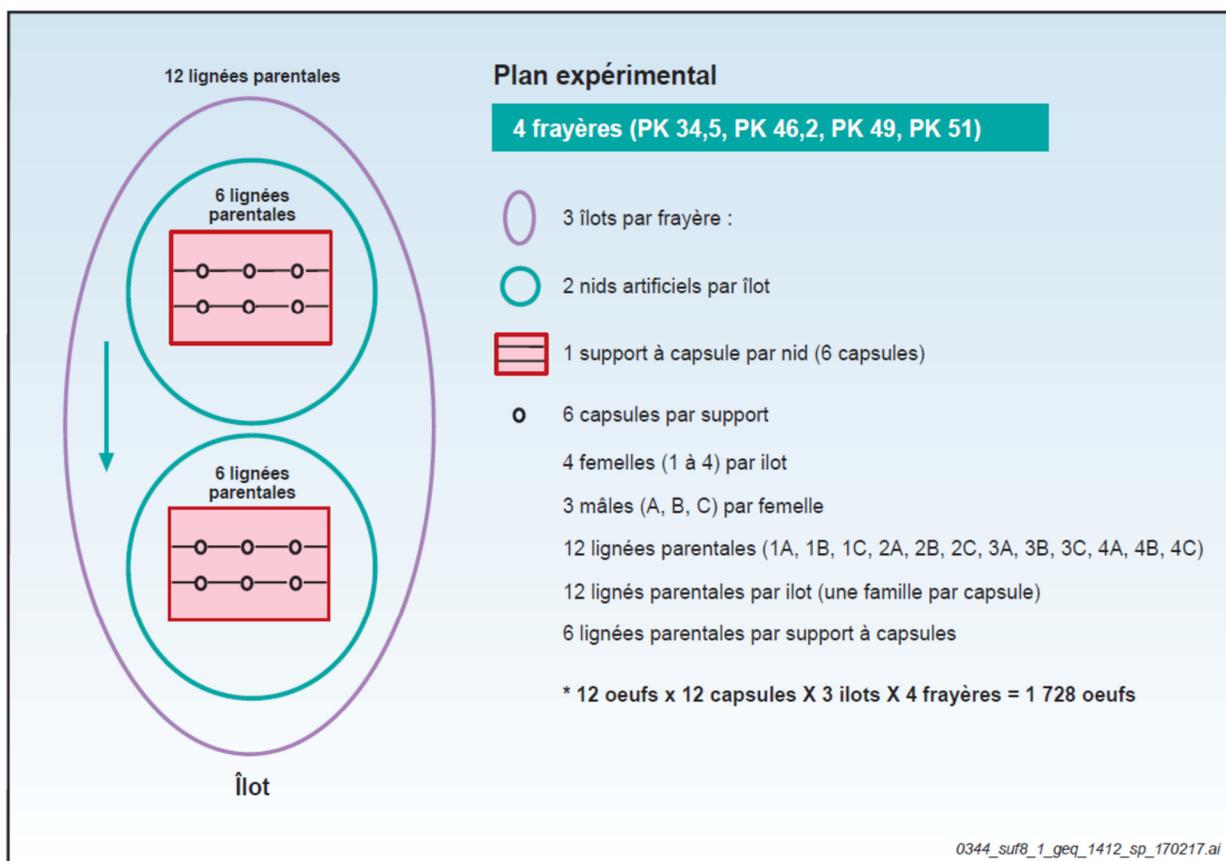
À la pisciculture de Havre-Saint-Pierre, les œufs et le matériel (puisette, capsules) pourront être désinfectés dans de l'ovadine. Les installations du SSRR seront utilisées à cette fin. Ensuite, 12 œufs seront disposés dans chaque capsule en notant sur la fiche de donnée le numéro de la capsule et la famille correspondante. Chaque famille doit être représentée de façon égale dans le total des capsules. À noter que chaque capsule contient des œufs appartenant à une seule famille.

Pour chaque numéro de capsule, la famille correspondante sera identifiée sur la fiche de données. Une fois l'encapsulation terminée, on regroupe les capsules par nid et îlot c'est-à-dire :

Îlot X : Nid 1 : 6 capsules : F1A, F1B, F1C, F2A, F2B et F2C.
Nid 2 : 6 capsules : F3A, F3B, F3C, F4A, F4B et F4C.

	<p align="center">PROTOCOLE DE SUIVI DU DÉVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE 2018 (FRAIE ARTIFICIELLE ET IMPLANTATION DES EMBRYONS)</p>		
Préparé par : Bernard Aubé-Maurice / Louis Belzile		Date : 2018-10-15	Page 2 de 5
Destinataires : Délégués scientifiques et équipe de terrain			
Projet : Suivi de la population de saumon atlantique - Développement embryonnaire des œufs de saumons juvéniles			
Organismes : Hydro-Québec et WSP		No de projet : 171-04567-01	

Pour chaque nid, les six capsules correspondant à des familles distinctes seront regroupées sur un support à capsules (voir plus loin). Un deuxième support à capsules contenant six capsules correspondant aux six autres familles sera utilisé pour le deuxième nid du même îlot. Ce patron est répété 3 fois (3 îlots) pour chacune des 4 frayères étudiées (PK 34, PK 46, PK 49 et PK 51) selon le plan expérimental montré à la figure 1.



Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec : Géomatique, Hydro-Québec Innovation, équipement et services partagés.

Figure 1 Plan expérimental pour l'étude de la survie des embryons

	<p align="center">PROTOCOLE DE SUIVI DU DÉVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE 2018 (FRAIE ARTIFICIELLE ET IMPLANTATION DES EMBRYONS)</p>		
Préparé par : Bernard Aubé-Maurice / Louis Belzile		Date : 2018-10-15	Page 3 de 5
Destinataires : Délégués scientifiques et équipe de terrain			
Projet : Suivi de la population de saumon atlantique - Développement embryonnaire des œufs de saumons juvéniles			
Organismes : Hydro-Québec et WSP		No de projet : 171-04567-01	

4 – TRANSPORT

Après l'encapsulation, les œufs seront transportés de la pisciculture vers l'hôtel dans une boîte munie de glace pour fournir un milieu humide et de l'oxygène. Les capsules doivent être disposées dans les casiers protégés de coton à fromage (la boîte de transport est fournie par le LARSA). Un thermomètre digital doit être inséré dans la boîte de transport. À noter qu'entre la fécondation et l'insertion des capsules dans les frayères de la Romaine, un délai maximal de 48 heures doit être respecté.

Un second transport se fera dans un deuxième temps entre l'hôtel et la rivière ou encore entre l'hôtel et l'aéroport (frayère du PK 34 accessible en hélicoptère).

5 – ACCLIMATATION DES ŒUFS

Les œufs devront être acclimatés à la température de la Romaine avant leur immersion. Ce processus peut être long. Pour cette raison, le soir de l'arrivée des œufs au Havre, une équipe rapportera du terrain deux glacières remplies d'eau de la Romaine à l'hôtel. La glacière sera laissée à l'extérieur pour la nuit. Le matin du départ vers les frayères, il faudra commencer tôt à ajuster l'eau de la glacière pour atteindre une température plus élevée de 1 à 2 °C qu'à l'intérieur des boîtes d'expédition (qui sera probablement près de 0 °C). Pour refroidir l'eau de la glacière, des bouteilles remplies d'eau gelée doivent être utilisées plutôt que de la glace. Lorsque la température de l'eau de la glacière aura atteint la température recherchée, les capsules contenant les œufs fécondés pourront y être déposées. Suite à cette première augmentation de la température des œufs, la température de l'eau des glacières pourra graduellement être augmentée à raison de 2 °C par heure. L'implantation en rivière peut être faite lorsque la température de l'eau des glacières aura un écart de 1 °C ou moins par rapport à l'eau de la Romaine.

6 – SUPPORT À CAPSULES ET MORTALITÉ POST-FÉCONDATION

Juste avant l'implantation des œufs dans les frayères, les capsules seront regroupées par groupe de 6 sur des supports à capsules (6 familles différentes sur chaque support) tel que montré à la figure 1. Les supports à capsules seront numérotés. Une autre glacière est remplie d'eau de la Romaine à cette étape et est utilisée pour contenir le support à capsules (écart maximal de 1 °C par rapport à la température de l'eau des glacières contenant les capsules). À cette étape, les œufs de chacune des capsules doivent être examinés et les mortalités post-fécondation (œufs blancs) doivent être retirées. Le nombre d'œufs morts retirés pour chacune des capsules sera noté, afin que le nombre d'œufs vivants dans chacune des capsules au moment de l'implantation soit connu et qu'il soit également possible de calculer le taux de mortalité post-fécondation pour chacune des capsules.

	PROTOCOLE DE SUIVI DU DÉVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE 2018 (FRAIE ARTIFICIELLE ET IMPLANTATION DES EMBRYONS)		
Préparé par : Bernard Aubé-Maurice / Louis Belzile		Date : 2018-10-15	Page 4 de 5
Destinataires : Délégués scientifiques et équipe de terrain			
Projet : Suivi de la population de saumon atlantique - Développement embryonnaire des œufs de saumons juvéniles			
Organismes : Hydro-Québec et WSP		No de projet : 171-04567-01	

7 – ENFOUISSEMENT DES ŒUFS

Deux supports à capsules doivent être enfouis sur chacun des douze îlots répartis dans les quatre frayères à l'étude selon le plan expérimental montré à la figure 1. Chaque support à capsules est enfoui dans un nid artificiel aménagé par le plongeur juste avant l'insertion des embryons dans les frayères.

Un nid artificiel est une dépression d'environ 30 cm de profondeur sur 75 cm de largeur creusée à la main dans le substrat de la frayère. Les matériaux excavés sont disposés légèrement en aval de la dépression. Une fois creusée, les supports à capsules doivent être enfouis à environ 20 cm sous la surface des frayères. La dépression est ensuite remplie à l'aide d'une pelle à main en imitant les mouvements de queue que ferait une femelle saumon lors de l'aménagement de son nid, afin de favoriser le nettoyage du substrat. La plus grande partie des matériaux utilisés provient de l'amont de la dépression, bien qu'une partie du substrat préalablement déplacé vers l'aval lors du creusement ait été récupérée pour uniformiser la surface. Une fois l'aménagement complété, chaque nid artificiel est caractérisé par une dépression en amont et un bourrelet en aval comme un nid naturel de saumon. Les supports à capsules doivent être en place moins de 48 heures après la fécondation artificielle. L'accès aux frayères des PK 46, 49 et 51 se fera en embarcation à partir du débarcadère de la centrale de la Romaine-1, alors que l'accès à la frayère du PK 34 se fera en hélicoptère.

L'emplacement de chaque nid artificiel sera géoréférencé puis marqué d'un galet traceur numéroté et d'une couleur distinctive disposé à l'amont. De plus, des pit tags (2) seront fixés sur chaque support (à chaque extrémité) afin de faciliter leur repérage advenant qu'ils soient déplacés durant l'hiver. Le n° des pit tags sera noté en fonction des n° des supports à capsules. À chaque nid, des photographies sous-marines, la vitesse du courant et la profondeur d'eau seront prises. Dans chacune des frayères, les six supports sont reliés par un câble. De plus, En raison de la plus grande profondeur de la frayère du PK 34, les supports à capsules doivent y être reliés à un réseau de câbles afin de faciliter leur récupération pendant la crue printanière. Ce réseau de câbles a été mis en place à l'été 2018.

En résumé, les données suivantes doivent être recueillies lors de l'enfouissement des œufs dans les frayères :

- Date
- Température de l'eau (thermomètre de surface)
- Nombre d'œufs retirés (mortalités post-fécondation) et nombre d'œufs vivants pour chaque capsule
- Point GPS du site d'enfouissement de chacun des supports à capsules
- Vitesse du courant et profondeur d'eau pour chaque nid
- Dans la saisie de données, s'assurer de pouvoir faire simplement le lien entre : le n° des lignées parentales, le n° des capsules, le n° des supports à capsules, le n° des pit tag et la localisation (frayère et îlot) tout en respectant le plan expérimental montré à la figure 1
- Photos et vidéos

	PROTOCOLE DE SUIVI DU DÉVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE 2018 (FRAIE ARTIFICIELLE ET IMPLANTATION DES EMBRYONS)		
Préparé par : Bernard Aubé-Maurice / Louis Belzile		Date : 2018-10-15	Page 5 de 5
Destinataires : Délégués scientifiques et équipe de terrain			
Projet : Suivi de la population de saumon atlantique - Développement embryonnaire des œufs de saumons juvéniles			
Organismes : Hydro-Québec et WSP		No de projet : 171-04567-01	

8 – ASPECTS ADMINISTRATIFS

Pour la facturation :

Numéro de projet : 171-04567-01

Phases et sous-phases :

- 600-1 : préparatifs (bureau)
- 600-2 : temps de déplacement
- 600-3 : temps terrain régulier
- 600-4 : temps plongée régulier
- 600-5 : temps plongée supplémentaire
- 600-6 : dépenses

Note : Toutes les dépenses doivent aller dans la phase 600-6 (repas, hébergement, essence, achat, quincaillerie, etc.).

9 – CONTACTS

Aspects scientifiques – Louis Belzile ou Bernard Aubé-Maurice

Cell. 418 563-7355 (Louis) ou 418 953-8786 (Bernard)

Bureau : 581-814-5879 (Louis) ou 581 814-5874 (Bernard)

Aspects techniques et logistiques – Frédéric Tremblay

Cell. 418-297-6314

Bureau : 581-823-0132

Contact LARSA (approvisionnement en œufs et fraie artificielle) :

Émilie Proulx : 418-656-3329

Contact Uanan (pisciculture de la SSRR en rive de la rivière Romaine) :

Marie-Philip Leclerc : cell. 418-297-3797

Contact client :

Hydro-Québec :

Jean-Christophe Guay : 514-289-2211, poste 4282

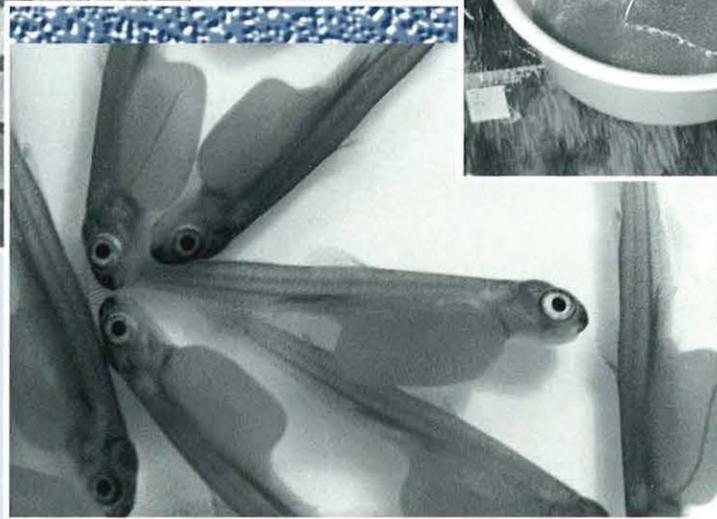
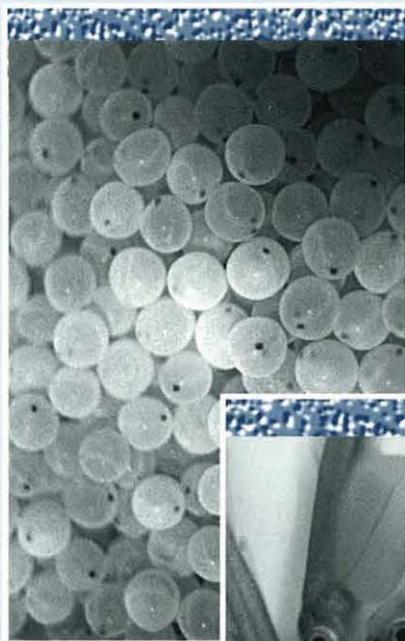
Maude Richard-St-Vincent : cell. 418-295-5179

REPRODUCTION, INCUBATION ET AVELINAGE

ÉLEVAGE DES SALMONIDÉS

FASCICULE

3



Québec 

3.3 LA REPRODUCTION

3.3.1 DÉFINITION

La reproduction est la fonction physiologique permettant de produire les poissons juvéniles qui assurent la pérennité de l'espèce. En pisciculture, la reproduction diffère de celle qui a lieu en milieu naturel, parce que l'intervention de l'homme est nécessaire pour extraire les produits sexuels et réaliser la fécondation des oeufs. Un ensemble de pratiques piscicoles est nécessaire à la réalisation de cette fonction physiologique en milieu contrôlé.

3.3.2 SUIVI DE MATURATION ET PRÉPARATION DES GÉNITEURS

Il est important que le pisciculteur suive l'évolution du processus de maturation des géniteurs et les prépare adéquatement pour la reproduction.

3.3.2.1 Changements morphologiques et comportementaux

Certains signes morphologiques et comportementaux indiquent que la période de reproduction est arrivée. Ils permettent d'identifier facilement les poissons matures sexuellement et de différencier les mâles des femelles. Les principales caractéristiques sont le profil du corps, arrondi chez la femelle et aplati chez le mâle, la présence d'un crochet mandibulaire chez le mâle et la prééminence de l'orifice urogénital chez la femelle.

Chez l'omble de fontaine, les mâles présentent une coloration noire et orangée à rouge vif de l'abdomen et des nageoires, une forme comprimée latéralement de l'abdomen, un profil longitudinal du dos arrondi pouvant être très élevé en forme de bosse, et une excroissance en forme de crochet à l'extrémité du mandibule inférieur (**figure 6**). La femelle montre une coloration rosée et une forme fortement gonflée de l'abdomen, lui donnant un profil transversal arrondi. Les nageoires sont également teintées de rose à orangé et il n'y a que peu de modifications du mandibule inférieur et du profil du dos. L'orifice urogénital est proéminent et de coloration rouge, en raison d'une vascularisation importante. Le comportement du mâle devient très agressif envers les autres mâles et ces derniers peuvent à l'occasion s'infliger des blessures.

Les mâles de truites arc-en-ciel perdent leur livrée argentée et deviennent d'une teinte sombre, de brune à noire. Les femelles sont argentées avec des reflets bleu-vert. Les autres transformations morphologiques

et comportementales s'apparentent à celles de l'omble de fontaine, bien que moins accentuées.

Le saumon atlantique, en période de reproduction, ressemble à la truite arc-en-ciel et devient brun. Le mâle a un crochet mandibulaire assez prononcé. Certains poissons gardent leur livrée argentée mais sont quand même matures.

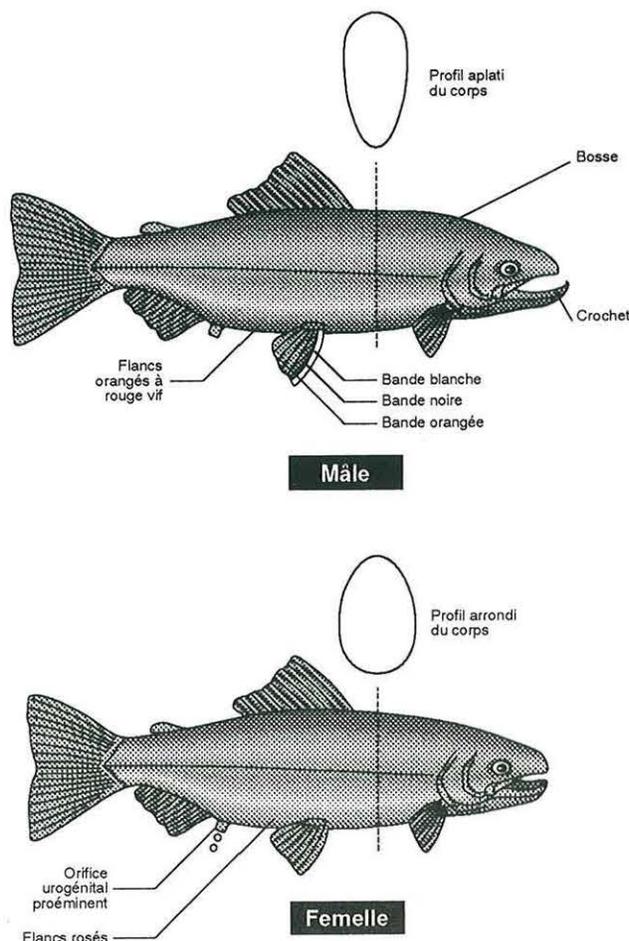


Figure 6 Caractéristiques morphologiques de l'omble de fontaine en période de reproduction

3.3.2.2 Stabulation

La période de la reproduction est très critique dans la vie du poisson et il faut manipuler les géniteurs avec grand soin. Les manipulations trop brusques des femelles peuvent amener la rupture des oeufs et un taux de mortalité élevé chez ces derniers. À l'approche de la reproduction, les géniteurs sont placés dans des

bassins aux dimensions réduites pour une période de stabulation.

Les mâles doivent être séparés des femelles pour la période de stabulation chez la truite arc-en-ciel et l'omble de fontaine. Cette pratique minimise les combats entre les mâles et facilite la vérification des femelles. Des études récentes ont démontré que des odeurs sexuelles, ou des phéromones, émises par les individus de l'autre sexe aident à stimuler l'ovulation et la libération du sperme (Liley et al. 1987). En conséquence, il est recommandé de garder les mâles et les femelles séparés par une barrière dans un même bassin, de préférence à des bassins indépendants. Il n'est pas nécessaire de séparer les mâles des femelles chez le saumon.

Les bassins doivent être recouverts d'un grillage pour empêcher que des géniteurs ne sautent à l'extérieur. L'utilisation d'un débit d'eau convenable selon les charges de poissons est conseillé afin d'assurer des conditions environnementales adéquates. Les taux de renouvellement de l'eau doivent être environ d'une heure, de deux heures et de trois à cinq heures, respectivement dans les bassins rectangulaires, circulaires et dans les étangs.

3.3.2.3 Test de fécondité

Les géniteurs doivent être vérifiés de façon régulière pendant la période de stabulation. Les mâles sont prêts pour la reproduction avant les femelles. Cela peut se vérifier facilement par une légère pression exercée sur les côtés de l'abdomen du mâle qui laisse échapper facilement de la laitance. À partir de ce moment, on doit vérifier les femelles une fois par semaine, afin d'identifier celles qui sont prêtes à pondre. L'orifice urogénital est rouge et protubérant quand la femelle est prête à expulser ses oeufs. L'ovulation est complétée lorsque tous les oeufs sont libres dans la cavité abdominale. Ceux-ci s'échappent alors facilement à la suite d'une légère pression exercée sur la partie ventrale et distale de l'abdomen. Les oeufs mûrs sont opaques et de coloration jaune pâle à orange foncé. Ces femelles sont mises à part en prévision de l'extraction des oeufs.

Il y a un risque élevé de récolter des oeufs dont le stade de maturité est dépassé et qui sont infertiles, si les femelles ne sont pas examinées une à une de façon régulière. La **figure 7** illustre le taux de fertilisation obtenu selon le niveau de maturité des ovules. À une température d'élevage de 10 °C, les oeufs de truite arc-en-ciel extraits de l'abdomen de la femelle de 0 à 8 jours après l'ovulation donnent un taux de fertilisation de 85 % et plus. Le taux de fertilisation est encore acceptable entre le 8^e et le 10^e jour après l'ovulation, où il diminue à 70 %. À la même température, 10 jours après l'ovulation il y a une réduction significative du taux de fertilisation des oeufs et ces derniers sont considérés comme inutilisables (Billard, 1982). Les

oeufs dont la maturité est dépassée de plusieurs jours sont reconnaissables à la présence d'un gros point jaune à orangé, très visible à l'intérieur. Dans certains cas, ils éclatent lorsqu'on les fait chuter à la surface de l'eau.

La vérification des mâles est moins nécessaire, parce que leur période de fécondité concorde avec celle des femelles et est plus étalée dans le temps. En effet, la gonade mâle produit des spermatozoïdes de façon continue sur toute la période de la reproduction. La laitance du mâle doit être abondante, blanche et crémeuse comme du lait. Les mâles dont la laitance est claire ne doivent pas être utilisés. Il est possible de faire un test de motilité des spermatozoïdes afin d'évaluer la qualité de la laitance. La méthodologie est décrite à la section 3.3.3.5. Cependant, cette pratique s'avère peu utile dans les conditions normales d'opération, puisqu'il a été démontré que la concentration en spermatozoïdes non motiles doit être plus grande que 90 % pour réduire substantiellement la fertilité (Levanduski et Cloud, 1988). La laitance des mâles devient granuleuse et liquide après la période de fertilité.

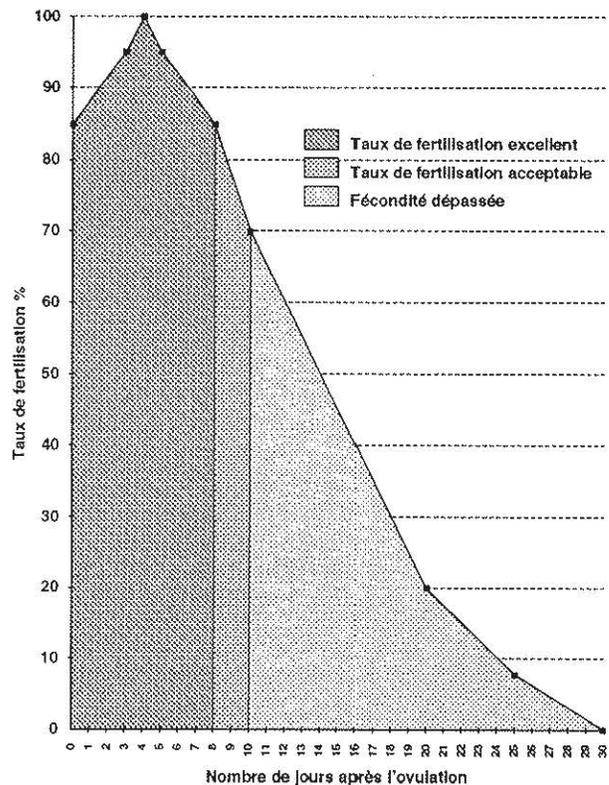


Figure 7 Taux de fertilisation attendu en fonction du nombre de jours après l'ovulation où les oeufs sont extraits, à une température de 10 °C

3.3.3 PRINCIPES ET MODES OPÉRATOIRES

3.3.3.1 Manipulations et anesthésie des géniteurs

Préalablement aux opérations de la reproduction artificielle, il est recommandé de concentrer les géniteurs qui sont prêts pour l'extraction des produits sexuels, de manière à faciliter leur capture au moyen d'une épumette.

L'extraction des produits sexuels peut être faite chez des sujets anesthésiés ou pas, dépendant de leur taille et de l'expérience des manipulateurs. L'utilisation d'un anesthésiant est fortement recommandée sinon essentielle pour manipuler le saumon atlantique. Le MS-222 (tricaïne méthanesulfonate) est un produit anesthésique bien connu au Canada. Cependant, une ordonnance vétérinaire est requise pour l'achat de ce produit et son utilisation.

La dose recommandée de MS-222 pour les salmonidés est de 40 à 80 mg/l (Turgeon, 1985). Ce produit peut être dissous directement dans l'eau. Il faut en ajouter au besoin, selon la biomasse de poissons à anesthésier, parce que l'anesthésique est absorbé par les poissons. Un gramme de MS-222 est requis pour 10 à 16 kg d'omble de fontaine et 16 à 39 kg de saumon atlantique. En général, on recommande d'ajuster la concentration pour que l'anesthésie des poissons ne se fasse pas en moins de trois minutes. Un dosage de 40 mg/l est utilisé au départ, lequel peut être augmenté à 60 ou 80 mg/l au maximum. Le **tableau 3** présente les quantités de MS-222 à utiliser, pour préparer des solutions anesthésiantes à différentes concentrations, et les quantités de poissons pouvant être anesthésiées. Le volume de la solution anesthésiante doit être suffisamment important pour ne pas avoir à réajuster la concentration d'anesthésiant fréquemment. Il ne faut pas anesthésier trop de poissons à la fois, de manière à ce qu'ils ne restent pas trop longtemps dans le bassin d'anesthésiant.

La température de l'eau dans le bassin d'anesthésie doit être la même que celle des bassins contenant les poissons reproducteurs. Plus la température est élevée, plus les poissons sont anesthésiés rapidement. Du sel non iodé peut être ajouté, à raison de 0,3 %, pour aider à diminuer le stress chez le poisson. Un bon système d'aération doit maintenir la concentration en oxygène de l'eau près du niveau de la saturation. Une sursaturation en oxygène augmente le temps nécessaire à l'anesthésie.

La solution anesthésique ne doit jamais entrer en contact avec les produits sexuels. En effet, il a été démontré qu'une concentration aussi faible que 18,9 mg/l de MS-222 réduit l'activité des spermatozoïdes (Piper et al. 1982). Il est donc préférable d'éponger légèrement les poissons anesthésiés avant de procéder à l'extraction des produits sexuels.

Les poissons moins gros, qui ne requièrent pas d'être anesthésiés, peuvent être placés sur un égouttoir pendant quelques dizaines de secondes, le temps qu'ils arrêtent de se débattre. Cela facilite leur manipulation par la suite. Une bonne pratique consiste à éponger l'eau sur l'abdomen du géniteur au moyen d'une serviette, immédiatement avant de procéder à l'extraction des oeufs, de manière à éviter que cette eau ne se retrouve dans le récipient qui recueille les oeufs et le sperme. Il est important de procéder délicatement afin de ne pas enlever le mucus.

3.3.3.2 Extraction des produits sexuels

Les opérations d'extraction des produits sexuels et de la fécondation doivent être effectuées à l'ombre, à l'intérieur d'un bâtiment, de manière à éviter que les oeufs ne soient exposés à la lumière solaire intense. Les oeufs et le sperme sont recueillis dans des récipients. L'opérateur peut travailler en position assise, en utilisant un banc spécialement conçu à cette fin, ou debout, en déposant sur une table les récipients qui recueillent les oeufs. Deux éléments de l'équipement de base, soit un banc pour la fraye et un égouttoir, sont illustrés à la **figure 8**.

Tableau 3 Dosage du MS-222 pour l'anesthésie des poissons

Concentration d'anesthésique désirée (mg/l)	Quantité de MS-222 (g) pour un volume de solution anesthésiante de :		Quantité de poisson (kg) pouvant être anesthésiée dans une solution d'un volume de :			
	50 litres	100 litres	50 litres		100 litres	
			Truite et omble	Saumon	Truite et omble	Saumon
40	2	4	20 - 32	32 - 78	40 - 64	64 - 156
60	3	6	30 - 48	48 - 117	60 - 96	96 - 234
80	4	8	40 - 64	64 - 156	80 - 128	128 - 312

L'extraction des oeufs se fait en maintenant fermement la femelle d'une main par le pédoncule caudal. L'autre main applique une légère pression sur l'abdomen du poisson en se déplaçant de l'avant vers l'arrière. Le premier mouvement doit être commencé près de l'orifice urogénital pour libérer une partie importante des oeufs, qui sont fortement concentrés dans cette région (figure 9). Ensuite, les mouvements sont allongés en partant des nageoires ventrales d'abord et pectorales ensuite. Il est important de faire sortir tous les oeufs de l'abdomen de la femelle. Le nombre de mouvements à exécuter pour extraire tous les oeufs dépend de la facilité avec laquelle ces derniers sortent de la femelle. De huit à douze mouvements sont généralement suffisants, mais il en faut plus dans les cas difficiles. Il est préférable d'exécuter un plus grand nombre de mouvements de préférence à augmenter la pression pour faire sortir les

oeufs. Deux opérateurs peuvent être nécessaires pour manipuler des gros poissons tels que le saumon.

L'extraction du sperme chez le mâle se fait en maintenant ce dernier d'une main, de la même manière que la femelle. L'anatomie du mâle diffère de celle de la femelle et requiert d'exercer une pression latérale plutôt que ventrale. L'autre main effectue deux ou trois mouvements avec une légère pression des deux côtés de l'abdomen du mâle.

Les précautions suivantes doivent être prises lors de l'extraction des produits sexuel des reproducteurs :

- 1- Causer le moins de stress possible aux poissons.
- 2- Extraire le plus d'oeufs possible de la cavité abdominale des femelles.

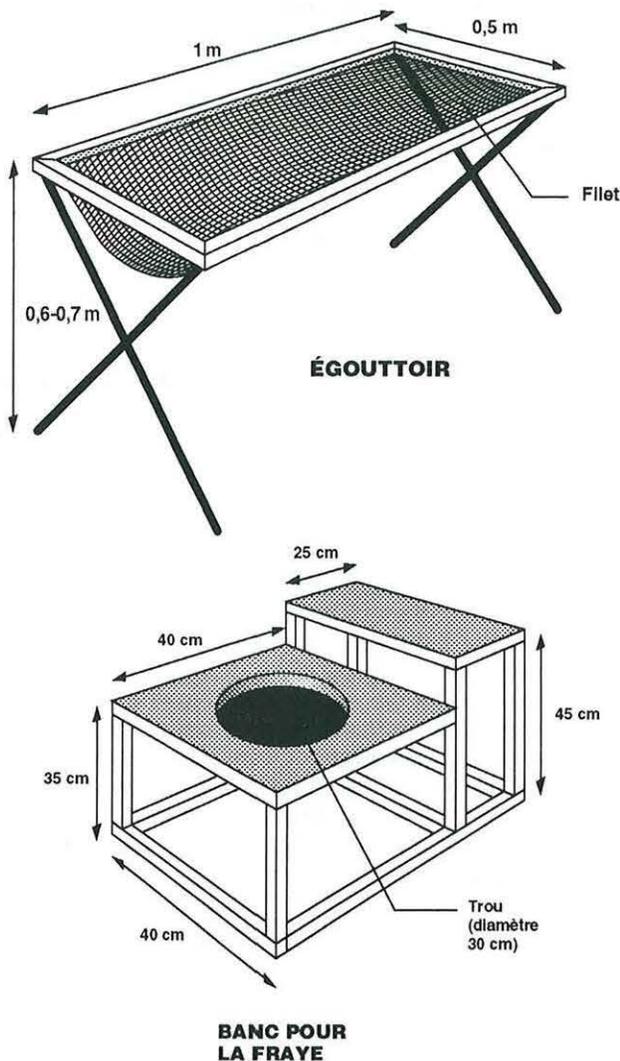


Figure 8 Égouttoir et banc utilisés pour réaliser la reproduction artificielle des salmonidés

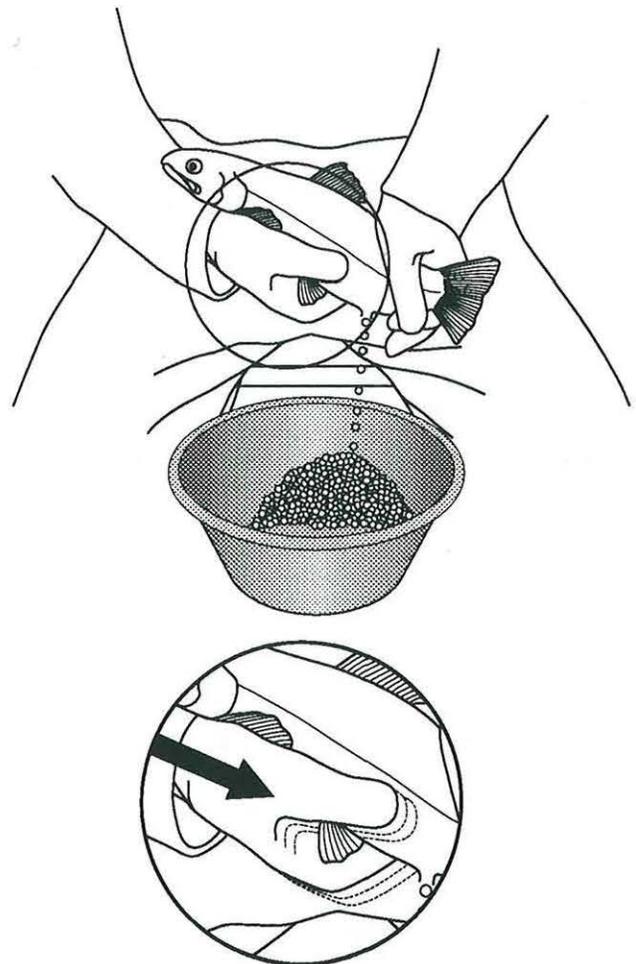


Figure 9 Méthode utilisée pour extraire les oeufs et la laitance des reproducteurs

- 3- Enlever le moins de mucus protecteur aux poissons, afin de prévenir les infections de champignons.
- 4- Ne pas endommager les organes internes des poissons par des pressions trop fortes.
- 5- Planifier les opérations à la chaîne, de manière à permettre une récupération rapide des poissons après l'extraction.

On peut procéder à une deuxième extraction des oeufs, de manière à s'assurer qu'ils ont tous été récoltés. Cela permet d'éviter que les oeufs restants après la première extraction ne résorbent dans la cavité abdominale. Ce phénomène de résorption provoque à l'occasion la formation d'un bouchon, qui est constitué d'un amas d'oeufs morts et de tissus, qui se colmatent ensemble, et vient entraver l'extraction des nouveaux oeufs lors de la prochaine fraye. Cette pratique est aussi recommandée pour récolter la totalité des produits sexuels chez les sujets de grande valeur, tels que les saumons sauvages. La deuxième extraction des oeufs est effectuée quelques jours après la première, ce qui permet aux oeufs restants d'avoir migré vers l'extrémité distale de la cavité abdominale. La plupart des pisciculteurs ne font qu'une seule extraction d'oeufs.

3.3.3.3 Conservation prolongée des produits sexuels

Il est possible de prolonger la durée de vie des produits sexuels pour réaliser la fécondation ultérieurement. Les oeufs non fécondés peuvent demeurer plus de 8 heures dans un récipient sec et donner sensiblement le même résultat à la fécondation. Cependant, il est important de maintenir constante la température de ces ovules, en laissant flotter le récipient qui contient les oeufs sur l'eau d'un bassin, ou en plaçant les oeufs dans un récipient isothermique. On doit protéger de la dessiccation les ovules gardés dans un récipient ouvert en recouvrant le récipient d'une membrane de cellophane. Les ovules peuvent être conservés jusqu'à 5 jours à une température de 0 °C (Billard, 1982).

Le sperme d'omble de fontaine non dilué peut être préservé avec succès pendant une période de 5 jours. Il doit être récolté dans des conditions stériles et refroidi immédiatement à 2 °C jusqu'à son utilisation. Cette méthode a aussi été utilisée avec succès chez la truite arc-en-ciel, pour une durée de 7 jours de conservation (Piper et al. 1982). Les conditions d'oxygène et de température pendant le stockage exercent une grande influence sur la survie des spermatozoïdes (Billard, 1982). On a testé la conservation du sperme de salmonidés à des températures inférieures à 0 °C, en ajoutant un cryoprotecteur (ex. : éthylène-glycol à 5 % - 10 %) au dilueur. Des survies de plusieurs semaines ont ainsi été rapportées à -4 °C et à -2 °C en présence d'oxygène (Billard, 1982).

3.3.3.4 Dilueur de sperme

La pratique de l'insémination artificielle avec dilueur de sperme permet de faire une meilleure utilisation des gamètes mâles, en fertilisant une plus grande quantité d'oeufs avec moins de laitance (Billard, 1982). Elle n'est pas utilisée couramment dans les opérations de reproduction standards, en raison de la grande disponibilité de laitance chez les mâles. Cependant, cette pratique s'avère utile dans la production de salmonidés monosexes femelles, qui requiert l'utilisation de sperme de néomâles², dont la production est onéreuse. Elle est aussi utilisée pour le transport et la mise en marché de sperme, prélevé chez des géniteurs de grande valeur, ou pour l'hybridation entre géniteurs dont les périodes de reproduction ne coïncident pas.

La formulation utilisée pour préparer un dilueur de sperme est donnée au **tableau 4**. Les deux solutions doivent être préparées avec de l'eau distillée et mélangées à raison de 4 parties de solution A et de 1 partie de solution B. Cependant, elles ne doivent être combinées qu'au moment de l'utilisation. Il est recommandé d'utiliser le dilueur de sperme à raison d'un volume de dilueur égal à celui du sperme. Le dilueur de sperme est un liquide physiologique qui doit être conservé au réfrigérateur, de manière à éviter une contamination bactérienne.

3.3.3.5 Test de motilité des spermatozoïdes

Un test de motilité des spermatozoïdes peut être effectué afin de déterminer si la laitance est bonne pour féconder des oeufs. Il suffit de prélever quelques gouttes de la laitance du mâle à tester dans un petit récipient. Du fluide ovarien est aussi prélevé d'une femelle. Une goutte de sperme est déposée sur une lame de verre, à laquelle est ajoutée une goutte de fluide ovarien pour diluer le sperme et activer les spermatozoïdes. Une lamelle est déposée sur la préparation et l'observation est faite immédiatement au microscope à un grossissement de 100X. La motilité des spermatozoïdes doit alors être visible par des petits points noirs qui se déplacent rapidement dans tous les sens. Si aucune motilité n'est perceptible, le sperme n'est pas bon pour réaliser la fécondation. Il est important de faire la mise au point du microscope au préalable, parce que l'intensité lumineuse et la chaleur dégagées par la lampe inhibent les spermatozoïdes en quelques secondes.

3.3.3.6 Période de récupération

Les géniteurs sont placés dans un bassin de recouvrement pour une surveillance une fois la

² Néomâle: poisson femelle génétique transformé en mâle physiologique par l'absorption d'hormone masculinisante, lequel possède des gonades mâles qui produisent des spermatozoïdes.

Tableau 4 Formulation utilisée pour préparer un dilueur de sperme

Produits	Formule chimique	Concentration (g/l)
Solution A (4 volumes)		
Chlorure de potassium	KCl	9,0
Chlorure de sodium	NaCl	2,35
Phosphate de sodium monobasique	NaH ₂ PO ₄	0,51
Sulfate de magnésium	MgSO ₄ ·7H ₂ O	0,29
Chlorure de calcium	CaCl ₂ ·2H ₂ O	0,29
Solution B (1 volume)		
Bicarbonate de sodium	NaHCO ₃	5,0
Glucose	C ₆ H ₁₂ O ₆	5,0

reproduction terminée. Des traitements au vert de malachite doivent leur être administrés de façon préventive, de manière à éviter la prolifération des champignons. Les pertes de mucus occasionnées par les manipulations sont responsables de cette contamination. Le traitement recommandé est au dosage de 1 mg/l pendant une heure, tous les trois jours pendant 9 à 15 jours (Turgeon, 1982). Dans certains cas, il peut être nécessaire de traiter chaque jour pendant les 3 à 4 premiers jours après la fraye.

Les poissons reproducteurs perdent normalement de 10 % à 20 % de leur poids pendant la saison de reproduction. Cela est dû principalement à un arrêt de l'alimentation et à la libération des oeufs et du sperme. La perte de poids est encore plus importante chez la femelle à cause du poids important de la masse d'oeufs pondue.

3.3.4 FÉCONDATION ARTIFICIELLE

3.3.4.1 Méthodes sèche et humide

La méthode la plus couramment utilisée pour la fécondation artificielle des salmonidés est la méthode sèche. Elle consiste à recueillir les oeufs dans un récipient sec. La méthode humide utilisée autrefois, qui consistait à recueillir les oeufs dans un récipient contenant de l'eau, n'est plus utilisée aujourd'hui. Les taux de fécondation obtenus étaient moins élevés qu'avec la méthode sèche, où le récipient ne contient que les oeufs et le liquide coelomique. En effet, il a été démontré que les spermatozoïdes avaient une durée de vie plus longue dans des conditions "sèches" que dans l'eau, où ils ne vivent que 90 secondes environ. Par ailleurs, le micropyle, l'ouverture qui permet l'entrée d'un spermatozoïde dans l'oeuf, se referme plus

rapidement dans l'eau que dans les conditions "sèches", laissant ainsi moins de temps pour la fécondation.

3.3.4.2 Mélange des produits sexuels

Il est nécessaire d'utiliser la laitance de plus d'un mâle pour un lot d'oeufs, afin d'augmenter les chances de fécondation. Plusieurs séquences peuvent être utilisées, dont l'une consiste à introduire en premier les oeufs de deux ou trois femelles dans un récipient et à y ajouter la laitance d'un mâle. Les oeufs et la laitance sont mélangés ensemble immédiatement. Ensuite, les oeufs d'une ou de deux femelles supplémentaires sont recueillis dans le même récipient et la laitance d'un deuxième mâle est ajoutée. Le tout est mélangé à nouveau.

Les oeufs de saumons sont en général recueillis dans des récipients individuels pour chaque femelle et sont fécondés avec plus d'un mâle. Une seule femelle produisant un grand nombre d'oeufs, souvent au delà de 15 000, ces derniers sont gardés séparément dans l'équipement d'incubation. Cela permet d'effectuer un suivi individuel des performances de la progéniture de chaque femelle, et de garder comme reproducteurs seulement les sujets qui donnent des résultats satisfaisants.

Bien qu'il soit plus pratique de mélanger dans un même récipient les oeufs de plusieurs femelles pour la fécondation chez la truite, il est important de vérifier la qualité des oeufs de chaque femelle au préalable. Il suffit d'extraire les oeufs de chaque femelle, ou à tout le moins quelques-uns, dans un récipient individuel, afin d'en examiner la qualité avant de les mélanger avec ceux des autres femelles dans un récipient commun. Cette pratique évite bien des désagréments, par exemple d'avoir à trier les oeufs impropres d'une femelle à travers un lot important d'oeufs de bonne qualité, provenant de plusieurs autres femelles.

Les pontes de bonne qualité sont constituées d'oeufs complètement opaques, d'une coloration jaune à orangée, et de diamètres égaux. Les oeufs translucides, avec la présence d'un point jaune à orangé à l'intérieur, ou ceux qui comportent la présence de plusieurs oeufs blancs opaques dans une ponte, ou qui sont de diamètres très inégaux, ou agglutinés, ou qui baignent dans un liquide séminal fortement contaminé par du sang sont impropres à la fécondation.

Le mélange des oeufs et du sperme peut s'effectuer à la main immédiatement après avoir introduit le sperme. La main doit être propre, particulièrement lors de l'utilisation de l'anesthésique MS-222. Il faut mélanger délicatement mais suffisamment les produits sexuels pour obtenir un contenu homogène dans le récipient. Ensuite, on laisse reposer de deux à quatre minutes, le temps que la fécondation se produise. On ajoute ensuite un peu d'eau jusqu'à ce que les oeufs soient submergés et on attend encore de 2 à 10 minutes, après quoi la fécondation est définitivement terminée. La **figure 10** représente la séquence des opérations relatives à la reproduction artificielle des salmonidés.

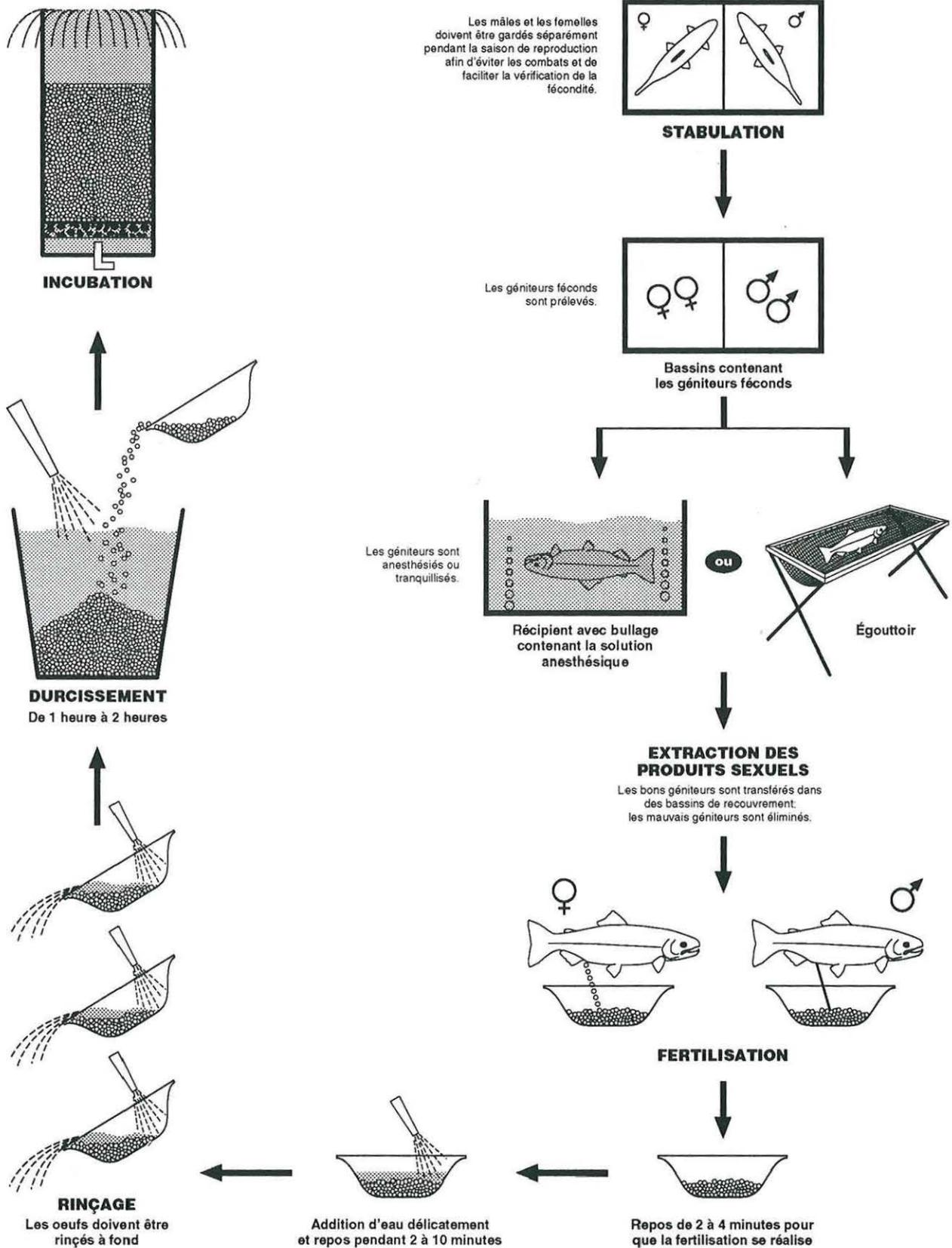


Figure 10 Séquence des opérations relatives à la reproduction artificielle des salmonidés

3.4 MANIPULATION DES OEUFS FÉCONDÉS

3.4 MANIPULATION DES OEUFS FÉCONDÉS

3.4.1 NETTOYAGE ET TRI

Les récipients contenant les oeufs fécondés renferment certaines impuretés telles que l'excès de sperme, des excréments et parfois des traces de sang et quelques oeufs morts. On doit rincer le contenu à plusieurs reprises afin d'éliminer le plus possible ces détrit. Une plume ou une spatule peuvent être utilisées pour effectuer ce nettoyage.

3.4.2 PÉRIODE DE DURCISSEMENT

Une fois rincés, les oeufs sont déversés dans un récipient irrigué pour la période du durcissement. La température de l'eau doit être à peu près la même que celle où se trouvaient les géniteurs. Il est important que les oeufs ne soient pas en mouvement pendant le durcissement. Le jet d'eau qui alimente le récipient doit être ajusté en conséquence.

Pendant cette période, les oeufs absorbent de l'eau qui vient combler l'espace périvitellin, situé entre la coquille de l'oeuf et la membrane vitelline. Les oeufs fraîchement extraits sont adhésifs en raison de ce phénomène d'absorption d'eau. Une fois la période de durcissement complétée, les oeufs sont très sphériques, plus durs et ne seront plus jamais adhésifs jusqu'à la fin de leur développement. Cette période dure de une à deux heures, selon la température de l'eau. Elle est d'au moins deux heures chez le saumon. Elle est critique pour les oeufs, qui ne doivent pas être manipulés avant qu'elle ne soit complétée.

Après le durcissement, les oeufs sont beaucoup moins fragiles pour une période de 36 à 48 heures. On parle alors d'oeufs verts, c'est-à-dire fraîchement pondus. C'est pendant ce temps que les opérations de tri, de comptage, de nettoyage et d'élimination des oeufs morts, de décontamination et de transport peuvent être effectuées. C'est aussi à ce moment que débute l'incubation.

3.4.3 COMPTAGE

Le dénombrement des oeufs est nécessaire pour déterminer le succès obtenu à l'incubation, démarrer le suivi de l'inventaire et effectuer s'il y a lieu des ventes d'oeufs. Il existe quelques méthodes éprouvées pour dénombrer les oeufs de salmonidés. Elles doivent être

précises, pratiques et ne pas endommager les oeufs par des manipulations requises.

3.4.3.1 Méthode Von Bayer

La méthode Von Bayer détermine la quantité d'oeufs contenus dans un volume donné à partir du diamètre des oeufs, lequel est mesuré sur une règle dite de "Von Bayer". Il s'agit d'une goulotte de longueur précise, soit 30 centimètres, dont on garnit le fond avec une rangée d'oeufs accolés les uns aux autres, afin d'en déterminer le nombre (figure 11). Un abaque (tableau 5) permet ensuite de connaître le nombre d'oeufs contenu dans un litre, à partir du nombre d'oeufs déterminé sur la règle. Cette opération doit être répétée au moins trois fois pour augmenter la précision. Il suffit ensuite de mesurer le volume total des oeufs à dénombrer, au moyen d'un récipient gradué, et de multiplier ce volume par le nombre d'oeufs au litre indiqué au tableau 5.

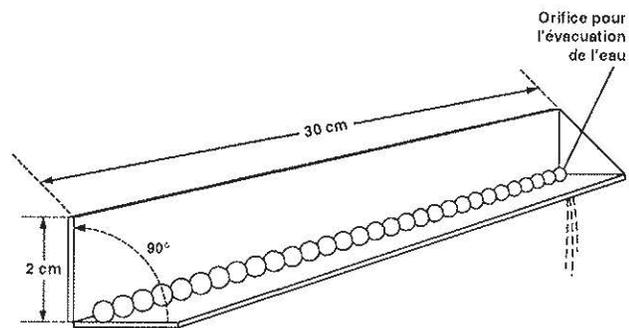


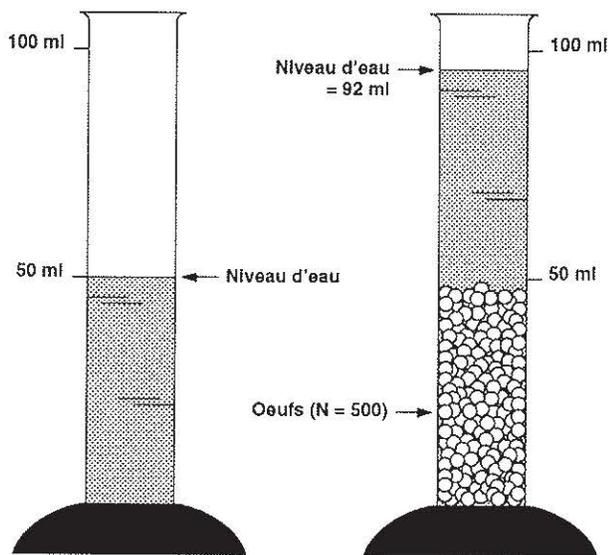
Figure 11 Règle utilisée pour le dénombrement des oeufs selon la méthode « Von Bayer »

3.4.3.2 Méthode du déplacement d'eau

La méthode du déplacement d'eau consiste à remplir à demi, avec de l'eau, un récipient gradué d'environ 100 millilitres et à en noter le volume (figure 12). Ensuite, un échantillon d'oeufs d'un nombre connu, par exemple 500, y est introduit et le volume est mesuré à nouveau. La différence entre les deux mesures correspond au volume d'eau déplacé par les 500 oeufs. Par la suite, les oeufs à mesurer sont introduits, lot par lot, dans un grand cylindre gradué de 1 ou 2 litres et les volumes d'eau déplacés par chaque lot sont enregistrés. Une simple règle de trois permet enfin de déterminer le nombre d'oeufs. À titre d'exemple,

Tableau 5 Estimation du nombre d'oeufs par litre, selon la méthode « Von Bayer », à partir du nombre d'oeufs contenu dans une règle de 30 cm.

Nombre oeufs /30 cm	Diamètre oeufs (mm)	Nombre oeufs /litre	Nombre oeufs /30 cm	Diamètre oeufs (mm)	Nombre oeufs /litre
43	6,98	3 450	67	4,48	13 053
44	6,82	3 697	68	4,41	13 646
45	6,67	3 955	69	4,35	14 257
46	6,52	4 224	70	4,29	14 886
47	6,38	4 506	71	4,23	15 533
48	6,25	4 799	72	4,17	16 198
49	6,12	5 106	73	4,11	16 883
50	6,00	5 425	74	4,05	17 586
51	5,88	5 757	75	4,00	18 309
52	5,77	6 102	76	3,95	19 051
53	5,66	6 461	77	3,90	19 813
54	5,56	6 834	78	3,85	20 595
55	5,45	7 220	79	3,80	21 397
56	5,36	7 621	80	3,75	22 220
57	5,26	8 037	81	3,70	23 064
58	5,17	8 467	82	3,66	23 928
59	5,08	8 913	83	3,61	24 814
60	5,00	9 374	84	3,57	25 722
61	4,92	9 851	85	3,53	26 652
62	4,84	10 343	86	3,49	27 604
63	4,76	10 852	87	3,45	28 578
64	4,69	11 377	88	3,41	29 575
65	4,62	11 918	89	3,37	30 594
66	4,55	12 477	90	3,33	31 637



Volume total (92 ml) – volume d'eau (50 ml)
= volume des oeufs (42 ml)

Figure 12 Méthode du dénombrement des oeufs par déplacement d'eau

si le volume déplacé par l'échantillon de 500 oeufs est de 42 ml et que le volume déplacé par la totalité des oeufs est de 420 ml, leur nombre est de 5 000 tel que déterminé ci-dessous.

Exemple : 42 ml d'eau déplacés = 500 oeufs
 420 ml d'eau déplacés = x

$$\frac{420 \text{ ml} \times 500 \text{ oeufs}}{42 \text{ ml}} = 5\,000 \text{ oeufs}$$

3.4.3.3 Méthode de la pesée

La méthode de la pesée requiert l'utilisation d'une balance de précision pesant au dixième de gramme (0,1 g). Elle consiste simplement à déterminer précisément le poids d'un nombre connu d'oeufs, une centaine par exemple, et ensuite à calculer le poids moyen d'un oeuf. Cette opération doit être effectuée au moins trois fois pour donner une précision acceptable. Il ne restera plus qu'à peser tous les oeufs et à diviser par le poids moyen d'un oeuf pour en déterminer le nombre.

Il est important de bien égoutter les oeufs pour augmenter la précision des méthodes du déplacement d'eau et de la pesée. Une passoire est utilisée à cette fin. Les oeufs y sont déversés, égouttés et une éponge est passée sous la passoire pour absorber le reste d'eau.

3.4.4 DÉSINFECTION

Il peut être nécessaire, sinon essentiel, de désinfecter les oeufs, avant de les placer en incubation. Cela doit être fait systématiquement quand les oeufs proviennent d'une autre station piscicole. Il est important de préciser que la désinfection n'est efficace que contre les bactéries qui se tiennent à la surface de l'oeuf, telles que *Aeromonas salmonicida* (Furonculose) et *Aeromonas hydrophyla*. Pour les autres maladies infectieuses des salmonidés à transmission verticale (de parent à enfant) présentes au Québec, soit la maladie bactérienne du rein et la nécrose pancréatique infectieuse, où la bactérie et le virus respectivement sont situés à l'intérieur de l'oeuf, la désinfection n'est d'aucune efficacité.

Les produits couramment utilisés sont des iodophores qui se présentent sous la forme d'un liquide de couleur brune et dont la concentration en iode actif est variable selon le fabricant. Les plus connus sont la Wescodyne (1,6 %; West Chemical Company), l'Argentyne (1 %; Argent) et l'Ovadine (1 %; Syndel).

La désinfection des oeufs s'effectue par une baignade de 10 minutes dans une solution à 100 mg/l d'iode actif (ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, 1982). On obtient une solution à cette concentration en introduisant 10 ml de désinfectant par litre d'eau avec l'Argentyne et l'Ovadine, ou 6,25 ml de Wescodyne par litre d'eau. Il faut utiliser un ratio d'environ dix volumes de solution désinfectante pour 1 volume d'oeufs, ou 1 litre de solution pour environ 2 000 oeufs. La solution désinfectante fraîchement préparée est brunâtre. Elle

pâlit avec l'utilisation et devient inefficace quand sa coloration a changé de brun à jaune.

Dans les eaux douces, il est recommandé d'ajouter du bicarbonate de soude, à raison de 0,8 gramme par litre de solution désinfectante, afin d'éviter l'acidification brutale. La survie des oeufs et l'activité désinfectante sont maximales à pH 7. Il est important que la température de la solution désinfectante soit la même que celle des oeufs pour ne pas provoquer de choc thermique.

Après le traitement, les oeufs doivent être rincés à fond pour éliminer le désinfectant. Les iodophores sont très toxiques pour le poisson et, par conséquent, ne doivent pas être drainés dans les bassins ou étangs situés en aval dans la station piscicole.

3.4.5 ACCLIMATATION

L'acclimatation consiste à adapter progressivement les oeufs, qui proviennent d'un transport, à la température de l'eau d'incubation. Il est important de prendre assez de temps pour réaliser cette acclimatation afin d'éviter un choc thermique aux oeufs, soit pas plus de 2 °C d'élévation de température par heure. À titre d'exemple, les oeufs qui sont transportés normalement dans des contenants avec glace sont à une température voisine de 0 °C à 2 °C et doivent être amenés à des températures de 6 °C à 8 °C pour l'incubation. Les oeufs, après l'opération de désinfection, peuvent être placés sur des claies ou dans des paniers d'incubation dans une auge remplie d'eau et de glace dont la circulation d'eau a été interrompue. Après avoir introduit tous les oeufs dans l'auge, on rétablit progressivement la circulation de l'eau sur une période de quelques heures en commençant par un très petit débit, de telle sorte que l'acclimatation est graduelle sur plusieurs heures jusqu'à ce que la glace soit complètement fondue.

3.5 L'INCUBATION

3.5 L'INCUBATION

3.5.1 DÉFINITION

L'incubation est la période pendant laquelle l'embryon se développe dans l'oeuf. Les oeufs sont alors placés dans un courant d'eau continu, nécessaire à l'alimentation en oxygène. L'incubation se termine avec l'éclosion des oeufs.

3.5.2 ANATOMIE ET STADES DE DÉVELOPPEMENT DE L'OEUF

3.5.2.1 Anatomie

L'oeuf de salmonidé est composé de 5 parties principales (**figure 13**). La **coquille** enveloppe l'oeuf et lui sert de couche protectrice. Elle est munie de pores minuscules qui laissent passer les petites molécules telles que l'oxygène, mais ne laissent pas pénétrer l'eau. L'**espace périvitellin** est rempli par un fluide qui sert à transporter l'oxygène de la surface intérieure de la coquille jusqu'au disque germinal. La **membrane vitelline** sépare le fluide périvitellin du vitellus. Le **vitellus** contient des gouttelettes lipidiques et les substances nutritives pour l'embryon en développement. Le **disque germinal** est le début de la formation de l'embryon.

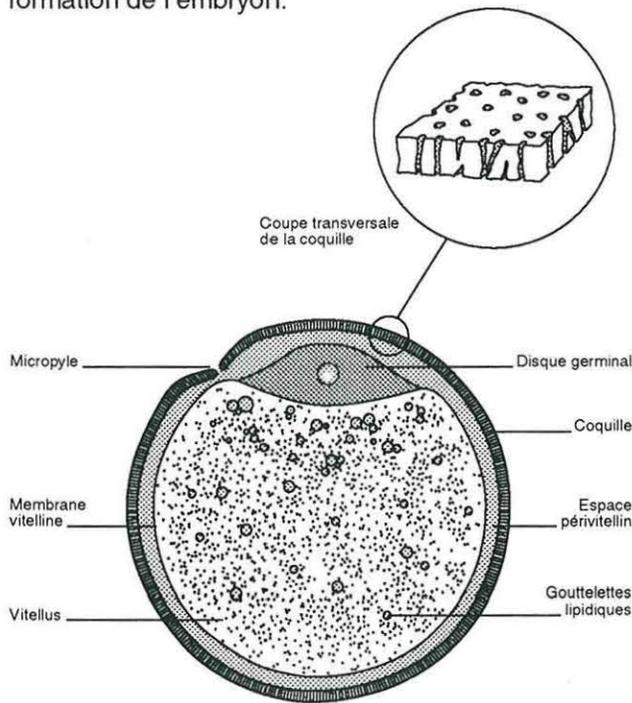


Figure 13 Anatomie de l'oeuf de salmonidés

3.5.2.2 Stades de développement

Le développement de l'oeuf de salmonidés, ou l'embryogénèse, comprend plusieurs stades distincts, de la première division cellulaire jusqu'à l'éclosion, lesquels sont regroupés en trois grandes étapes. Le **tableau 6** présente ces stades de développement en fonction du temps à une température de 10 °C pour la truite arc-en-ciel. La première est la **segmentation** (stades 1 à 10) pendant laquelle s'effectuent les premières divisions cellulaires. Dans la deuxième étape, la **gastrulation** (stades 11 à 17), l'embryon commence à se former. Les cellules apparues pendant la segmentation commencent à se spécialiser en tissus et l'embryon se forme. Pendant la troisième étape, l'**organogénèse** (stades 18 à 29), l'embryon est caractérisé par l'apparition des nageoires et la formation des organes internes et du système circulatoire. La **figure 14** (P. 39 à 41) représente schématiquement la structure interne de l'oeuf de truite arc-en-ciel à différents stades de son développement à une température d'incubation de 10 °C.

En pratique pour le pisciculteur, les trois étapes suivantes sont à retenir, soit celle de l'oeuf vert, suivie d'une étape intermédiaire de fragilité et, en dernier lieu, celle de l'oeuf embryonné (**figure 15**). L'oeuf vert est un oeuf fraîchement fécondé. Cette étape correspond à la segmentation et se termine environ 48 heures après la fécondation à une température d'incubation de 10 °C. Les oeufs fraîchement fécondés et ayant complété le temps de durcissement, d'environ une à deux heures, sont résistants et peuvent être manipulés. Les premières divisions cellulaires s'effectuent pen-

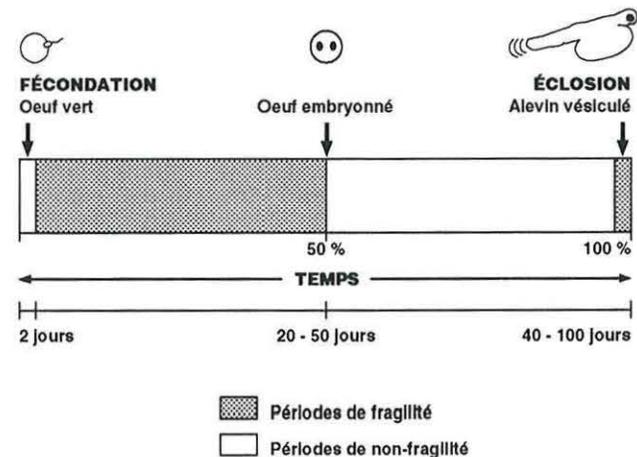


Figure 15 Périodes de fragilité et de non-fragilité de l'oeuf de salmonidés pendant l'incubation selon les stades de son développement

Tableau 6 Stades de développement de l'oeuf de truite arc-en-ciel en fonction du temps à une température d'incubation de 10 °C

Étapes	Stades	Âge (heures-jours)	Caractéristiques
Segmentation	2	24 h	2 cellules
	3	28 h	4 cellules
	4	32 h	8 cellules
	7	2 j	Morula ¹
	10	3,5 j	Blastula ²
Gastrulation	14	7 j	Embryon apparent
	17	9 j	Vésicules optiques formées
Organogénèse	22	16 j	Membrane interne de l'oeil entièrement pigmentée (oeuf embryonné)
Alevin	29	31 j	Éclosion
	31	39 j	Alevin vésiculé

¹ Morula : Segmentation de l'oeuf fécondé sous la forme d'une petite sphère, constituée de l'amas des cellules issues des divisions cellulaires et ayant l'apparence d'un mamelon à la surface de l'oeuf.

² Blastula : Formation d'une cavité au sein de l'amas de cellules.

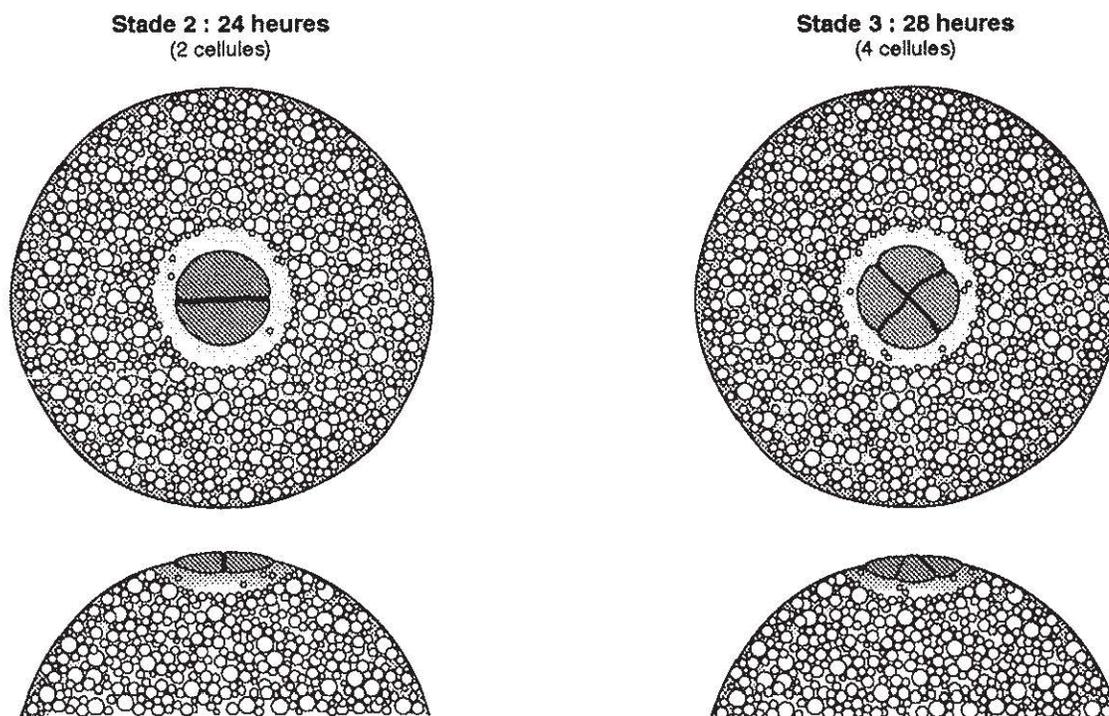


Figure 14 Structure interne de l'oeuf de truite arc-en-ciel à différents stades de son développement après la fécondation (température d'incubation = 10 °C; tirée de Vernier, 1969)

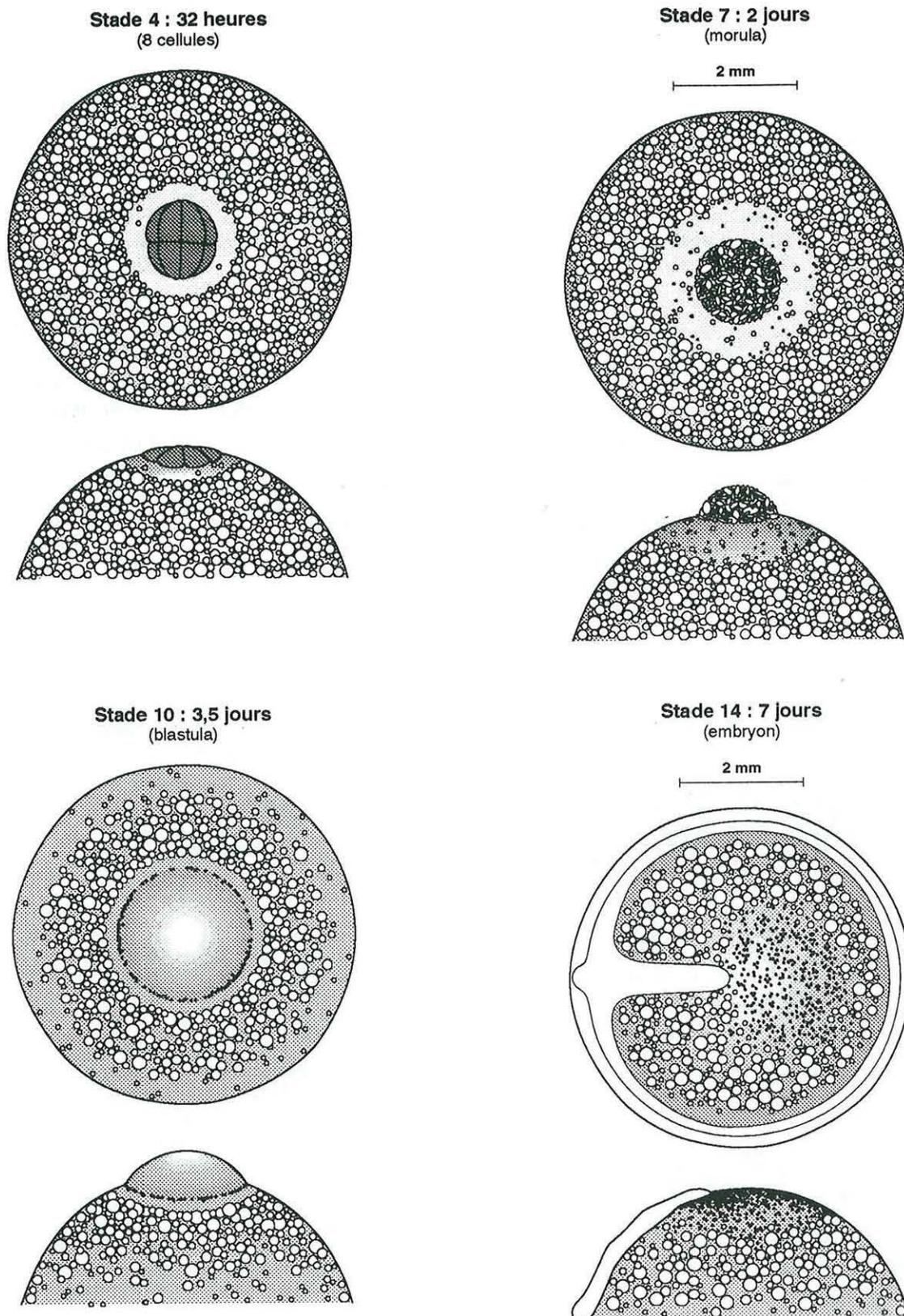


Figure 14 Structure interne de l'oeuf de truite arc-en-ciel à différents stades de son développement après la fécondation (température d'incubation = 10 °C; tirée de Vernier, 1969) (Suite)

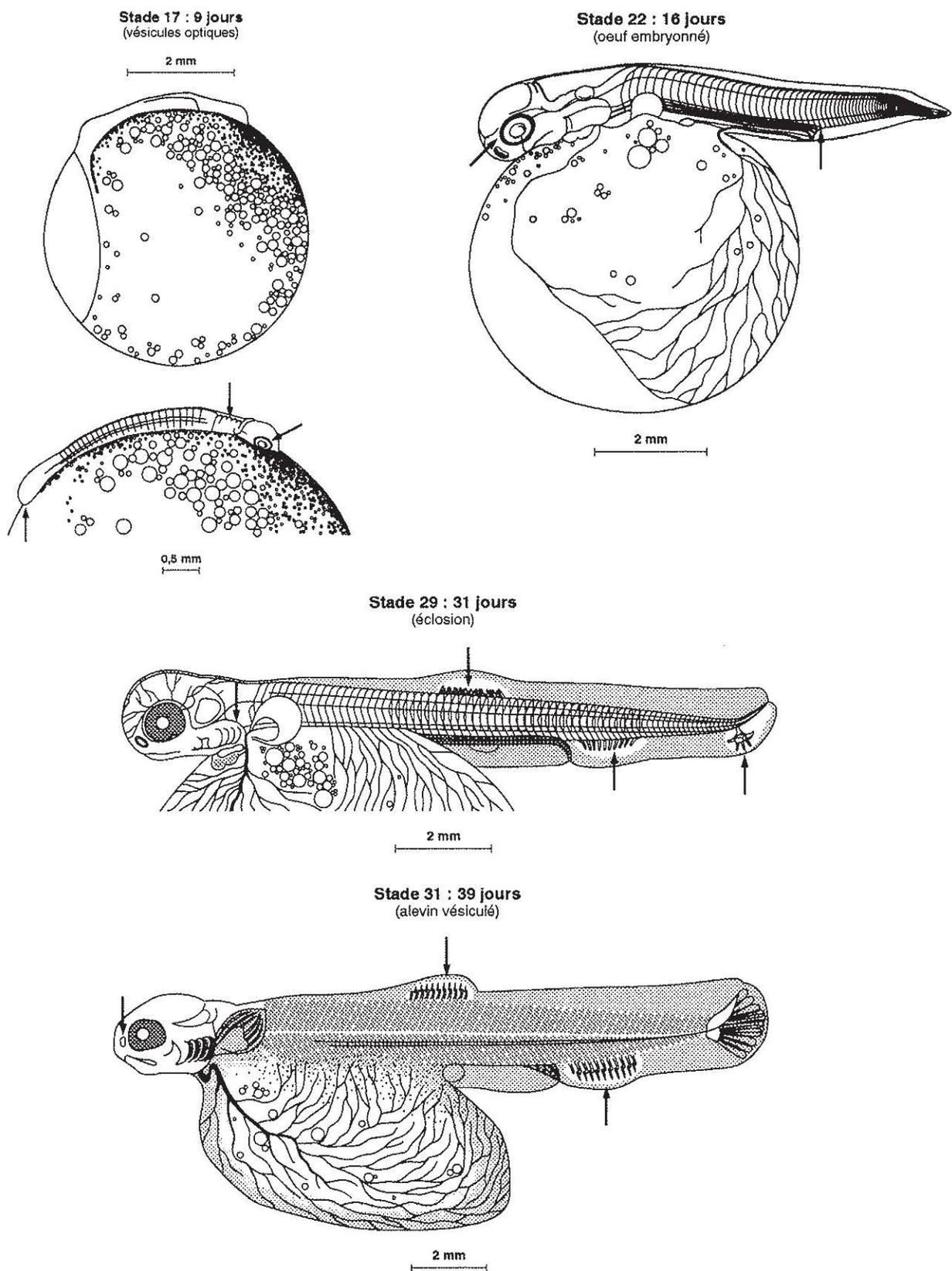


Figure 14 Structure interne de l'oeuf de truite arc-en-ciel à différents stades de son développement après la fécondation (température d'incubation = 10 °C; tirée de Vernier, 1969) (Suite)

dant ce temps. Après ces 48 heures, l'oeuf devient extrêmement fragile aux chocs mécaniques pendant les plusieurs jours que dure la période de la gastrulation. De simples mouvements de l'oeuf pendant cette période, où l'embryon commence à se former, peuvent endommager le délicat embryon qui peut développer des anomalies et mourir plus tard. Il est impératif que les oeufs demeurent immobiles pendant cette étape et qu'aucune manipulation ne soit effectuée avant que la pigmentation des yeux de l'embryon ne soit visible. C'est à ce moment que commence la troisième étape, celle de l'oeuf embryonné, pendant laquelle les oeufs sont résistants et peuvent être manipulés. Pendant les quelques jours avant l'éclosion, il est préférable de ne pas manipuler les oeufs pour ne pas provoquer prématurément l'éclosion.

Une méthode a été mise au point pour déterminer le stade de développement des oeufs du saumon atlantique anadrome (Kane, 1985). Nous l'avons adaptée également à la truite arc-en-ciel et à l'omble de fontaine. Elle est basée sur le pourcentage de développement quotidien de l'oeuf en fonction de la température de l'eau d'incubation. Elle présente l'avantage de prévoir assez précisément le temps requis pour l'incubation des oeufs, dans les conditions d'une température variable d'incubation. Il suffit de cumuler chaque jour, depuis la fertilisation, les valeurs du développement de l'oeuf en % correspondant aux températures d'eau journalières (tableaux 7.1, 7.2 et 7.3) pour connaître le niveau de développement atteint et prévoir l'éclosion. Selon cette méthode, les yeux de l'embryon commencent à être visibles quand 50 % du développement est atteint, les oeufs peuvent être choqués à 70 % - 75 % de développement et l'éclosion a lieu à 100 % de développement. La période de fragilité des oeufs, où aucune manipulation ne doit être effectuée, se situe entre 14 % et 40 % du développement.

3.5.2.3 Test de fécondation

Un test diagnostique peut être réalisé pour vérifier le taux de fécondation des oeufs. On peut calculer le taux d'oeufs fécondés de 10 à 12 heures après la fertilisation ou déterminer si des oeufs morts pendant l'incubation avaient ou non été fécondés. La méthode consiste à clarifier les oeufs et à examiner au binoculaire à faible grossissement (20X-40X), ou à l'aide d'une simple loupe, si des cellules ou un commencement d'embryon apparaissent à l'intérieur de l'oeuf. Cet examen permet de déterminer approximativement le stade de développement de l'oeuf qui a été fécondé (figure 14). Les oeufs non fécondés sont facilement identifiables parce qu'aucun amas de cellules ni début d'embryon ne sont visibles.

Une solution peut être préparée facilement pour clarifier les oeufs et révéler les détails internes invisibles autrement. Il suffit de mélanger en volume égal de l'alcool de bois (CH₃OH) ou du formol, du vinaigre

glacial et de l'eau. Les oeufs sont ensuite immergés dans cette solution le temps qu'ils deviennent translucides.

3.5.3 FACTEURS INFLUENÇANT LE DÉVELOPPEMENT DE L'OEUF

3.5.3.1 Température

La température est le facteur déterminant la durée de l'incubation des oeufs de salmonidés. Ces derniers requièrent des températures spécifiques pour assurer le développement normal de l'embryon. Le temps d'incubation est inversement proportionnel à la température de l'eau. Plus cette dernière est élevée et plus tôt sera l'éclosion, et inversement le temps d'incubation s'allonge avec des températures de plus en plus froides. La figure 16 présente les durées d'incubation en jours, à des températures constantes de 4 °C à 10 °C, pour le saumon atlantique, l'omble de fontaine et la truite arc-en-ciel. Les tableaux 7.1, 7.2 et 7.3 sont à utiliser pour prévoir les temps d'incubation dans les conditions de températures variables.

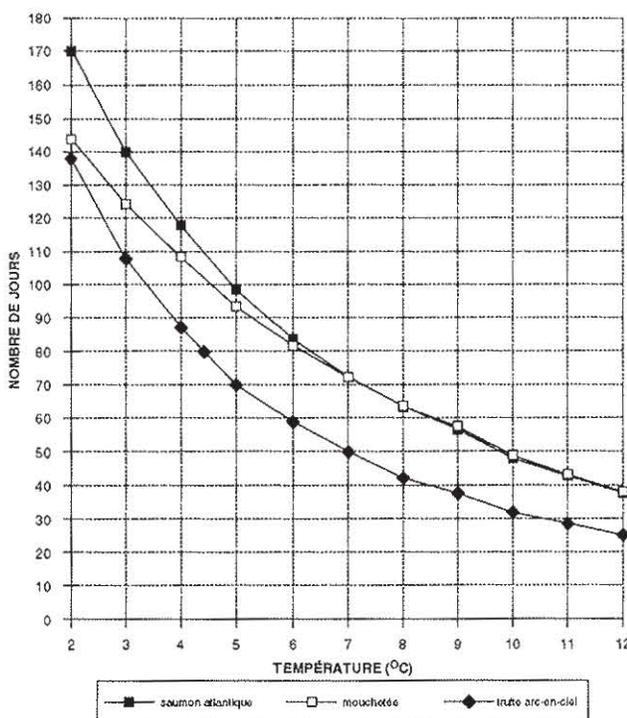


Figure 16 Nombre de jours nécessaire pour obtenir 50 % d'éclosion, à des températures constantes d'incubation, chez le saumon atlantique, l'omble de fontaine et la truite arc-en-ciel (adaptée de Crisp, 1981)

La durée de l'incubation est aussi différente selon les espèces. Le saumon atlantique requiert le plus grand nombre de jours et la truite arc-en-ciel le moins à toutes les températures. L'omble de fontaine se situe entre les deux aux températures de 2 °C à 6 °C et est identique au saumon atlantique pour les températures supérieures à 6 °C.

La **figure 17** donne le nombre de degrés-jours³ nécessaires à l'éclosion des oeufs à différentes températures pour le saumon atlantique, l'omble de fontaine et la truite arc-en-ciel. Les températures qui présentent le maximum de degrés-jours correspondraient aux températures optimales d'incubation pour chacune des espèces. Elles se situent de 6 °C à 8 °C pour le saumon atlantique et de 7 °C à 8 °C pour l'omble de fontaine, avec un minimum de 500 degrés-jours pour ces deux espèces. Les températures de 5 °C

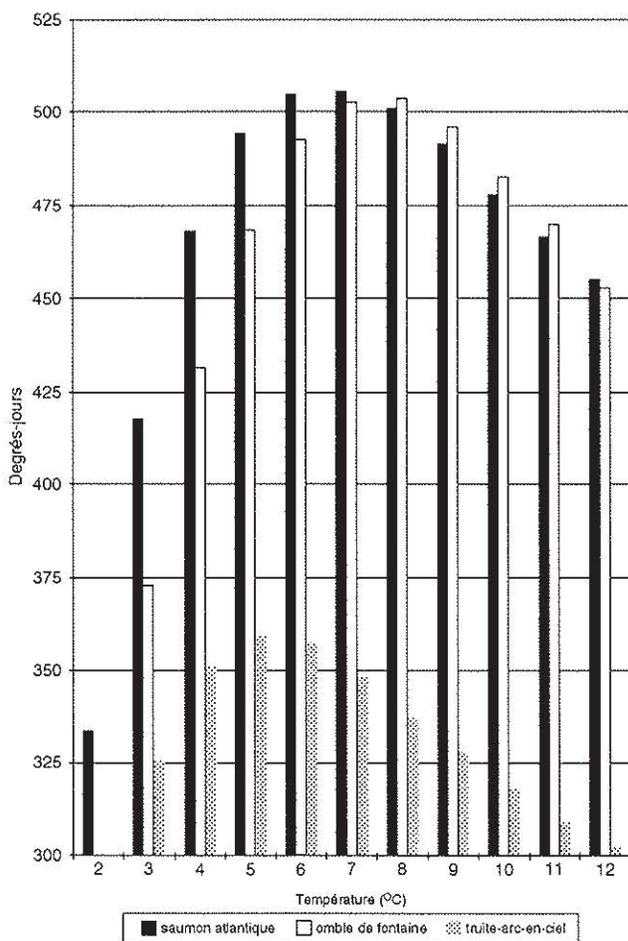


Figure 17 Nombre de degrés-jours nécessaire pour obtenir 50 % d'éclosion, à différentes températures d'incubation, chez le saumon atlantique, l'omble de fontaine et la truite arc-en-ciel

³ Degrés-jours: le nombre de degrés-jours est le total des températures moyennes journalières

à 6 °C seraient optimales pour la truite arc-en-ciel avec environ 360 degrés-jours.

Les températures inférieures à 4 °C entraînent un taux de mortalité supérieur à 20 % des oeufs chez le saumon atlantique (Peterson et al. 1977). La température optimale entre la fécondation et la pigmentation de l'oeil se rapproche de 6 °C pour cette espèce. Les températures de 8 °C et plus au stade d'oeuf embryonné produisent à l'éclosion des alevins progressivement plus petits à des températures de plus en plus élevées.

L'omble de fontaine peut utiliser la plus grande étendue de températures, soit entre 0 °C et 13 °C.

La durée de l'éclosion est elle aussi fonction de la température de l'eau d'incubation. Elle peut durer de 3 à 4 jours aux températures élevées (10 °C) et de 15 à 20 jours aux basses températures (2 °C - 3 °C).

3.5.3.2 Oxygène

L'oeuf n'a pas la capacité de capter activement l'oxygène comme peut le faire le poisson au moyen de ses branchies. La respiration de l'oeuf est passive, l'oxygène pénètre par diffusion, et son approvisionnement est ainsi dépendant de la concentration présente dans l'eau. La vitesse de développement de l'oeuf est retardée proportionnellement à la diminution de la concentration en oxygène présente dans l'eau d'incubation (Garside, 1966).

Un gradient de concentration en oxygène doit être maintenu entre l'intérieur de l'oeuf et le milieu extérieur. C'est la circulation de l'eau dans les incubateurs qui assure le renouvellement du milieu ambiant en périphérie de l'oeuf. La **figure 18** illustre l'effet de la

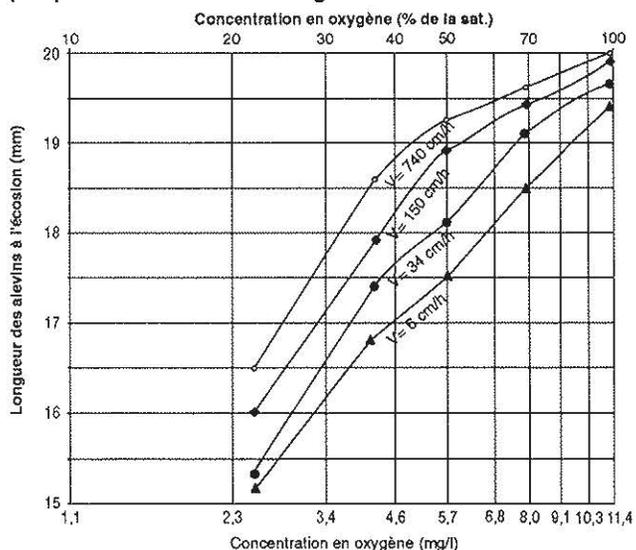


Figure 18 Effet de la concentration en oxygène dissous et de la vitesse du courant d'eau pendant l'incubation sur la longueur des alevins de truite arc-en-ciel à l'éclosion (tirée de Silver et al. 1963)

Tableau 7.1 Pourcentages de développement journaliers des oeufs d'omble de fontaine pendant l'incubation en fonction de la température de l'eau

Température (C)	Développement (%)	Température (C)	Développement (%)	Température (C)	Développement (%)
2.0	0.70	5.0	1.06	8.0	1.59
2.1	0.71	5.1	1.08	8.1	1.61
2.2	0.72	5.2	1.09	8.2	1.63
2.3	0.73	5.3	1.11	8.3	1.66
2.4	0.74	5.4	1.12	8.4	1.68
2.5	0.75	5.5	1.14	8.5	1.70
2.6	0.76	5.6	1.15	8.6	1.72
2.7	0.77	5.7	1.17	8.7	1.74
2.8	0.78	5.8	1.19	8.8	1.77
2.9	0.79	5.9	1.20	8.9	1.79
3.0	0.81	6.0	1.22	9.0	1.81
3.1	0.82	6.1	1.24	9.1	1.84
3.2	0.83	6.2	1.25	9.2	1.86
3.3	0.84	6.3	1.27	9.3	1.88
3.4	0.85	6.4	1.29	9.4	1.91
3.5	0.86	6.5	1.30	9.5	1.93
3.6	0.88	6.6	1.32	9.6	1.96
3.7	0.89	6.7	1.34	9.7	1.98
3.8	0.90	6.8	1.36	9.8	2.01
3.9	0.91	6.9	1.38	9.9	2.04
4.0	0.93	7.0	1.39	10.0	2.06
4.1	0.94	7.1	1.41	10.1	2.09
4.2	0.95	7.2	1.43	10.2	2.12
4.3	0.97	7.3	1.45	10.3	2.14
4.4	0.98	7.4	1.47	10.4	2.17
4.5	0.99	7.5	1.49	10.5	2.20
4.6	1.01	7.6	1.51	10.6	2.23
4.7	1.02	7.7	1.53	10.7	2.25
4.8	1.03	7.8	1.55	10.8	2.28
4.9	1.05	7.9	1.57	10.9	2.31

concentration en oxygène dans l'eau et de la vitesse du courant sur la taille des alevins obtenus à l'éclosion. Elle fait ressortir que la taille des alevins obtenus à l'éclosion est croissante avec le taux de saturation en oxygène de l'eau et avec la vitesse du courant. En pratique, on recherche la saturation en oxygène de l'eau qui sert à l'incubation. En aucun cas, elle ne doit être inférieure à 80 % de la concentration à la saturation. La vitesse du courant est assurée par les débits d'eau utilisés pour alimenter les incubateurs, lesquels sont dépendants des différents types d'équipement.

Un manque en oxygène des oeufs se manifeste par un raccourcissement de la période d'incubation, des alevins de plus petite taille à l'éclosion et la présence de nombreux alevins avec des malformations.

3.5.3.3 Lumière

Comme en nature, les oeufs et les alevins doivent être maintenus à la noirceur jusqu'à leur premier nourrissage. L'effet de la lumière est un stress constant pour les embryons et les alevins. L'exposition des

oeufs et des alevins vésiculés à la lumière du jour entraîne une éclosion plus rapide, des taux de mortalité plus élevés et une vigueur des alevins moins grande que ceux qui ont été maintenus dans l'obscurité. Les alevins vésiculés, exposés à la lumière du jour, sont plus actifs et développent une réaction d'évitement à la lumière en recherchant constamment les aires d'obscurité s'il y en a. Les réserves de vitellus sont alors utilisées pour le mouvement plutôt que pour la croissance, résultant en une taille plus faible de ces alevins.

Des expériences ont démontré que les rayons infrarouges de la lumière du jour sont un facteur important de la susceptibilité des oeufs de salmonidés. Les tubes fluorescents sont également néfastes aux oeufs et aux alevins.

En tout temps, ces derniers doivent être protégés des rayons directs de la lumière. En pratique, les auges et autres équipements d'incubation sont recouverts de matériaux ou de membranes opaques qui obstruent la lumière pendant la durée complète de l'incubation et

Tableau 7.2 Pourcentages de développement journaliers des oeufs de truite-arc-en-ciel pendant l'incubation en fonction de la température de l'eau

Température (C)	Développement (%)	Température (C)	Développement (%)	Température (C)	Développement (%)
2.0	0.73	5.0	1.39	8.0	2.36
2.1	0.75	5.1	1.42	8.1	2.40
2.2	0.77	5.2	1.45	8.2	2.43
2.3	0.79	5.3	1.48	8.3	2.47
2.4	0.81	5.4	1.51	8.4	2.51
2.5	0.82	5.5	1.53	8.5	2.55
2.6	0.84	5.6	1.56	8.6	2.59
2.7	0.86	5.7	1.59	8.7	2.62
2.8	0.88	5.8	1.62	8.8	2.66
2.9	0.90	5.9	1.65	8.9	2.70
3.0	0.92	6.0	1.68	9.0	2.74
3.1	0.94	6.1	1.71	9.1	2.78
3.2	0.96	6.2	1.75	9.2	2.82
3.3	0.98	6.3	1.78	9.3	2.86
3.4	1.01	6.4	1.81	9.4	2.90
3.5	1.03	6.5	1.84	9.5	2.94
3.6	1.05	6.6	1.87	9.6	2.98
3.7	1.07	6.7	1.91	9.7	3.02
3.8	1.09	6.8	1.94	9.8	3.06
3.9	1.12	6.9	1.97	9.9	3.10
4.0	1.14	7.0	2.01	10.0	3.14
4.1	1.16	7.1	2.04	10.1	3.19
4.2	1.19	7.2	2.07	10.2	3.23
4.3	1.21	7.3	2.11	10.3	3.27
4.4	1.24	7.4	2.14	10.4	3.31
4.5	1.26	7.5	2.18	10.5	3.35
4.6	1.29	7.6	2.22	10.6	3.39
4.7	1.31	7.7	2.25	10.7	3.43
4.8	1.34	7.8	2.29	10.8	3.48
4.9	1.37	7.9	2.32	10.9	3.52

de l'alevinage, jusqu'au début de l'alimentation. On recommande l'utilisation d'ampoules incandescentes, préférablement rouges ou jaunes, pour l'observation des oeufs et des alevins vésiculés.

3.5.4 TRAITEMENTS CONTRE LES CHAMPIGNONS

On peut administrer des traitements antifongiques afin d'éviter la prolifération des champignons de type *Saprolegnia*. La nécessité d'effectuer ces traitements et leur fréquence est variable d'une entreprise à l'autre, dépendant des caractéristiques physico-chimiques et organiques de l'eau utilisée pour l'incubation des oeufs, et aussi des conditions d'incubation. Les champignons se développent sur les oeufs morts en premier et prolifèrent rapidement. Ils peuvent entraîner un colmatage de tous les oeufs, même vivants, si aucun traitement n'est administré. Beaucoup d'entreprises le font de manière préventive afin d'éviter cette situation.

Le vert de malachite est une teinture organique, reconnue pour ses propriétés antifongiques, très utilisée pour le traitement des oeufs. Il est administré en traitement de type dilution, à un dosage de 2 mg/litre, pendant 60 minutes. La fréquence des traitements peut être de 2 à 3 fois par semaine dans les eaux où les champignons prolifèrent facilement.

3.5.5 CHOQUAGE

Le choquage des oeufs est le procédé utilisé pour faire blanchir les oeufs morts ou infertiles, de manière à pouvoir les trier des oeufs qui contiennent un embryon vivant. Il consiste simplement à faire chuter tous les oeufs en incubation sur une surface d'eau, de manière à rompre la membrane vitelline des oeufs morts ou infertiles, ce qui les fait blanchir.

Cette opération peut être effectuée à l'aide d'un siphon ou en déversant directement un panier d'incubation à la surface d'un récipient rempli d'eau. Un boyau

Tableau 7.3 Pourcentages de développement journaliers des oeufs de saumon pendant l'incubation en fonction de la température de l'eau

Température (C)	Développement (%)	Température (C)	Développement (%)	Température (C)	Développement (%)
2.0	0.60	5.0	1.01	8.0	1.60
2.1	0.61	5.1	1.03	8.1	1.62
2.2	0.62	5.2	1.04	8.2	1.64
2.3	0.63	5.3	1.06	8.3	1.67
2.4	0.64	5.4	1.08	8.4	1.69
2.5	0.66	5.5	1.10	8.5	1.71
2.6	0.67	5.6	1.11	8.6	1.74
2.7	0.68	5.7	1.13	8.7	1.76
2.8	0.69	5.8	1.15	8.8	1.78
2.9	0.71	5.9	1.17	8.9	1.81
3.0	0.72	6.0	1.19	9.0	1.83
3.1	0.73	6.1	1.21	9.1	1.86
3.2	0.74	6.2	1.22	9.2	1.88
3.3	0.76	6.3	1.24	9.3	1.91
3.4	0.77	6.4	1.26	9.4	1.93
3.5	0.78	6.5	1.28	9.5	1.96
3.6	0.80	6.6	1.30	9.6	1.98
3.7	0.81	6.7	1.32	9.7	2.01
3.8	0.83	6.8	1.34	9.8	2.03
3.9	0.84	6.9	1.36	9.9	2.06
4.0	0.86	7.0	1.38	10.0	2.08
4.1	0.87	7.1	1.40	10.1	2.11
4.2	0.89	7.2	1.42	10.2	2.14
4.3	0.90	7.3	1.44	10.3	2.16
4.4	0.92	7.4	1.47	10.4	2.19
4.5	0.93	7.5	1.49	10.5	2.22
4.6	0.95	7.6	1.51	10.6	2.24
4.7	0.96	7.7	1.53	10.7	2.27
4.8	0.98	7.8	1.55	10.8	2.30
4.9	0.99	7.9	1.57	10.9	2.33

d'arrosage de 0,5 cm de diamètre et d'environ 1 m de longueur fait un excellent siphon. La **figure 19** illustre ces deux méthodes. La hauteur de chute détermine l'intensité du choc appliqué aux oeufs. Des hauteurs comprises entre 30 cm et 60 cm donnent un choc efficace. La méthode plus rapide consistant à déverser d'un coup le contenu d'un panier, tiroir ou autre équipement d'incubation peut faire blanchir certains oeufs fertiles. Les oeufs de salmonidés ne doivent pas être choqués avant que les yeux de l'embryon ne soient bien visibles chez tous les oeufs.

3.5.6 ÉLIMINATION DES OEUFS MORTS

Il est nécessaire d'éliminer les oeufs morts de l'équipement d'incubation, afin d'éviter qu'ils ne contaminent les oeufs fertiles de champignons (*Saprolegnia*), lesquels se développent inévitablement sur la matière organique inerte. L'opération qui consiste

à extraire les oeufs morts d'un lot d'oeufs en incubation, au moyen d'une pipette ou d'un siphon, s'appelle le piquage des oeufs. Elle peut être effectuée pendant que les oeufs sont verts, dans les deux premiers jours de l'incubation, et après qu'ils sont embryonnés. Cependant, le piquage ne doit pas être effectué pendant la période de fragilité, soit entre 48 heures après la fertilisation jusqu'au stade embryonné (**figure 15**). Différentes méthodes ont été développées pour séparer les oeufs blancs des oeufs fertiles.

3.5.6.1 Pipette

La pipette est constituée d'un tube de verre, d'un diamètre approprié à la taille des oeufs à trier, accouplé à une poire de caoutchouc servant à aspirer les oeufs. Ces derniers doivent être étalés sur une claie ou dans un panier d'incubation, de manière à ce que les oeufs blancs soient tous visibles. Ils sont enlevés un à un au moyen de la pipette. Le **tableau 8** donne les diamètres appropriés des tubes de verre à utiliser selon les espèces de salmonidés.

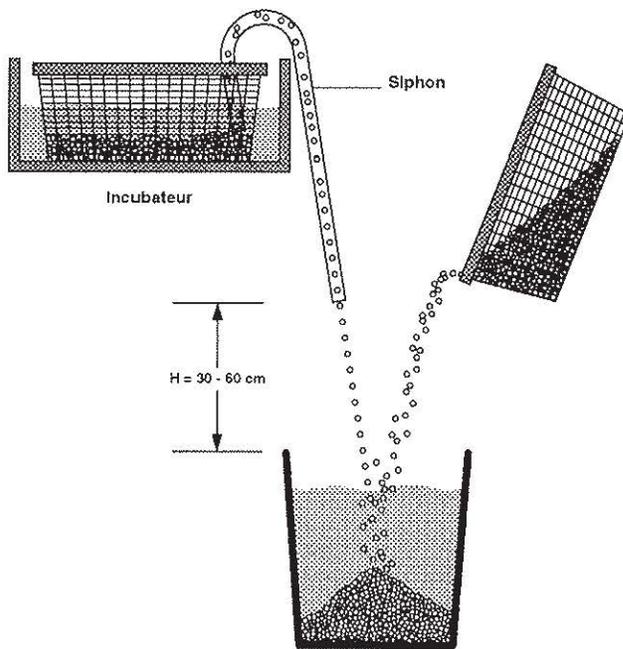


Figure 19 Méthode de choquage des oeufs par déversement dans un contenant rempli d'eau (la hauteur de chute (H) détermine l'intensité du choc)

Cette méthode, bien que très efficace quand elle est exécutée par un pisciculteur expérimenté, ne convient pas pour trier de grandes quantités d'oeufs parce qu'elle exige beaucoup de temps.

Tableau 8 Diamètres appropriés des tubes de verre à utiliser pour le piquage des oeufs d'omble de fontaine, de truite arc-en-ciel et de saumon atlantique

Espèce	Diamètre (mm)
Omble de fontaine	5
Truite arc-en-ciel	7-8
Saumon atlantique	8-10

3.5.6.2 Siphon

Le siphon est une pipette améliorée parce qu'il fonctionne en continu, tel un aspirateur, et ne requiert pas d'être vidé régulièrement de son contenu en oeufs morts comme la pipette. Le réservoir peut contenir beaucoup d'oeufs morts et permet de trier tout un panier d'incubation par exemple. Une fois que le vide a été créé à l'intérieur du siphon, on contrôle le débit d'aspiration simplement en pressant avec les doigts le tube de caoutchouc mince relié au tube de verre. La construction d'un siphon est illustrée à la **figure 20**.

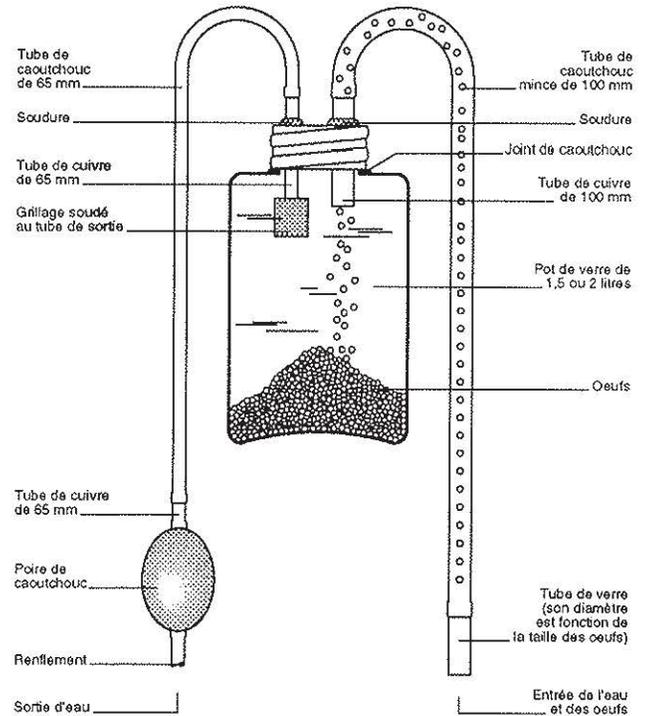


Figure 20 Modèle de construction d'un siphon pour le pipettage des oeufs

3.5.6.3 Flottaison

Une méthode très utile pour trier de grandes quantités d'oeufs consiste à faire flotter les oeufs morts (blancs) à la surface d'une solution concentrée de sel (Anderson, 1962; Mighell, 1977). Elle exploite la différence de densité qui existe entre les oeufs fertiles et blancs, les premiers étant légèrement plus lourds que les derniers. En introduisant un lot complet d'oeufs dans un récipient contenant une solution hypertonique à la bonne concentration, les oeufs fertiles demeurent au fond du récipient alors que les oeufs blancs flottent à la surface de la solution, d'où ils peuvent être éliminés facilement. Il est important que les oeufs aient été choqués 24 heures avant d'effectuer le tri pour donner le temps aux oeufs morts et infertiles de blanchir.

La concentration de sel à dissoudre dans l'eau pour séparer les oeufs morts des vivants dépend de plusieurs facteurs, qui ne peuvent être déterminés d'avance. Il faut donc procéder par des essais avec des échantillons de quelques oeufs. L'écart étant minime entre la densité des oeufs morts et des vivants, il faut effectuer plusieurs essais pour atteindre la concentration idéale de la solution. Cependant, une fois au point, cette méthode permet de trier des oeufs beaucoup plus rapidement qu'avec les méthodes décrites précédemment. Le

tableau 9 donne un aperçu des résultats obtenus à différentes concentrations de sel, utilisées dans de l'eau à une température de 7 °C, pour trier des oeufs d'omble de fontaine. Il est important que la température de la solution soit voisine de la température d'incubation de manière à éviter un choc thermique.

Tableau 9 Flottabilité des oeufs d'omble de fontaine obtenue à des concentrations en sel de 110 à 120 g/litre dans de l'eau à 7 °C.

Concentrations (g/l)	Flottabilité
110	Aucune flottaison
115	Les oeufs blancs flottent
120	Tous les oeufs flottent

La **figure 21** illustre ce procédé et l'équipement nécessaire. Un panier d'incubation peut simplement être immergé dans la solution concentrée de sel et les oeufs morts sont enlevés avec une petite passoire utilisée à la façon d'un écumoir. Ou bien, un séparateur peut être construit. Il consiste en un bac muni de 2 grillages perforés, dont le premier constitue le fond du séparateur et retient les oeufs fertiles, alors que le second est coulissant et se glisse en dessous des oeufs blancs. Le séparateur est immergé suffisamment profondément dans la solution pour permettre de glisser le grillage amovible en dessous des oeufs blancs flottant à la surface.

En cours d'opération, il est nécessaire d'égoutter le plus possible chacun des lots d'oeufs avant de les

immerger dans la solution de sel, de manière à diluer cette dernière le moins possible. Du sel doit être ajouté régulièrement pour maintenir la concentration idéale de la solution. On doit procéder rapidement parce que les oeufs blancs absorbent le sel, ce qui diminue leur flottabilité. Il est aussi important de replacer les oeufs fertiles dans l'eau douce aussi rapidement que possible après le tri.

3.5.6.4 Trieur photoélectrique

Le trieur mécanique est un appareil muni d'un senseur photoélectrique qui différencie les oeufs blancs des oeufs fertiles. Cette machine peut trier jusqu'à 100 000 oeufs à l'heure, dépendant du modèle, et ne requiert comme travail que de l'alimenter en oeufs. Les oeufs morts sont évacués dans une direction et les oeufs fertiles dans l'autre. Cette machine fait en même temps le dénombrement. Son coût est supérieur à 5 000 \$. L'achat n'est donc justifié que pour les entreprises produisant de grandes quantités d'oeufs.

3.5.7 ÉQUIPEMENTS D'INCUBATION

L'incubation des oeufs de salmonidés peut être faite dans différents types d'appareils, dont les claies (clayettes) et les paniers, qui sont disposés dans des bassins rectangulaires (auges) ou circulaires (combi-tanks), dans des seaux (jarres ou cylindres) et des incubateurs à tiroirs. Le **tableau 10** donne les caractéristiques des différents types d'incubateurs.

Tableau 10 Caractéristiques des différents types d'incubateurs

Type	Espèce	Nombre d'oeufs incubés	Débit d'eau utilisé (L/min)	Nombre d'oeufs incubés par L/min d'eau utilisé
Auges + claies (5 - 10 claies)	Truites et ombles	25 000 - 50 000 (5 000/claie)	27 - 32	1 000 - 2 000
Auges + paniers (4 paniers)	Truites et ombles	200 000	45 - 55	3 500 - 4 500
	Saumon	40 000		
Seau (cylindre ou jarre)	Truites et ombles	50 000 - 150 000	3 - 10	15 000 - 25 000
Californiens à tiroirs (8 tiroirs)	Truites et ombles Saumon	120 000	11 - 30	10 000
Combi-tank	Truites et ombles	30 000 - 50 000	15 - 18	2 000 - 3 500
	Saumon	25 000 - 30 000		

Les claies et les paniers, sont disposés dans des auges conventionnelles ou des bassins, de manière à ce que le courant d'eau passe à travers les oeufs. La circulation de l'eau à travers les différents supports est illustrée à la **figure 22**. Les oeufs sont disposés en une seule rangée sur les claies ou en vrac dans les paniers. Ce système utilise un espace important pour l'incubation, mais les auges ou bassins sont utilisés après l'incubation pour l'alevinage. L'utilisation de claies permet un accès facile aux oeufs tout au long de la période d'incubation. Après l'éclosion, l'alevin se dépose directement au fond de l'auge. Il est préférable de ramasser les coquilles vides pendant qu'il reste des alevins sur les claies.

Dans les cylindres (seaux ou jarres), les oeufs sont disposés dans une colonne d'eau ascendante. L'alimentation en eau de chaque cylindre est individuelle et le débit est facilement ajustable au moyen d'une

valve. Le cylindre est l'appareil le plus performant pour ce qui est du nombre d'oeufs incubés par unité de débit d'eau utilisé et il occupe peu d'espace. Bien que les oeufs n'y soient pas aussi facilement observables que sur une claie ou dans un tiroir, si l'hydraulique du système est adéquate, les oeufs morts devraient remonter à la surface, d'où ils peuvent être retirés. Les oeufs peuvent éclore dans l'incubateur ou être déversés dans un vivier peu avant l'éclosion.

Les incubateurs à tiroirs utilisent également un courant d'eau ascendant. Les tiroirs sont superposés et groupés par blocs de 8 ou 16. Les oeufs sont disposés sur une seule rangée et l'éclosion peut avoir lieu dans l'incubateur. Comparativement aux autres types d'incubateurs qui sont utilisés à l'intérieur des bassins d'alevinage, ces appareils requièrent un espace spécifique dans l'écloserie.

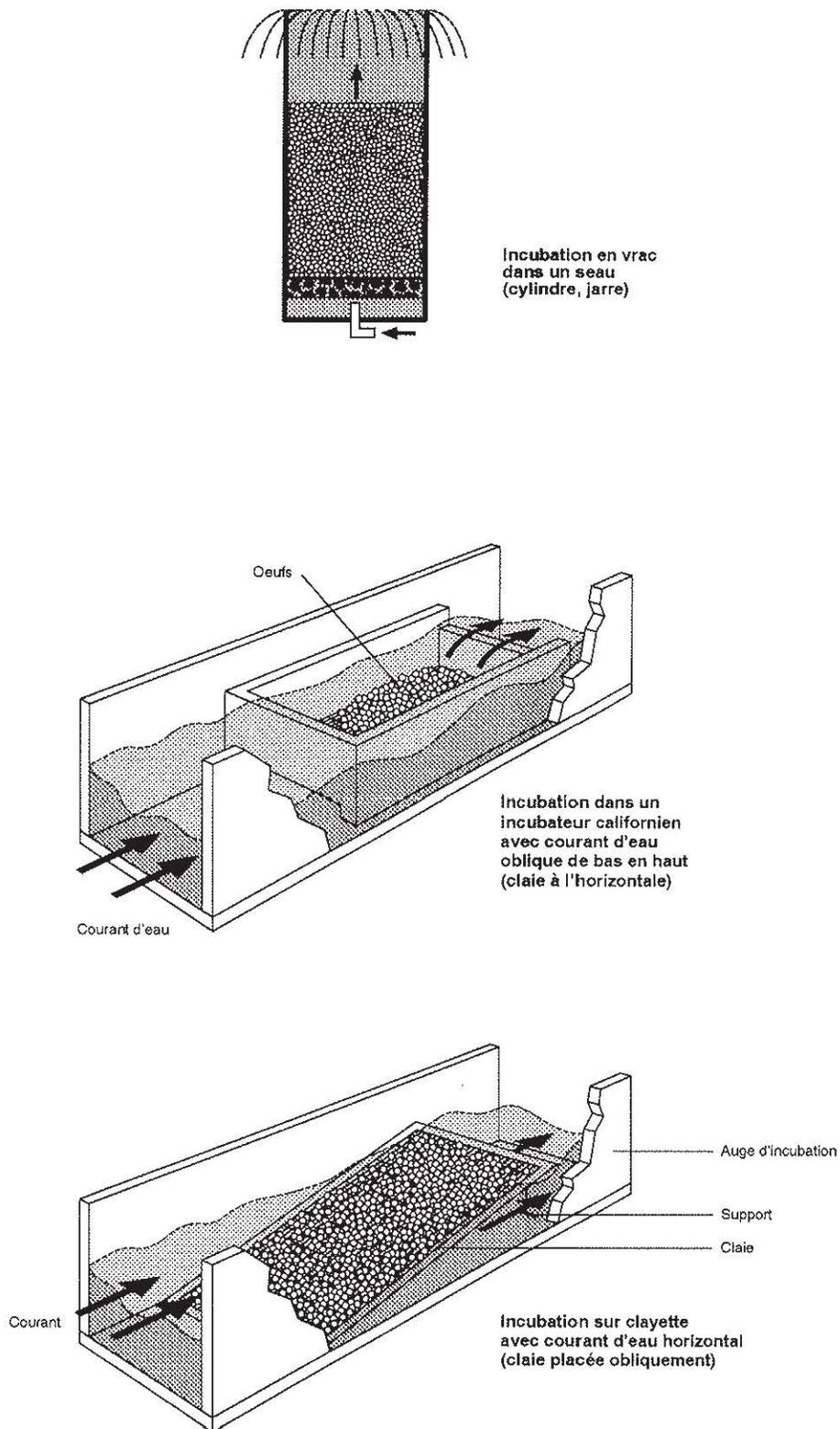


Figure 22 Trois types d'appareils destinés à l'incubation des oeufs: seau, panier californien et clayette

TRANSPORT DES OEUFES ET DES POISSONS VIVANTS

ÉLEVAGE DES SALMONIDÉS

FASCICULE

9



Québec 

TRANSPORT DES OEUFS ET DES POISSONS VIVANTS

Fascicule 9

RÉDACTION

Richard Morin, biologiste

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation
Direction générale des pêches et de l'aquiculture commerciales

RÉVISION

Robert Champagne, ingénieur et agronome

Guy Ouellet, biologiste

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation
Direction générale des pêches et de l'aquiculture commerciales

TABLE DES MATIÈRES

9.1	INTRODUCTION	12
9.2	TRANSPORT DES OEUFS	13
9.2.1	Facteurs et principes fondamentaux	13
9.2.1.1	Stades de développement de l'œuf	13
9.2.1.2	Température, humidité et oxygène	13
9.2.1.3	Dénombrement et désinfection	14
9.2.2	Équipement et méthodes	15
9.2.3	Réception des œufs	18
9.3	TRANSPORT DES POISSONS	21
9.3.1	Facteurs et principes fondamentaux	21
9.3.1.1	État physiologique des poissons	21
9.3.1.2	Température	22
9.3.1.3	Oxygène	22
9.3.1.4	Gaz carbonique	23
9.3.1.5	pH et alcalinité	24
9.3.1.6	Azote ammoniacal	24
9.3.1.7	Populations bactériennes	26
9.3.1.8	Sursaturations gazeuses	26
9.3.1.9	Manipulations	26
9.3.2	Systèmes fermés	26
9.3.2.1	Technique de mise en sac	26
9.3.2.2	Charges admissibles	26
9.3.2.3	Transport des sacs	27
9.3.3	Systèmes ouverts	27
9.3.3.1	Bassins de transport	27
9.3.3.2	Système d'oxygénation et d'aération	31
9.3.3.3	Systèmes de refroidissement de l'eau	31
9.3.3.4	Charges admissibles	32
9.4	PRODUITS CHIMIQUES	35
9.4.1	Anesthésiques	35
9.4.2	Sel	35
9.4.3	Tampon	36
9.4.4	Anti-écume	36
9.4.5	Zéolite	37
9.4.6	Antibactériens et antibiotiques	37
9.5	DÉCHARGEMENT ET ACCLIMATATION DES POISSONS	38
9.5.1	Facteurs et principes fondamentaux	38
9.5.2	Acclimatation à l'eau d'accueil	38
9.5.3	Ensemencement en période chaude	38
9.5.4	Ensemencement de saumoneaux	39

9.6	DÉSINFECTION DU MATÉRIEL DE TRANSPORT	41
9.6.1	Sources de contamination	41
9.6.2	Mesures pour éviter la contamination	41
9.6.3	Méthodes de désinfection	41
9.6.4	Solution désinfectante	41
9.7	VÉHICULES MOTORISÉS ET REMORQUES	43
9.7.1	Masses transportées	43
9.7.2	Types de véhicules	43
9.7.3	Remorques	45
9.7.4	Bacs et bonbonnes d'oxygène	45
9.7.5	Entretien	45
9.8	RÉFÉRENCES	46

9.2 TRANSPORT DES OEUFS

9.2.1 FACTEURS ET PRINCIPES FONDAMENTAUX

9.2.1.1 Stades de développement de l'œuf

Les œufs de salmonidés ne peuvent pas être transportés à n'importe quel stade de leur développement. Ils sont trop fragiles aux manipulations pendant une bonne période, soit de 24 à 48 heures après leur fécondation, jusqu'au stade œillé (figure 1). Les œufs œillés sont facilement identifiables à la présence de deux points noirs dans l'œuf, qui sont la pigmentation des yeux du futur alevin.

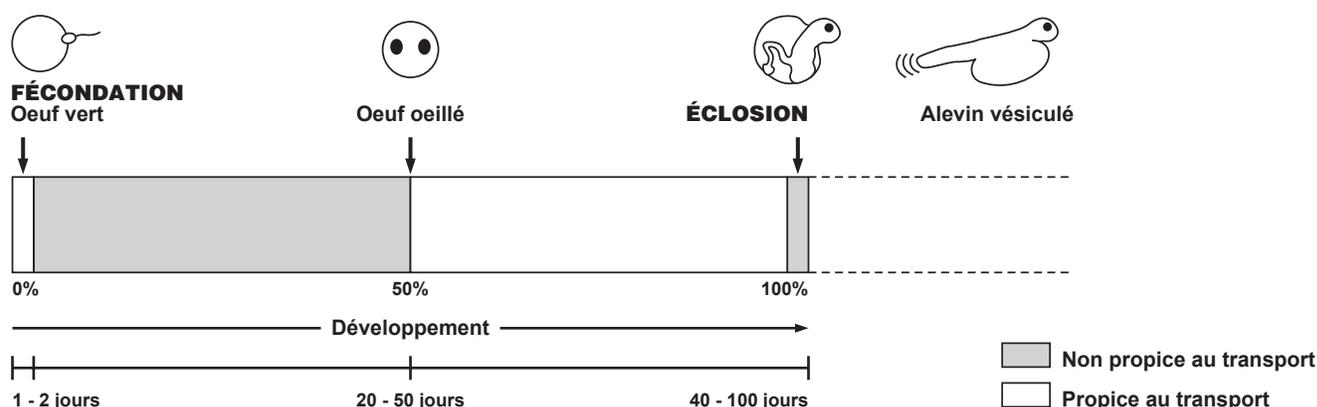


Figure 1 Périodes propices au transport des œufs

Les œufs peuvent être transportés quand ils sont verts (fraîchement fécondés), soit dans les premières 24 à 48 heures après la fécondation. Pendant cette période, où ont lieu les premières divisions cellulaires, l'œuf n'est pas fragile (Morin, 1996). Il devient ensuite très fragile aux chocs, pendant la période où l'embryon commence à se former, soit de 20 à 50 jours selon l'espèce de salmonidé et la température de l'eau. Plus tard, à partir du moment où les œufs sont œillés, ils peuvent de nouveau être transportés sans danger, et en principe jusqu'à l'éclosion. Cette période dure également de 20 à 50 jours selon l'espèce de salmonidé et la température de l'eau. Cependant, il est préférable de ne pas transporter les œufs trop près de l'éclosion pour ne pas provoquer celle-ci prématurément. Une fois l'éclosion complétée, les alevins vésiculés peuvent être transportés sans danger. Les œufs œillés se prêtent mieux aux transports de longue durée que les œufs verts pour deux raisons. Les œufs œillés, après avoir été choqués et triés, présentent un taux de mortalité moins élevé que les œufs verts, qui ne

comportent aucun tri. Les œufs verts limitent la durée du transport à cause du risque d'empiétement sur la période de fragilité, qui commence de 24 à 48 heures après la fécondation selon la température de l'eau.

9.2.1.2 Température, humidité et oxygène

Le transport des œufs de salmonidés peut se faire dans l'air humide ou dans l'eau. Le transport dans l'air humide s'effectue dans des contenants étanches et

isolés qui permettent de maintenir un milieu aérien saturé d'humidité (100 %) et à basse température, soit de 0,5 °C à 5 °C (figure 2). La glace introduite à l'intérieur du contenant qui renferme les œufs maintient la température basse et produit l'humidité nécessaire. La basse température réduit la consommation d'oxygène des œufs. L'eau qui s'égoutte de la glace fondante dans le récipient hermétique produit un milieu humide qui empêche le dessèchement des œufs.

La vapeur d'eau en suspension est saturée complètement en oxygène par l'air environnant, qui en contient 20 fois plus que l'eau à une température de 4 °C à 5 °C. L'eau qui s'égoutte et la vapeur d'eau qui se dépose sur les œufs et les enrobe est complètement saturée en oxygène. En conséquence, il est beaucoup plus efficace de transporter les œufs dans l'air humide que dans l'eau pour leur assurer un apport en oxygène suffisant sur une longue période. Les œufs transportés dans un contenant hermétique à l'air humide, et dont la température est maintenue par une bonne isolation et

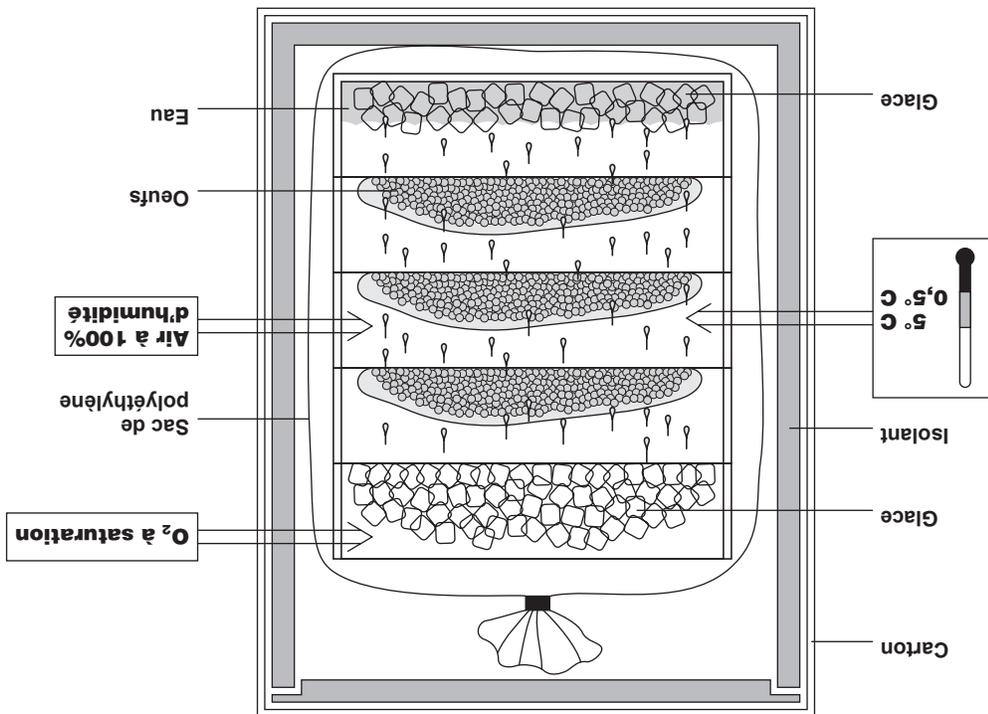
Le dénombrement et la désinfection des œufs doivent être réalisés préalablement au transport. Il est recommandé de désinfecter les œufs avant le transport, à l'aide d'une solution d'iode, afin d'éviter la transmission de maladies, comme la furunculose, à un autre établissement piscicole. Le dénombrement doit être précis parce que l'opération commerciale de la vente des œufs est réalisée au nombre. Le dénombrement et la désinfection des œufs s'effectuent au moyen des méthodes décrites au fascicule 3 du présent guide (Morin, 1996). La **figure 3** illustre la méthode de désinfection des œufs dans une solution d'iode.

9.2.1.3 Dénombrement et désinfection

maximales de 4 à 6 heures et pour des déplacements qui comportent peu de manutentions risquant d'endommager les œufs. Cette méthode n'est évidemment pas applicable aux transports par courrier ou par avion à cause du poids de l'eau et du peu de protection des œufs contre les chocs mécaniques.

Le transport des œufs dans l'eau se fait de la même manière que pour les alevins, soit à l'aide de sacs en polyéthylène (voir section 9.3.2.1). Il existait autrefois des bouteilles thermos spécialement conçues à cette fin. Les œufs sont alors placés dans l'eau, qui occupe le premier tiers ou la moitié du sac ou du thermos, et de l'oxygène pur est introduit dans l'espace libre. Cette pratique est valable pour les transports de courte durée. Elle présente l'inconvénient de moins bien protéger les œufs contre les chocs mécaniques. Par contre, la préparation des sacs de transport ou des thermos est beaucoup plus simple et plus rapide que celle des boîtes pour le transport des œufs dans l'air humide. Elle évite aussi d'avoir à acclimater les œufs à leur arrivée à la nouvelle pisciculture, parce que la température de l'eau de transport peut être choisie en fonction de celle de destination. La méthode de transport des œufs dans l'eau est valable pour des périodes une réserve suffisante de glace, peuvent y demeurer jusqu'à 48 heures sans aucun problème.

Figure 2 Conditions environnementales à l'intérieur d'une boîte de transport d'œufs



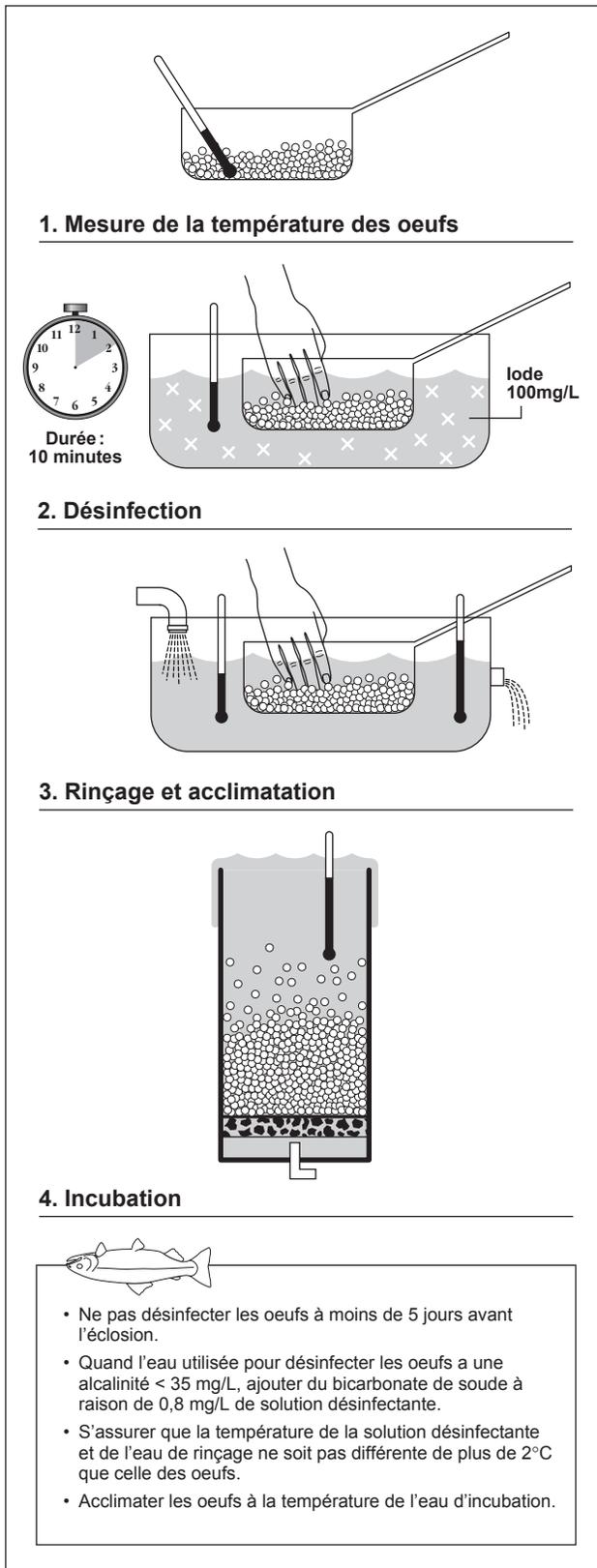


Figure 3 Méthode de désinfection des œufs dans une solution d'iode

9.2.2 ÉQUIPEMENT ET MÉTHODES

Le système de transport des œufs dans l'air humide proposé est relativement simple; il a cours depuis nombre d'années. Les œufs sont déposés dans des casiers en bois de fabrication artisanale ou en styromousse, qui sont empilés dans une boîte étanche et isolée, dont l'air est maintenu humide et froid par la présence de glace. Le matériel requis pour la préparation d'une boîte de transport est le suivant :

- ① Casiers en bois avec fond en moustiquaire et fond en polyéthylène;
- ② Coton à fromage;
- ③ Glace concassée;
- ④ Boîte de carton et isolant;
- ⑤ Ruban adhésif et étiquettes;
- ⑥ Sac en plastique étanche.

Les casiers en bois sont généralement de 20 à 30 cm de côté pour s'adapter aux dimensions intérieures de la boîte. Des lattes de bois de 4 à 8 cm de largeur et de moins de 1 cm d'épaisseur sont utilisées pour bâtir le cadre. Le fond des casiers est constitué d'un treillis en nylon « moustiquaire » fixé au cadre en bois par des agrafes (**figure4**). Un des casiers est muni d'une membrane en polyéthylène qui sert à retenir l'eau et la glace au fond de la boîte de transport. Des boîtes spécialement conçues pour le transport des œufs, munies de casiers en styromousse, sont aussi disponibles sur le marché. Cependant, leur prix est relativement élevé, soit près de 100 \$ pour une boîte et huit casiers.

La préparation d'une boîte de transport se fait de la façon suivante. Les casiers en bois sont mis à tremper le jour qui précède la livraison pour qu'ils soient imbibés d'eau. Les casiers ayant déjà servi au transport d'œufs doivent être décontaminés dans une solution désinfectante avant d'être réutilisés. L'intérieur des casiers est tapissé de quelques épaisseurs de coton à fromage imbibé d'eau. Les œufs, préalablement désinfectés et dénombrés, sont déposés dans les casiers et le coton à fromage est replié dessus, de manière à les envelopper complètement (**figure 5**).

Ensuite, les casiers sont empilés dans l'ordre suivant. En premier, le casier muni de la membrane de polyéthylène est rempli de glace et déposé à la base (**figure6**). Les casiers remplis d'œufs sont empilés par-dessus, à raison de trois à cinq niveaux. Un dernier casier, muni d'un fond en moustiquaire, est rempli de glace et déposé sur le dessus de la pile. Les casiers sont solidement ficelés et introduits dans un sac de polyéthylène que l'on ferme hermétiquement (**figure7**). Le tout est placé dans une boîte dont le fond, les parois et le dessus sont isolés avec des feuilles de styromousse. La boîte est ensuite scellée avec du

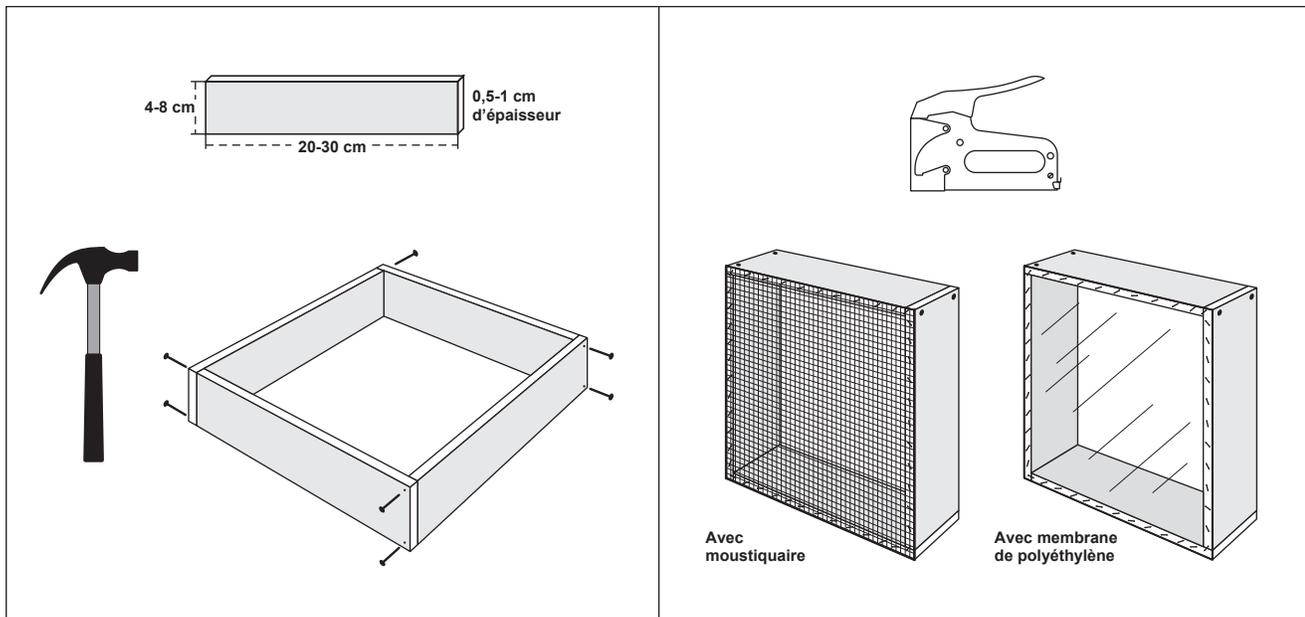


Figure 4 Modèle de construction des casiers pour le transport des œufs

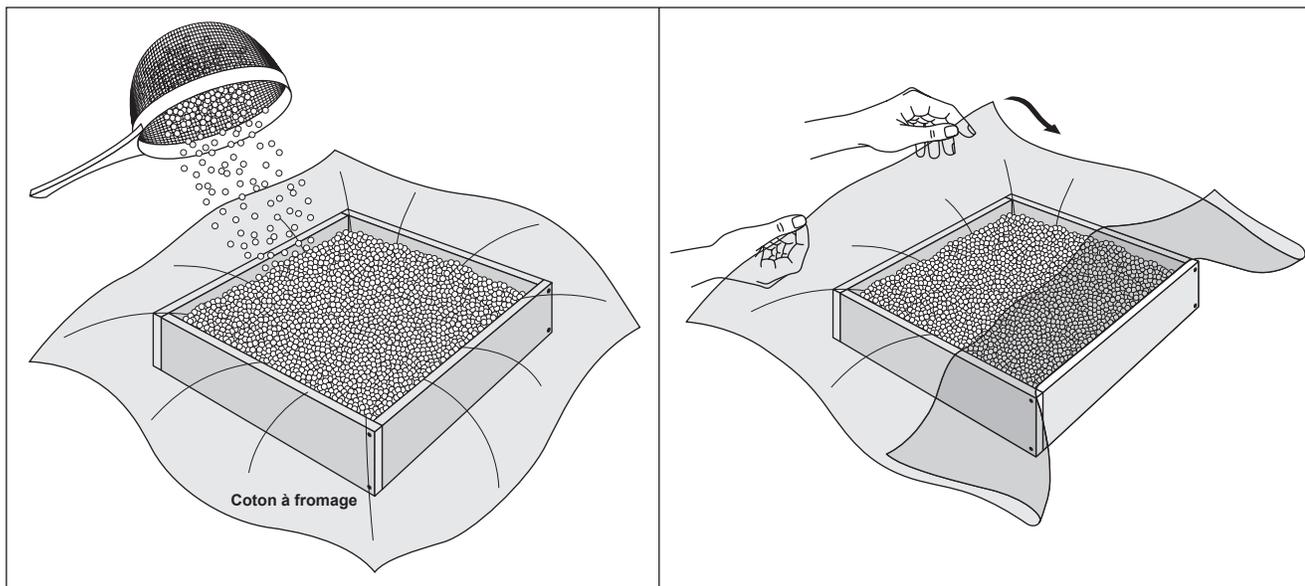


Figure 5 Méthode de remplissage d'un casier pour le transport des oeufs

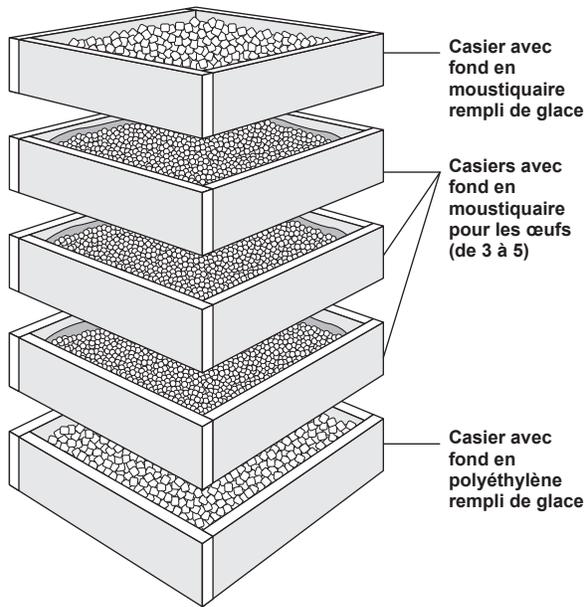
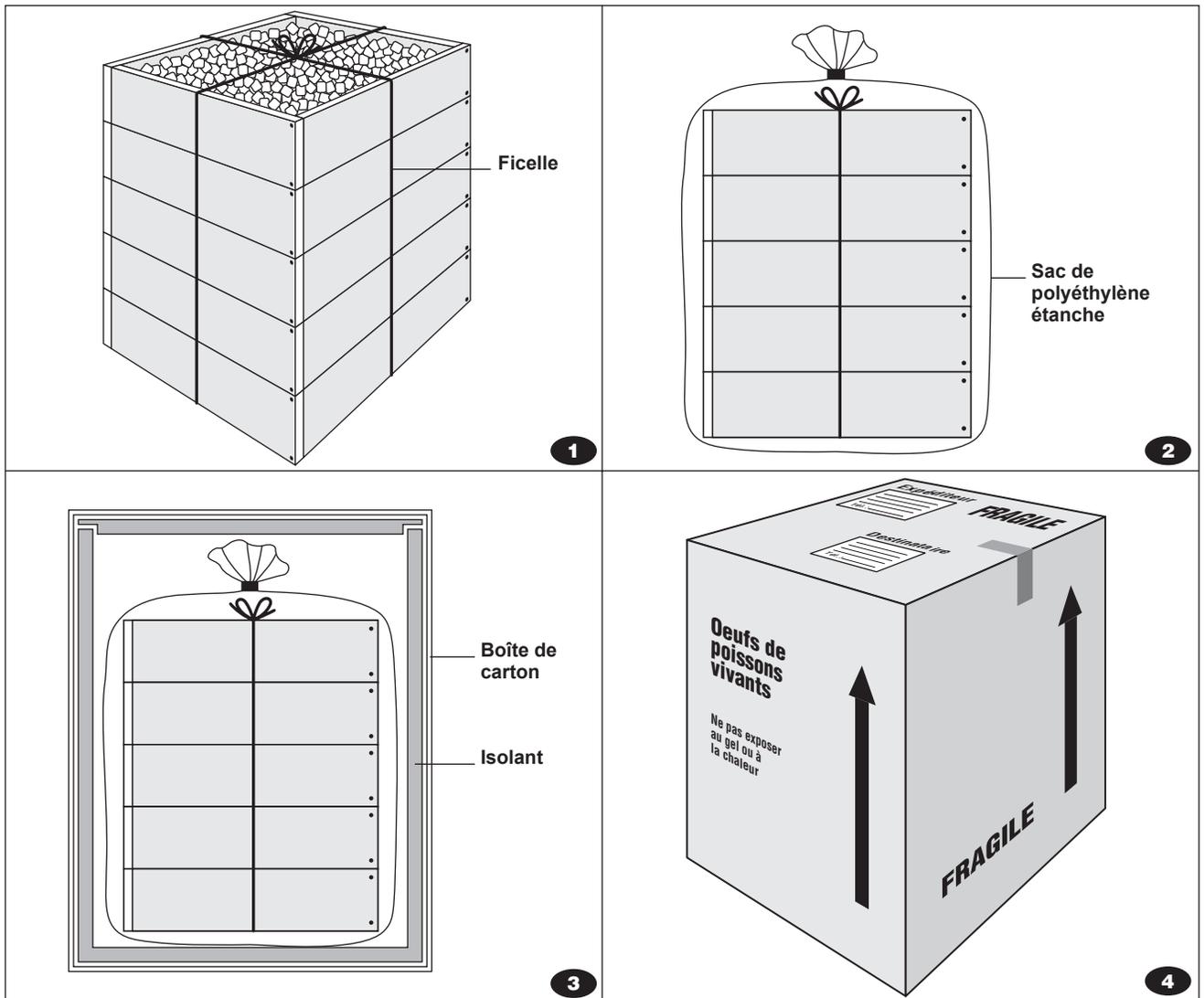


Figure 6 Méthode d'empilement des casiers pour le transport des œufs

Figure 7 Méthode d'emballage des casiers dans une boîte pour le transport des œufs



ruban adhésif. Des flèches ou autres marques doivent indiquer le sens vertical dans lequel la boîte doit être maintenue pendant le transport, de manière à ne pas renverser le contenu à l'intérieur de la boîte. En plus des adresses et numéros de téléphone de l'expéditeur et du destinataire, les indications « Oeufs de poissons vivants - Fragile - Ne pas exposer au gel ou à la chaleur » doivent figurer.

Pour les dimensions mentionnées, un casier peut contenir entre 15 000 et 20 000 œufs d'omble de fontaine, selon la taille des œufs. Comme les œufs de la truite arc-en-ciel et du saumon sont généralement plus gros, les quantités respectives sont réduites à 12 000 et 8 000 œufs. Une boîte de transport peut contenir de 50 000 à 100 000 œufs.

Les œufs doivent être transportés de préférence par le vendeur ou l'acheteur. Dans l'éventualité où il est nécessaire d'utiliser un transport public, les services de messagerie rapide sont à privilégier et il est important de prévenir le destinataire de l'expédition.

9.2.3 RÉCEPTION DES ŒUFS

Les œufs peuvent de nouveau être désinfectés par l'acheteur à la réception. Cependant, il est important de mesurer leur température dans le contenant d'expédition pour éviter de leur donner un choc thermique à la désinfection. Celle-ci est le plus souvent voisine de 0 °C dans la boîte de transport, soit la

température de la glace fondante, et il faut ajuster en conséquence la température de la solution désinfectante. La différence de température entre les œufs et la solution désinfectante ne devrait pas excéder de 1 °C à 2 °C.

De même, avant la mise en incubation, il est important de procéder à une acclimatation graduelle des œufs à la température de l'eau d'incubation. Deux méthodes sont illustrées à la **figure 8**. La première consiste à introduire de la glace dans un bassin rempli d'eau, de manière à ce que l'eau refroidisse jusqu'à ce qu'elle atteigne la température des œufs. Les casiers d'œufs préalablement désinfectés sont ensuite introduits dans le bassin d'eau refroidie. Puis, l'entrée d'eau est réactivée progressivement et ajustée de manière à ce que la température de l'eau dans le bassin s'élève lentement à raison de 2 °C à l'heure au maximum, jusqu'à ce qu'elle atteigne la température de l'eau d'incubation. L'autre méthode d'acclimatation consiste à déposer les casiers d'œufs sur le rebord de bassins dans lesquels circule l'eau d'incubation. Un thermomètre est placé en permanence dans une des masses d'œufs. Il suffit d'humecter celles-ci aux 15 minutes avec un peu d'eau prise dans le bassin, jusqu'à ce que les œufs atteignent la température de l'eau. Cette opération peut durer quelques heures, selon la différence de température initiale entre les œufs et l'eau d'incubation. Quand la température des œufs est environ la même que celle de l'eau, soit une différence de moins de 0,5 °C à 1,0 °C, ils peuvent être transférés dans les incubateurs.

9.5 DÉCHARGEMENT ET ACCLIMATATION DES POISSONS

9.5.1 FACTEURS ET PRINCIPES FONDAMENTAUX

Le déversement des poissons une fois arrivés à destination est une phase critique. Dans l'unité de transport, les poissons sont quelque peu stressés et l'immersion soudaine dans une eau dont les écarts de température et de pH sont importants, diminue le taux de survie. Les poissons doivent être acclimatés progressivement à l'eau d'accueil. Le principal facteur à considérer est l'écart de température entre l'eau de transport et l'eau d'accueil. La sensibilité des poissons est aussi importante et dépend de leur état de santé et de leur taille, les plus gros étant moins sensibles que les truitelles.

Lors de l'arrivée à destination, on doit vérifier l'état des poissons avant de les déverser dans un nouveau milieu. Un transport réussi est caractérisé par peu ou pas de mortalités à l'arrivée. La présence de plusieurs poissons morts ou moribonds indique qu'un problème est survenu. Les poissons survivants ont quand même subi un stress important qui ne garantit pas le succès de l'empoisonnement.

9.5.2 ACCLIMATATION À L'EAU D'ACCUEIL

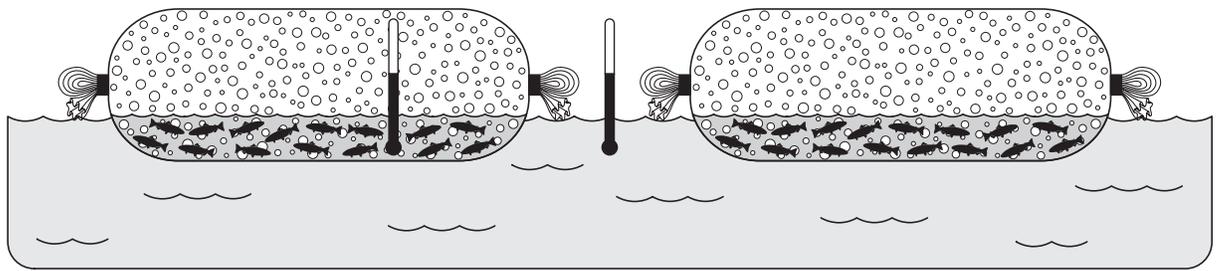
Les petits poissons sont plus sensibles aux écarts de températures que les gros. Les alevins provenant d'un sac de transport de poissons ne doivent être déversés que lorsque l'eau contenue dans le sac a atteint la même température que l'eau du milieu d'accueil. L'écart de température ne doit pas dépasser 1 °C pour les alevins (de 2,5 à 6 cm) et 2 °C pour les truitelles (de 6 à 15 cm). Pour équilibrer les températures, le mieux est de laisser flotter les sacs fermés à la surface de l'eau du milieu d'accueil jusqu'au moment où l'écart est réduit à 2-3 °C (**figure19**). Il faut alors ouvrir les sacs et ajouter progressivement l'eau du nouveau milieu à celle du sac. Cela complète l'équilibre des températures entre les deux milieux et permet l'acclimatation progressive des poissons aux conditions physico-chimiques du milieu d'accueil. Le déversement des

poissons peut commencer lorsque près de 50 % de l'eau du milieu d'accueil a été ajoutée à l'intérieur du sac de transport.

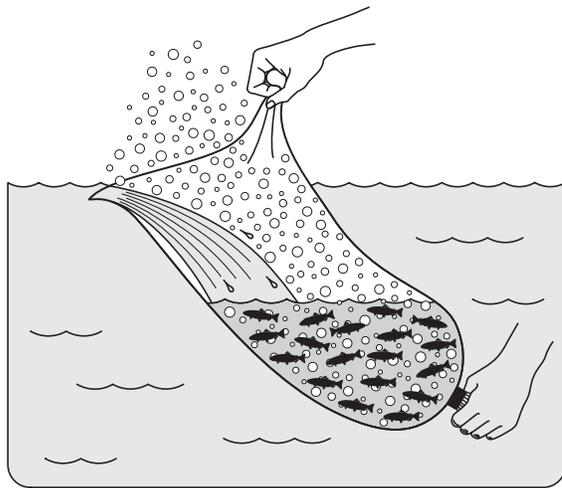
L'acclimatation des poissons doit être réduite au minimum de temps dans les opérations commerciales pour des raisons pratiques. Les pisciculteurs et leurs clients disposent de peu de temps dans les périodes intensives d'ensemencement. On peut donc prendre certaines précautions pour diminuer la période d'acclimatation tout en faisant un ensemencement adéquat. La première est d'utiliser une température d'eau pour le transport, bien que convenable pour les poissons, visant à présenter un écart de température moins important avec l'eau de destination. Lors des ensemencements au printemps, la température de l'eau des lacs est souvent plus basse ou voisine de celle de l'eau du transport et les poissons peuvent être déversés directement au bord du lac avec un minimum d'acclimatation.

9.5.3 ENSEMENCEMENT EN PÉRIODE CHAUDE

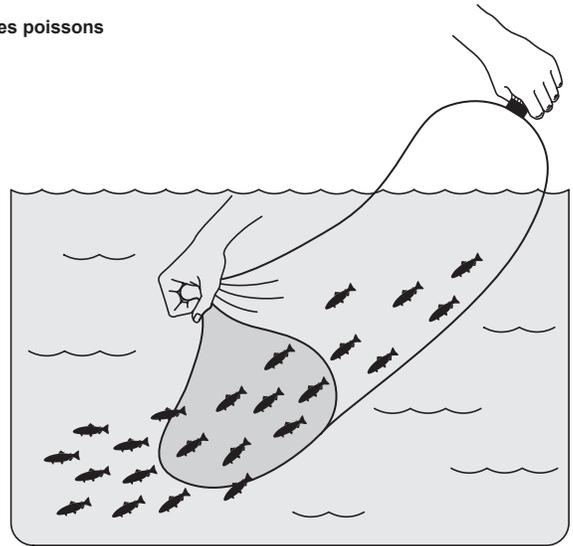
Lors de la période chaude à l'été, alors que la thermocline s'est installée dans les lacs, le déversement des poissons directement au bord du lac dans la couche d'eau chaude en surface est à proscrire. Par ailleurs, l'acclimatation des poissons à cette température d'eau par la circulation d'eau du lac dans le récipient de transport prend trop de temps et s'avère peu efficace. Une bonne pratique en période chaude l'été consiste à aller déverser les poissons à un endroit du lac où ils pourront accéder rapidement à l'eau froide en profondeur. Il suffit pour cela de les transférer dans des contenants remplis avec l'eau du bac de transport et de les y amener au moyen d'une embarcation. Une fois rendu au lieu choisi sur le lac, le contenant rempli de poissons est passé par-dessus bord et maintenu à la surface de manière à y laisser pénétrer lentement l'eau du lac et y maintenir les poissons pendant quelques minutes. Une fois libérés, ceux-ci se déplaceront rapidement en profondeur dans le lac pour chercher l'eau froide. La **figure20** illustre cette méthode d'ensemencement des poissons.



1 Acclimation : égaliser la température avant de laisser sortir les poissons



2 Ouvrir partiellement les sacs pour introduire l'eau du milieu d'accueil



3 Libérer les poissons dans le bassin ou le lac

Figure 19 Méthode d'ensemencement des poissons transportés dans des sacs

9.5.4 ENSEMENCEMENT DE SAUMONEAUX

Les saumoneaux doivent être transportés et ensemencés avant la smoltification. Une fois que cette dernière a débuté, les poissons sont vulnérables aux manipulations et perdent facilement des écailles, ce qui a pour effet de diminuer leur protection naturelle contre les infections.

Les endroits à rechercher pour l'ensemencement des saumoneaux sont la proximité de frayères connues, de manière à favoriser le retour des adultes vers ces frayères. En effet, il appert que les adultes au retour de la mer ne dépasseraient pas de beaucoup en amont

sur le cours d'eau le lieu de leur ensemencement au stade de saumoneau. Il n'est pas nécessaire de disperser les saumoneaux lors d'un ensemencement, comme pour la truite, parce que ces derniers n'habitent pas le cours d'eau et le quittent pour la mer. Idéalement, les saumoneaux ne doivent pas être déversés à la surface de l'eau, mais bien sous celle-ci.

L'ensemencement des saumoneaux doit être effectué après la crue printanière des cours d'eau et avant le début de la smoltification. Il en résulte que la période propice à l'ensemencement est souvent de courte durée, parce qu'il faut attendre que le débit des cours d'eau diminue à un niveau convenable tout en ne dépassant pas le début de la smoltification chez le poisson, laquelle progresse inévitablement.

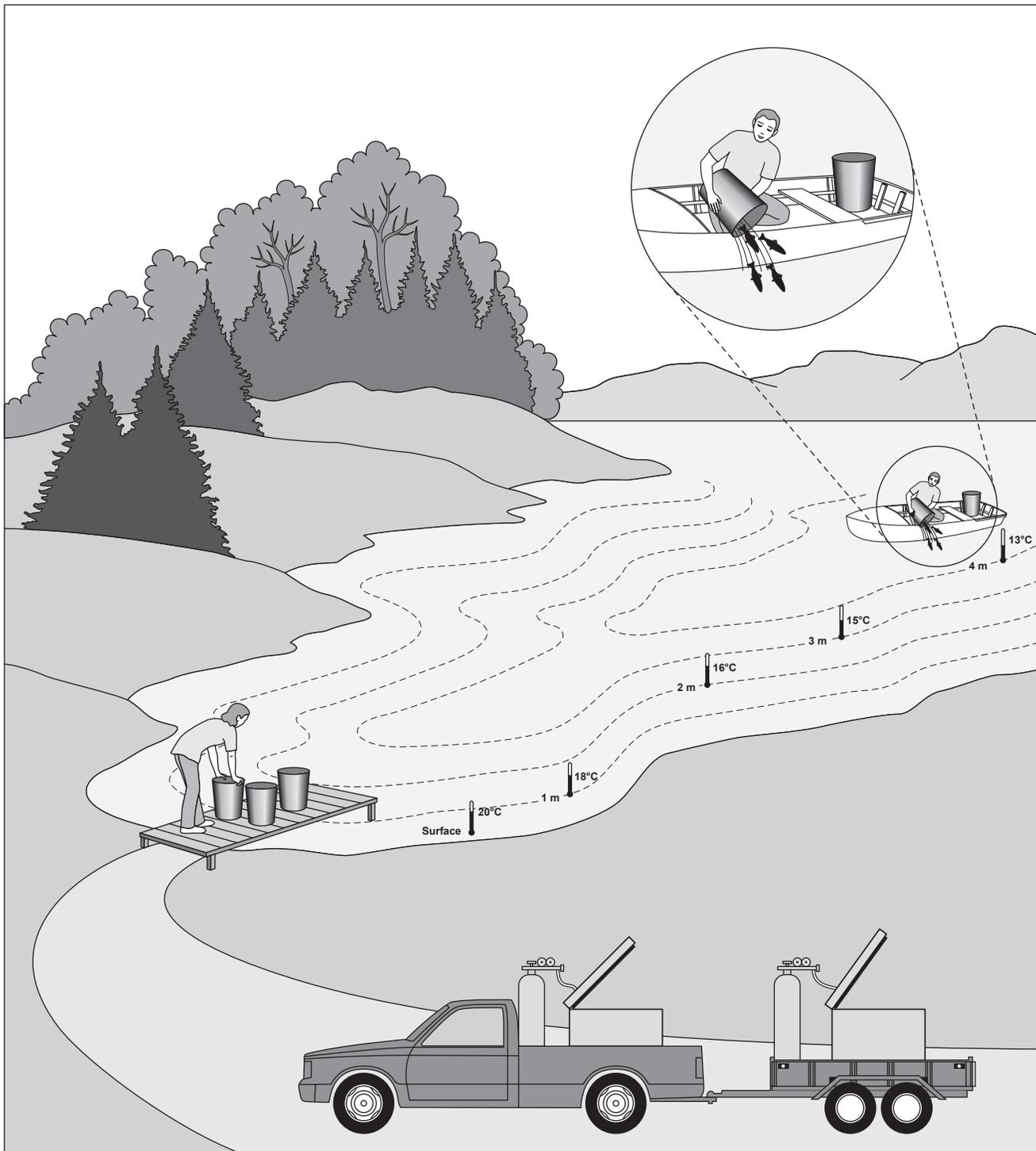


Figure 20 Méthode d'ensemencement des poissons en lac pendant la période chaude de l'été

ANNEXE 20 Résultats détaillés de la mortalité post-fécondation des embryons implantés dans les frayères de la Romaine en 2018

Frayerie	Îlot	n° Support	n° Transpondeur	n° Capsule	Lignée parentale	Nombre d'œufs insérés dans la capsule	Mortalité retiré	Mortalité observé dans la capsule (non retiré)	Embryons vivants au moment de l'implantation des capsules	Taux de mortalité postfécondation
PK 46,2	A	7	542 351	9	1A	12	1	0	11	8,3
PK 46,2	B	9	542 346	62	1A	12	4	0	8	33,3
PK 46,2	C	12	542 357	16	1A	12	1	1	10	16,7
PK 46,2	D	3	542 353	18	1A	12	4	0	8	33,3
PK 49	A	13	542 360	32	1A	12	2	0	10	16,7
PK 49	B	15	542 356	51	1A	12	1	0	11	8,3
PK 49	C	18	542 361	87	1A	12	6	0	6	50,0
PK 49	D	5	542 347	119	1A	12	5	4	3	75,0
PK 51	A	20	542 342	27	1A	12	7	0	5	58,3
PK 51	B	22	542 363	59	1A	12	1	0	11	8,3
PK 51	C	23	542 345	70	1A	12	1	1	10	16,7
PK 51	D	2	542 343	139	1A	12	0	1	11	8,3
PK 46,2	A	7	542 351	69	1B	12	2	0	10	16,7
PK 46,2	B	10	542 359	8	1B	12	1	0	11	8,3
PK 46,2	C	12	542 357	136	1B	12	4	1	7	41,7
PK 46,2	D	3	542 353	76	1B	12	8	0	4	66,7
PK 49	A	14	542 355	44	1B	12	4	0	8	33,3
PK 49	B	15	542 356	137	1B	12	2	0	10	16,7
PK 49	C	18	542 361	4	1B	12	7	0	5	58,3
PK 49	D	6	542 352	54	1B	12	9	2	1	91,7
PK 51	A	20	542 342	20	1B	12	8	0	4	66,7
PK 51	B	22	542 363	71	1B	12	3	0	9	25,0
PK 51	C	23	542 345	36	1B	12	2	0	10	16,7
PK 51	D	25	542 338	112	1B	12	3	0	9	25,0
PK 46,2	A	7	542 351	13	1C	12	2	0	10	16,7
PK 46,2	B	9	542 346	28	1C	12	5	0	7	41,7
PK 46,2	C	11	542 358	144	1C	12	3	0	9	25,0
PK 46,2	D	3	542 353	61	1C	12	3	1	8	33,3
PK 49	A	14	542 355	6	1C	12	7	0	5	58,3
PK 49	B	16	542 354	14	1C	12	4	0	8	33,3
PK 49	C	17	542 350	143	1C	12	2	1	9	25,0
PK 49	D	5	542 347	108	1C	12	5	3	4	66,7
PK 51	A	19	542 362	72	1C	12	8	0	4	66,7
PK 51	B	21	542 341	130	1C	12	4	0	8	33,3
PK 51	C	24	542 348	75	1C	12	7	0	5	58,3
PK 51	D	2	542 343	63	1C	12	6	0	6	50,0
PK 46,2	A	8	542 349	15	2A	12	5	0	7	41,7
PK 46,2	B	10	542 359	37	2A	12	5	0	7	41,7
PK 46,2	C	11	542 358	122	2A	12	6	0	6	50,0
PK 46,2	D	3	542 353	57	2A	12	5	0	7	41,7
PK 49	A	14	542 355	96	2A	12	8	0	4	66,7
PK 49	B	15	542 356	102	2A	12	7	0	5	58,3
PK 49	C	18	542 361	47	2A	12	7	0	5	58,3
PK 49	D	5	542 347	56	2A	12	8	3	1	91,7
PK 51	A	20	542 342	134	2A	12	9	0	3	75,0
PK 51	B	21	542 341	7	2A	12	7	0	5	58,3
PK 51	C	24	542 348	60	2A	12	4	0	8	33,3
PK 51	D	25	542 338	25	2A	12	9	0	3	75,0
PK 46,2	A	7	542 351	106	2B	12	7	0	5	58,3
PK 46,2	B	10	542 359	46	2B	12	6	0	6	50,0
PK 46,2	C	12	542 357	19	2B	12	7	0	5	58,3
PK 46,2	D	4	542 340	43	2B	12	6	0	6	50,0
PK 49	A	13	542 360	114	2B	12	5	0	7	41,7
PK 49	B	15	542 356	23	2B	12	8	0	4	66,7
PK 49	C	18	542 361	67	2B	12	9	0	3	75,0
PK 49	D	5	542 347	140	2B	12	12	0	0	100,0
PK 51	A	20	542 342	141	2B	12	9	0	3	75,0
PK 51	B	22	542 363	35	2B	12	6	0	6	50,0
PK 51	C	23	542 345	48	2B	12	5	0	7	41,7
PK 51	D	2	542 343	50	2B	12	9	0	3	75,0
PK 46,2	A	8	542 349	31	2C	12	6	0	6	50,0
PK 46,2	B	9	542 346	17	2C	12	7	0	5	58,3
PK 46,2	C	12	542 357	132	2C	12	1	1	10	16,7
PK 46,2	D	4	542 340	97	2C	12	6	0	6	50,0
PK 49	A	14	542 355	34	2C	12	10	0	2	83,3
PK 49	B	16	542 354	39	2C	12	7	0	5	58,3
PK 49	C	17	542 350	79	2C	12	7	0	5	58,3
PK 49	D	5	542 347	118	2C	12	7	1	4	66,7
PK 51	A	19	542 362	92	2C	12	6	0	6	50,0
PK 51	B	21	542 341	89	2C	12	8	0	4	66,7
PK 51	C	23	542 345	55	2C	12	6	0	6	50,0
PK 51	D	2	542 343	123	2C	12	9	0	3	75,0
PK 46,2	A	8	542 349	38	3A	12	11	0	1	91,7
PK 46,2	B	10	542 359	142	3A	12	7	0	5	58,3
PK 46,2	C	12	542 357	91	3A	12	8	0	4	66,7
PK 46,2	D	4	542 340	116	3A	12	11	0	1	91,7
PK 49	A	13	542 360	107	3A	12	8	0	4	66,7
PK 49	B	16	542 354	49	3A	12	6	3	3	75,0
PK 49	C	18	542 361	84	3A	12	6	0	6	50,0
PK 49	D	6	542 352	41	3A	12	6	2	4	66,7
PK 51	A	19	542 362	133	3A	12	8	0	4	66,7
PK 51	B	22	542 363	22	3A	12	7	0	5	58,3
PK 51	C	23	542 345	82	3A	12	5	0	7	41,7
PK 51	D	25	542 338	58	3A	12	2	0	10	16,7
PK 46,2	A	7	542 351	10	3B	12	7	0	5	58,3
PK 46,2	B	10	542 359	83	3B	12	6	0	6	50,0
PK 46,2	C	11	542 358	2	3B	12	4	0	8	33,3
PK 46,2	D	3	542 353	74	3B	12	8	0	4	66,7
PK 49	A	13	542 360	100	3B	12	9	0	3	75,0
PK 49	B	16	542 354	115	3B	12	8	0	4	66,7
PK 49	C	18	542 361	40	3B	12	7	0	5	58,3
PK 49	D	5	542 347	124	3B	12	9	1	2	83,3
PK 51	A	19	542 362	117	3B	12	7	0	5	58,3
PK 51	B	22	542 363	42	3B	12	8	0	4	66,7
PK 51	C	24	542 348	53	3B	12	7	0	5	58,3
PK 51	D	2	542 343	26	3B	12	10	0	2	83,3

Frayère	Îlot	n° Support	n° Transpondeur	n° Capsule	Lignée parentale	Nombre d'œufs insérés dans la capsule	Mortalité retiré	Mortalité observé dans la capsule (non retiré)	Embryons vivants au moment de l'implantation des capsules	Taux de mortalité postfécondation
PK 46,2	A	7	542 351	11	3C	12	7	0	5	58,3
PK 46,2	B	9	542 346	94	3C	12	5	0	7	41,7
PK 46,2	C	12	542 357	121	3C	12	7	0	5	58,3
PK 46,2	D	4	542 340	30	3C	12	5	0	7	41,7
PK 49	A	14	542 355	5	3C	12	6	0	6	50,0
PK 49	B	16	542 354	98	3C	12	3	0	9	25,0
PK 49	C	17	542 350	29	3C	12	8	0	4	66,7
PK 49	D	6	542 352	77	3C	12	5	2	5	58,3
PK 51	A	19	542 362	78	3C	12	7	0	5	58,3
PK 51	B	21	542 341	33	3C	12	8	0	4	66,7
PK 51	C	24	542 348	113	3C	12	6	0	6	50,0
PK 51	D	25	542 338	81	3C	12	6	0	6	50,0
PK 46,2	A	8	542 349	120	4A	12	9	0	3	75,0
PK 46,2	B	9	542 346	1	4A	12	7	0	5	58,3
PK 46,2	C	11	542 358	125	4A	12	8	0	4	66,7
PK 46,2	D	3	542 353	45	4A	12	12	0	0	100,0
PK 49	A	14	542 355	105	4A	12	7	0	5	58,3
PK 49	B	15	542 356	138	4A	12	5	0	7	41,7
PK 49	C	17	542 350	68	4A	12	10	0	2	83,3
PK 49	D	6	542 352	88	4A	12	6	1	5	58,3
PK 51	A	20	542 342	110	4A	12	7	0	5	58,3
PK 51	B	22	542 363	95	4A	12	8	0	4	66,7
PK 51	C	23	542 345	103	4A	12	7	0	5	58,3
PK 51	D	25	542 338	135	4A	12	7	0	5	58,3
PK 46,2	A	8	542 349	12	4B	12	4	0	8	33,3
PK 46,2	B	9	542 346	109	4B	12	7	0	5	58,3
PK 46,2	C	11	542 358	73	4B	12	6	0	6	50,0
PK 46,2	D	4	542 340	85	4B	12	6	0	6	50,0
PK 49	A	13	542 360	65	4B	12	7	0	5	58,3
PK 49	B	16	542 354	21	4B	12	9	0	3	75,0
PK 49	C	17	542 350	66	4B	12	4	0	8	33,3
PK 49	D	6	542 352	93	4B	12	7	0	5	58,3
PK 51	A	20	542 342	24	4B	12	10	0	2	83,3
PK 51	B	21	542 341	126	4B	12	6	0	6	50,0
PK 51	C	24	542 348	127	4B	12	5	0	7	41,7
PK 51	D	2	542 343	131	4B	12	6	0	6	50,0
PK 46,2	A	8	542 349	128	4C	12	7	0	5	58,3
PK 46,2	B	10	542 359	90	4C	12	5	0	7	41,7
PK 46,2	C	11	542 358	99	4C	12	10	0	2	83,3
PK 46,2	D	4	542 340	101	4C	12	5	0	7	41,7
PK 49	A	13	542 360	111	4C	12	8	0	4	66,7
PK 49	B	15	542 356	129	4C	12	4	0	8	33,3
PK 49	C	17	542 350	86	4C	12	8	0	4	66,7
PK 49	D	6	542 352	52	4C	12	11	0	1	91,7
PK 51	A	19	542 362	64	4C	12	9	1	2	83,3
PK 51	B	21	542 341	80	4C	12	5	0	7	41,7
PK 51	C	24	542 348	104	4C	12	9	0	3	75,0
PK 51	D	25	542 338	3	4C	12	7	0	5	58,3

