

Complexe de la Romaine

Suivi de la population de saumon atlantique



FÉVRIER 2019



Complexe de la Romaine

Suivi environnemental 2017 en phase exploitation

Suivi de la population de saumon atlantique

Version finale

Février 2019

Préparé par :

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

Responsable scientifique
Bernard Aubé-Maurice
Biologiste
WSP Canada Inc.

Révisé par :

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jean Therrien'.

Responsable scientifique
Jean Therrien
Directeur de projet
WSP Canada Inc.

Révisé et
approuvé par :

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 :

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.

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

HydroDoc : HQ-2018-030

Sommaire

Référence pour fins de citation :

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.

Résumé :

Dans le contexte du programme de suivi environnemental du Complexe de la Romaine, il était prévu de réaliser en 2017 huit activités de suivi renseignant sur le cycle de vie du saumon atlantique (*Salmo salar*) dans le bassin versant de la rivière Romaine, soit : l'étude des smolts en dévalaison, le suivi de l'entraînement des saumons juvéniles à la suite de changements de débit, l'inventaire des juvéniles, le recouvrement du substrat dans les habitats aménagés, le déroulement de la fraie, le dénombrement des nids de saumons après la fraie à l'automne, le suivi de l'échouage des juvéniles lors du passage de deux à un groupe turbine-alternateur à la centrale de la Romaine-1, ainsi que la survie des embryons dans les principales frayères du cours principal de la Romaine. Puisque les centrales de la Romaine-1 et de la Romaine-2 sont en activité depuis 2015 et 2014 respectivement, le débit de la Romaine est désormais régularisé. L'année 2017 a par ailleurs été marquée par le remplissage du réservoir de la Romaine 3 et par la mise en fonction de la centrale correspondante. Elle correspond donc également à une année de transition qui s'inscrit dans la période globale de transition (2014-2021) associée au remplissage des réservoirs et à la mise en fonction des installations hydroélectriques.

La dévalaison des smolts au PK 5 de la Romaine s'est déroulée du 9 juin au 20 juillet 2017, soit plus tardivement que lors des années de référence (2013 et 2014). Le principal pic d'abondance est survenu le 19 juin, alors que des pics de moindre amplitude avaient aussi été enregistrés les 23 et 28 juin. Les analyses génétiques indiquent que **77 %** des smolts ont une affiliation de la Puyjalon, **11 %** de la Romaine et **12 %** desensemencements d'alevins effectués dans la Romaine en 2015. La prédominance des smolts affiliés à la Puyjalon est plus marquée depuis 2016. De plus, des tacons affiliés à la Puyjalon ont été capturés en amont des chutes à Charlie, ce qui indique que les populations se mélangent dans une certaine mesure. L'application du CMR permet d'estimer la population de smolts de la Puyjalon à 8 843 et celle de la Romaine à 5 928. Cette incohérence dans les résultats est vraisemblablement attribuable à un échantillonnage insuffisant dans la Romaine, ce qui a conduit à un degré d'imprécision élevé. Pour estimer la taille de la population de smolts dans la Romaine, il a été jugé préférable d'extrapoler l'estimation obtenue pour la Puyjalon à l'ensemble du bassin de la Romaine en utilisation les proportions d'appartenance issues des analyses génétiques des smolts capturés au PK 5 de la Romaine. Ainsi, la population de smolts en dévalaison dans la Romaine en 2017 est évaluée à environ **11 479** individus, dont approximativement **1 284** sont affiliés à la Romaine, **8 843** à la Puyjalon et **1 353** aux ensemencements.

Les algues filamenteuses à la dérive dans la colonne d'eau, qui colmatent les engins de pêche, sont composées d'espèces communes dont la prolifération 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. En 2017, leur présence a été observée de juin à juillet, suivi par une absence sur les frayères en août, puis un retour en octobre-novembre. Il semble que le bloom associé à la mise en eau des deux premiers réservoirs (2014 et 2015) ait été terminé, suivi par celui associé à la mise en eau du troisième (2017). Le phénomène serait temporaire et pourrait se poursuivre encore jusqu'en 2019. Par ailleurs, elles n'ont pas d'impact négatif direct sur la santé du biotope aquatique.

D'après les données préliminaires sur le nombre de smolts produit par nids de fraie pour la cohorte d'œufs de 2013, cet indicateur serait en décroissance dans le cours principal de la Romaine.

L'âge moyen des smolts en dévalaison en 2017 est évalué à **2,04 ans** dans le cours principal de la Romaine et à **2,73 ans** dans la Puyjalon. Pour les cohortes d'œufs de 2010 à 2013 (données partielles pour 2013), l'âge à la smoltification varie de **2,00 ans** et à **2,20 ans** dans le cours principal de la Romaine comparativement à **2,38 ans** et à **2,84 ans** dans la Puyjalon. Les comparaisons de croissances interannuelles indiquent également des croissances annuelles plus élevées dans la Romaine. Ces résultats suggèrent que les conditions environnementales du cours principal de la Romaine y favorisent une croissance plus rapide des juvéniles et une smoltification plus hâtive. Par ailleurs, une diminution de la longueur rétrocalculée au stade alevin est observée pour les deux rivières, particulièrement pour la Puyjalon, ce qui implique que ce ne serait pas lié aux aménagements hydroélectriques.

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 2017, des transpondeurs passifs ont été implantés sur 119 juvéniles. La campagne de détection mobile réalisée à la mi-novembre a permis de détecter six juvéniles différents dans le secteur du PK 49. Toutefois, la profondeur de détection de l'antenne était insuffisante pour couvrir adéquatement le fond de la rivière. Un suivi plus exhaustif pourra être réalisé en 2018, après que des ajustements auront été apportés à l'antenne.

Comme lors des suivis précédents, l'habitat d'élevage amont du PK 49, est celui qui montre la plus grande abondance de saumons juvéniles parmi les sites aménagés. Les résultats de l'inventaire réalisé à la mi-octobre révèlent une densité de **0,30 juvénile/100 m²**, ce qui est relativement faible et est en baisse par rapport aux deux années précédentes. Les alevins et les tacons ont été observés dans des proportions similaires avec 44 % d'alevins et 56 % de tacons. Les tacons ont toutefois tous été détectés sur l'aire d'élevage amont du PK 49, alors que des alevins ont été aperçus sur les trois aires d'élevage aménagées. Comme en 2015 et en 2016, les habitats aménagés étaient partiellement recouverts de sable. En 2017, le sable était cependant moins présent que l'année précédente au PK 51, alors qu'à l'inverse, sa présence était plus marquée sur les aménagements du PK 49.

Le suivi du déroulement de la fraie indique qu'elle s'est terminée entre le 2 et le 7 novembre sur le cours principal de la Romaine en 2017, soit légèrement plus tardivement qu'en conditions naturelles. Dans les rivières Allard et Bat-le-Diable, la fraie était terminée lors du décompte de nids, soit dès le 31 octobre et le 1^{er} novembre respectivement. Dans la rivière Puyjalon, la fraie n'était toutefois pas encore complétée lors de la première tentative de décompte le 1^{er} novembre. Le dénombrement des nids sur ce tributaire utilisé par le saumon a donc été entièrement refait les 14 et 15 novembre. Un total de **181** nids de fraie du saumon a été comptabilisé dans le bassin versant de la Romaine en 2017, ce qui constitue le deuxième plus haut total enregistré depuis le début du suivi annuel (2010) et est représentatif de la moyenne des trois années précédentes (augmentation de **9 %**). Cette légère hausse est toutefois attribuable à une hausse marquée du nombre de nids dans les tributaires, alors que le nombre de nids dans la Romaine est en baisse. Dans le cours principal, on a ainsi dénombré **93** nids en 2017, comparativement à **78** nids dans la Puyjalon, à **7** nids dans la rivière Allard et à **4** nids dans la Bat-le-Diable.

Pour la quatrième 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 **62 %**. Les frayères aménagées ont été utilisées en proportion légèrement plus faible qu'au cours des deux années précédentes, mais demeurent prisées par les saumons, en particulier la frayère du PK 49 (**25** nids en 2017).

Le suivi de l'échouage des saumons juvéniles a été réalisé à trois reprises en 2017, soit au début juillet, à la fin août et à la mi-octobre. Ainsi, à la suite du passage de deux à un groupe turbine-alternateur à la centrale de la Romaine-1, les habitats plus à risque ont été inventoriés entre les installations de la Romaine-1 et l'embouchure de la Romaine, soit les habitats rocheux ou ceux caractérisés par une pente faible qui sont susceptibles de favoriser la formation de cuvettes isolées de la rivière à la suite d'une baisse de débit. Ce suivi consiste à vérifier la présence de saumons juvéniles échoués ou emprisonnés dans les habitats exondés le long des rives de la Romaine. En considérant les trois visites de terrain, près de 1 500 cuvettes ont été inventoriées lors de ce suivi permettant de dénombrer près de 3 000 larves de meuniers piégées dans les cuvettes, ainsi que 142 poissons appartenant à 6 espèces différentes, dont principalement des épinoches à trois épines et des meuniers noirs. Parmi ceux-ci, seulement sept alevins de saumon ont été recensés sur deux sites différents. Les alevins de saumon semblent ainsi peu vulnérables à l'échouage lors du passage de deux à un groupe turbine-alternateur à la centrale de la Romaine-1.

Pour la première fois en condition d'exploitation, un suivi de la survie des embryons de saumons jusqu'à l'éclosion a été réalisé en 2016-2017 à l'aide de la méthode des capsules d'incubation. Ce suivi vise les principales frayères naturelles (PK 34,5 et 46,2) et aménagées (PK 49 et 51) du cours principal de la Romaine. Le taux de mortalité post-fécondation (24 heures après la fraie) des œufs insérés dans les 144 capsules s'élève à **22,0 %**. Un total de **1 347 œufs** a donc été enfoui dans les quatre frayères de la Romaine. Le taux de survie jusqu'à l'éclosion au printemps 2017 n'est pas statistiquement différent d'une frayère à l'autre : **2,8 % au PK 34,5, 4,6 % au PK 46,2, 10,1 % au PK 49 et 12,8 % au PK 51**. Il n'y a pas de différence spatiale à l'intérieur d'une frayère (pas de différence entre îlots). Les femelles 2 et 3 montrent un taux de survie plus élevé que les femelles 1 et 4 et il semble en être de même

pour les mâles A et B. La variabilité interfrayère naturelle est élevée, autant avant qu'après les aménagements. Il n'y a pas de différence pré ou post-aménagement pour la frayère du PK 34,5. Pour celle du PK 46,2, il y a une diminution significative du taux de survie des embryons (50 % et 31 % par rapport à 5 %), mais il y a également une forte variation en conditions naturelles. Notons que le suivi portant spécifiquement sur la qualité granulométrique des frayères naturelles permettra entre autres de décrire la variation temporelle de la teneur en particules fines dans le substrat de fraie et permettra d'ajouter des informations complémentaires à ces résultats afin d'en bonifier l'analyse.

Équipe de réalisation

Hydro-Québec

Coordonnatrice du suivi environnemental :
Maude Richard St-Vincent

Responsable scientifique :
Jean-Christophe Guay

WSP Canada Inc.

Directeurs de projet :
Jean Therrien
Jean Daneau
Louis Belzile

Chargé de projet :
Bernard Aubé-Maurice

Analyse et rédaction :
Bernard Aubé-Maurice
Jean Therrien
Louis Belzile
Marie-Ève Larouche

Collaborateur :
Georges Morin

Travaux de terrain :
Carl Gauthier (coordonnateur principal)
Nicolas Rathé (coordonnateur dévalaison)
Stéphane Geissel (coordonnateur dévalaison)
Dominick Cuerrier (coordonnateur décompte de nids)
Olivier Barthell-Mailhot
Marie-Claude Julien
William Rondeau
Antoine Therrien

Agent de plongée :
Frédéric Milord

Jean-Pierre Chabot
Martin Bégin
Jonathan Roger
Benoît Paquet
François Sabourin
Georges-Antoine Boudreau
Florian Bellance
Laurie Parent
Jérémy Gauthier-Boutin
Nicolas Chapotard
Justine Létourneau

Infographie :
Diane Gagné
Maude Le Houillier-Viens

Édition :
Linette Poulin
Cathia Gamache

Uanan Experts-Conseils inc.

Aides de terrain d'Ekuanitshit :
David Basile (coordonnateur)
Jean-Philippe Hervieux
Moïse-Alexis Basile
Pierre Desjardins
Robert Wapistan
Athanase Napess Mestokosho
Allen Mollen

Nico Napess
Keanu Nolin
Omer Nolin
Michel-Pierre Petiquay-Roy
Nicolas Pietacho
Grégoire Landry

Sigles et abréviations

CMR	Capture-marquage-recapture
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
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 (2003-2016).....	5
1.4 Objectifs et zone d'étude.....	7
2. DÉVALAISON DES SMOLTS.....	11
2.1 Matériel et méthode	11
2.1.1 Plan d'échantillonnage.....	11
2.1.2 Capture des smolts	12
2.1.3 Marquage des smolts.....	13
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
2.2.3 Abondance des smolts	28
2.2.3.1 Estimation de l'abondance de la population.....	31
2.2.3.2 Relation entre le nombre de nids et la dévalaison des smolts	33
2.2.3.3 Algues filamenteuses	35
2.2.4 Caractéristiques biologiques de la population	35
2.2.4.1 Âge, longueur, masse et coefficient de condition.....	35
2.2.4.2 Âge à la smoltification par cohorte d'œufs	36
2.2.4.3 Rapport des sexes	39
2.2.4.4 Croissance annuelle.....	39
2.2.5 Présence de tacons dans les captures.....	41
2.2.6 Autres espèces capturées	41
3. ENTRAÎNEMENT DES SAUMONS JUVÉNILES	43
3.1 Matériel et méthode	43
3.1.1 Description des principaux équipements	43
3.1.1.1 Tapis d'antennes télémétriques et antenne mobile.....	43

Table des matières (suite)

3.1.1.2	Transpondeurs passifs.....	44
3.1.2	Captures de juvéniles et implantation des transpondeurs passifs.....	44
3.1.3	Détection mobile.....	44
3.2	Résultats et discussion	47
3.2.1	Débit et température de l'eau	47
3.2.2	Marquage des saumons juvéniles	47
3.2.3	Résultats de détection	48
3.2.3.1	Détection mobile	48
3.2.3.2	Détection par le tapis d'antennes.....	48
4.	INVENTAIRE VISUEL DE SAUMONS JUVÉNILES DANS LES HABITATS AMÉNAGÉS ET CARACTÉRISATION DU SUBSTRAT.....	49
4.1	Matériel et méthode	49
4.1.1	Inventaire de saumons juvéniles dans les habitats d'élevage aménagés.....	49
4.1.2	Recouvrement du substrat	50
4.1.2.1	Estimation du recouvrement en sédiments fins	50
4.1.2.2	Estimation du recouvrement en algues.....	53
4.1.3	Carottage du substrat sur les frayères aménagées.....	53
4.1.3.1	Prélèvement au carottier cryogénique	53
4.1.3.2	Analyses granulométriques.....	57
4.1.3.3	Calcul de l'indice de survie des embryons	58
4.2	Résultats et discussion	59
4.2.1	Débit, température de l'eau et déroulement de l'inventaire	59
4.2.2	Inventaire de saumons juvéniles dans les habitats d'élevage aménagés.....	59
4.2.3	Recouvrement du substrat	64
4.2.3.1	Estimation du recouvrement en sédiments fins	64
4.2.3.2	Estimation du recouvrement en algues.....	71
4.2.4	Carottage du substrat sur les frayères aménagées.....	71
4.2.4.1	Analyses visuelles.....	71
4.2.4.2	Analyses granulométriques.....	72

Table des matières (suite)

5.	DÉCOMPTE DE NIDS DE FRAIE	77
5.1	Matériel et méthode	77
5.1.1	Déroulement de la fraie	77
5.1.2	Décompte de nids de fraie	77
5.2	Résultats et discussion	79
5.2.1	Déroulement de la fraie	79
5.2.1.1	Débit et température de l'eau	79
5.2.1.2	Observation des activités de reproduction du saumon	81
5.2.2	Décompte de nids de fraie	83
5.2.2.1	Nombre de nids de fraie en 2017	83
5.2.2.2	Comparaison interannuelle	87
5.2.2.3	Franchissabilité des chutes à Charlie.....	90
5.2.2.4	Estimation du nombre de nids avec œufs	91
6.	ÉCHOUAGE DES SAUMONS JUVÉNILES	93
6.1	Matériel et méthode	93
6.2	Résultats et discussion	96
7.	SURVIE DES EMBRYONS	99
7.1	Matériel et méthode	99
7.1.1	Capsules d'incubation et support.....	99
7.1.2	Approvisionnement en embryons	100
7.1.2.1	Création des lignées parentales.....	100
7.1.2.2	Transport, acclimatation et encapsulation	100
7.1.3	Implantation des capsules	101
7.1.3.1	Plan expérimental.....	101
7.1.3.2	Piquage et mortalité post-fécondation	101
7.1.3.3	Implantation.....	107
7.1.4	Retrait des capsules	107
7.1.5	Taux de survie des embryons.....	108
7.1.6	Analyses statistiques	108
7.2	Résultats et discussion	109
7.2.1	Mortalité post-fécondation	109
7.2.2	Implantation dans les frayères	110

Table des matières (suite)

7.2.3	Développement embryonnaire et retrait des dispositifs.....	110
7.2.4	Taux de survie	112
7.2.4.1	Taux de survie dans le lot témoin	112
7.2.4.2	Taux de survie dans le lot expérimental.....	113
7.2.5	Comparaison interannuelle.....	115
7.2.6	Facteurs influençant la survie	116
8.	CONCLUSION.....	117
9.	BIBLIOGRAPHIE.....	119

Liste des tableaux

Tableau 2-1	Dates auxquelles 50 %, 75 % et 90 % de la population de smolts en dévalaison ont été atteintes au PK 5 de la Romaine	26
Tableau 2-2	Bilan des captures de smolts lors de l'étude de la dévalaison en 2017 au PK 5 de la Romaine	28
Tableau 2-3	Bilan des captures de smolts lors de l'étude de la dévalaison en 2017 dans la Puyjalon	29
Tableau 2-4	Répartition des smolts capturés au PK 5 de la Romaine en 2017	30
Tableau 2-5	Nombre de smolts capturés et succès de pêche entre 2013 et 2017	30
Tableau 2-6	Répartition des smolts capturés dans la Puyjalon en 2017	31
Tableau 2-7	Évaluation de l'abondance des smolts en dévalaison dans la Puyjalon en 2017 et répartition des smolts selon leur origine au PK 5 de la Romaine	31
Tableau 2-8	Évaluation de l'abondance des smolts en dévalaison dans la Romaine en 2017	32
Tableau 2-9	Évaluation de l'abondance des smolts en dévalaison dans la Romaine entre 2005 et 2017	33
Tableau 2-10	Nombre moyen de smolts produits par nid de fraie pour les cohortes d'œufs de 2010 à 2015	34
Tableau 2-11	Nombre total de smolts en dévalaison et âge à la smoltification selon les cohortes d'œufs de 2010 à 2013 et leur provenance.	36
Tableau 2-12	Caractéristiques biologiques des smolts du cours principal de la Romaine et de la Puyjalon en 2017	37
Tableau 2-13	Rapport des sexes des smolts capturés au PK 5 de la Romaine en 2017	39
Tableau 2-14	Croissance interannuelle des smolts des rivières Romaine et Puyjalon1	40

Liste des tableaux (suite)

Tableau 2-15	Nombre de poissons par espèce autre que les saumons capturés dans la Romaine en 2017	42
Tableau 2-16	Nombre de poissons par espèce autre que les saumons capturés dans la Puyjalon en 2017	42
Tableau 4-1	Conditions et nombre d'échantillons lors des travaux de carottage cryogénique aux frayères des PK 49 et PK 51	54
Tableau 4-2	Sommaire des extractions au carottier cryogénique par frayère	54
Tableau 4-3	Classification granulométrique (modifiée d'après Wentworth, 1922).....	58
Tableau 4-4	Résultats de l'inventaire de juvéniles réalisé du 18 au 20 octobre 2017 dans les habitats d'élevage aménagés des PK 49 et PK 51	59
Tableau 4-5	Résultats de l'inventaire de juvéniles réalisé entre 2015 et 2017 dans les habitats d'élevage aménagés des PK 49 et PK 51	63
Tableau 4-6	Évolution de la superficie (m ²) recouverte de sable entre 2016 et 2017 sur la frayère du PK 49 et du PK 51	69
Tableau 4-7	Évolution de la superficie (m ²) recouverte de sable entre 2016 et 2017 sur l'habitat d'élevage du PK 49 et du PK 51.....	70
Tableau 4-8	Analyse visuelle de la proportion en sable à différentes profondeurs dans le substrat de la frayère aménagée du PK 49 et PK 51 de la rivière Romaine.....	73
Tableau 4-9	Valeurs du D10, D50 et D90 des échantillons prélevés à la frayère du PK 49 et du PK 51 de la rivière Romaine (toutes strates confondues) et classes granulométriques associées selon l'échelle de Wentworth (1922)	73
Tableau 4-10	Proportion des sédiments fins (%)< 2 mm des échantillons prélevés sur la frayère du PK 49 et du PK 51 de la rivière Romaine (toutes strates confondues)	74
Tableau 5-1	Température de l'eau et principales observations sur les frayères du cours principal de la Romaine pendant le déroulement de la fraie	81

Liste des tableaux (suite)

Tableau 5-2	Moment du décompte des nids, température de l'eau et état d'avancement de la fraie, entre 2010 et 2017	82
Tableau 5-3	Nombre de nids de fraie et température de l'eau sur les frayères à saumon du bassin versant de la Romaine en 2017	83
Tableau 5-4	Nids de fraie du saumon dénombrés dans les portions accessibles du bassin versant de la Romaine entre 2003 et 2017	87
Tableau 5-5	Nids de saumon dénombrés dans les frayères du cours principal de la Romaine entre 2001 et 2017.....	90
Tableau 5-6	Pourcentage de nids contenant des œufs lors des dénombrements des nids de fraie.....	92
Tableau 6-1	Résultat de l'inventaire des poissons échoués ou piégés le long du cours principal de la Romaine en 2017	98
Tableau 7-1	Mortalité post-fécondation (24 heures après la fraie) des œufs implantés dans les frayères de la Romaine le 18 novembre 2016	109
Tableau 7-2	Nombre d'embryons vivants implantés dans les frayères de la Romaine en 2016.....	110
Tableau 7-3	Profondeur d'eau et vitesse mesurées le 30 novembre 2016 au-dessus des îlots de la frayère du PK 46,2.....	110
Tableau 7-4	Taux de survie à l'éclosion des embryons de saumon implantés dans quatre frayères naturelles (PK 34,5 et PK 46,2) et aménagées (PK 49 et PK 51) de la Romaine	113
Tableau 7-5	Stade de développement et état des œufs implantés dans les frayères de la Romaine lors de leur récupération au printemps 2017	113
Tableau 7-6	Taux de survie des embryons par lignée parentale dans les frayères de la Romaine au printemps 2017	115
Tableau 7-7	Taux de survie des embryons encapsulés de saumon implantés dans les frayères de la Romaine et conservés en pisciculture (témoin).....	115

Liste des cartes

Carte 1-1	Situation du projet	2
Carte 1-2	Zone d'étude des activités de suivi du saumon en 2017 dans la Romaine.....	9
Carte 2-1	Site de capture des smolts dans la Romaine en 2017.....	14
Carte 2-2	Site de capture des smolts dans la Puyjalon en 2017	15
Carte 3-1	Localisation des antennes télémétriques dans l'habitat d'élevage aménagé du PK 49	45
Carte 3-2	Localisation des sites de captures de juvéniles utilisés pour la télédétection en 2017 sur la rivière Romaine.....	46
Carte 4-1	Emplacement des stations de caractérisation du substrat de surface pour la frayère et l'habitat d'élevage aménagés du PK 49.....	51
Carte 4-2	Emplacement des stations de caractérisation du substrat de surface pour la frayère et l'habitat d'élevage aménagés du PK 51.....	52
Carte 4-3	Localisation des carottages réalisés en juillet et en août 2017 sur la frayère du PK 49 et du PK 51 de la rivière Romaine	55
Carte 4-4	Inventaire des saumons juvéniles dans les habitats aménagés du PK 49	60
Carte 4-5	Inventaire des saumons juvéniles dans les habitats aménagés du PK 51	61
Carte 4-6	Évolution du recouvrement en sable sur les habitats aménagés du PK 49 en 2016 et 2017	65
Carte 4-7	Évolution du recouvrement en sable sur les habitats aménagés du PK 51 en 2016 et 2017	67
Carte 5-1	Répartition des nids de saumon dans le bassin versant de la rivière Romaine.....	85
Carte 6-1	Sites de suivi de l'échouage des saumons juvéniles en 2017	95

Liste des cartes (suite)

Carte 7-1	Répartition des supports à capsules d'embryons au PK 34,5 de la Romaine	103
Carte 7-2	Répartition des supports à capsules d'embryons au PK 46,2 de la Romaine	104
Carte 7-3	Répartition des supports à capsules d'embryons au PK 49 de la Romaine	105
Carte 7-4	Répartition des supports à capsules d'embryons au PK 51 de la Romaine	106

Liste des figures

Figure 1-1	Températures et débits près de l'embouchure de la Romaine en 2017	4
Figure 2-1	Trappe chalut utilisée pour la capture de smolts en 2017.....	16
Figure 2-2	Période de dévalaison des smolts au PK 5 de la Romaine entre 2013 et 2017	23
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 2017	24
Figure 2-4	Période de dévalaison des smolts au PK 5 de la Romaine et dans la rivière Puyjalon en 2017.....	27
Figure 4-1	Carottier cryogénique utilisé pour le prélèvement de carottes de sédiments dans le substrat des frayères.....	54
Figure 4-2	Photographies des carottes extraites de la frayère aménagée de la rivière Romaine aux stations du PK 49: a) F01; b) F02; c) F03; d) F04 et aux stations du PK 51 e) F01; f) F02; g) F04 et h) F05.....	74
Figure 5-1	Températures et débits (PK 46) moyens journaliers de la Romaine en octobre et en novembre 2017	80
Figure 5-2	Répartition des nids de saumon entre 2010 et 2017 à l'échelle du bassin versant de la Romaine et du cours principal de la Romaine	89
Figure 6-1	Laminage du débit sur le cours inférieur de la rivière Romaine après un passage de deux à un groupe turbine-alternateur à la centrale de la Romaine-1 en octobre 2017.....	94
Figure 6-2	Évolution du débit de la Romaine au PK 16 et au PK 46 lors des quatre journées de suivi de l'échouage en 2017	97
Figure 7-1	Plan expérimental pour l'étude de la survie des embryons.....	102
Figure 7-2	Températures et débits (PK 46) moyens journaliers de la Romaine, de novembre 2016 à juin 2017, et développement médian des embryons pendant leur incubation.....	111

Liste des annexes

Annexe 1	Débits moyens journaliers et températures moyennes journalières de l'eau de la Romaine au PK 46 de 2010 à 2017 et débits horaires en 2017
Annexe 2	Conditions d'autorisation du MDDELCC (n° 530-2009) et du MPO (n° 2015-006)
Annexe 3	Étude génétique des smolts de la Romaine en 2017 (Perreault-Payette et coll., 2017)
Annexe 4	Répertoire photographique
Annexe 5	Données brutes de captures dans la Romaine et dans la Puyjalon en 2017
Annexe 6	Données brutes des smolts capturés en 2017
Annexe 7	Évolution des captures de smolts (% relatif cumulé) dans les rivières Romaine et Puyjalon en 2017
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 deux tacons ayant fait l'objet de mesures et prélèvements lors de la dévalaison des smolts en 2017
Annexe 12	Données brutes des saumons juvéniles capturés dans la rivière Romaine
Annexe 13	Sites d'ensemencement d'alevins de 2015 à 2017 par la SSRR
Annexe 14	Résultats détaillés de la caractérisation visuelle du substrat dans les habitats aménagés de la Romaine
Annexe 15	Résultats détaillés du décompte de nids dans les frayères du cours principal de la Romaine et dans la Puyjalon et ses tributaires
Annexe 16	Répartition des nids de saumon inventoriés sur le cours principal de la Romaine en 2017

Liste des annexes (suite)

- Annexe 17 Sites de suivi de l'échouage des saumons juvéniles en 2017 et superficies inventoriées
- Annexe 18 Résultats détaillés de l'inventaire des poissons échoués le long du cours principal de la Romaine en 2017
- Annexe 19 Évaluation de la survie des embryons de saumon – Protocole de fraie 2016
- Annexe 20 Mortalité postfécondation et taux de survie des embryons implantés dans les frayères de la Romaine
- Annexe 21 Calcul du développement embryonnaire théorique en fonction de l'évolution de la température moyenne journalière de l'eau de la Romaine au PK 46
- Annexe 22 Taux de survie à l'éclosion des embryons de saumon implantés dans quatre frayères naturelles (PK 34,5 et PK 46,2) et aménagées (PK 49 et PK 51) de la Romaine et conservés en station d'incubation (témoin), hiver 2016-2017

1. Introduction

1.1 Description sommaire du projet

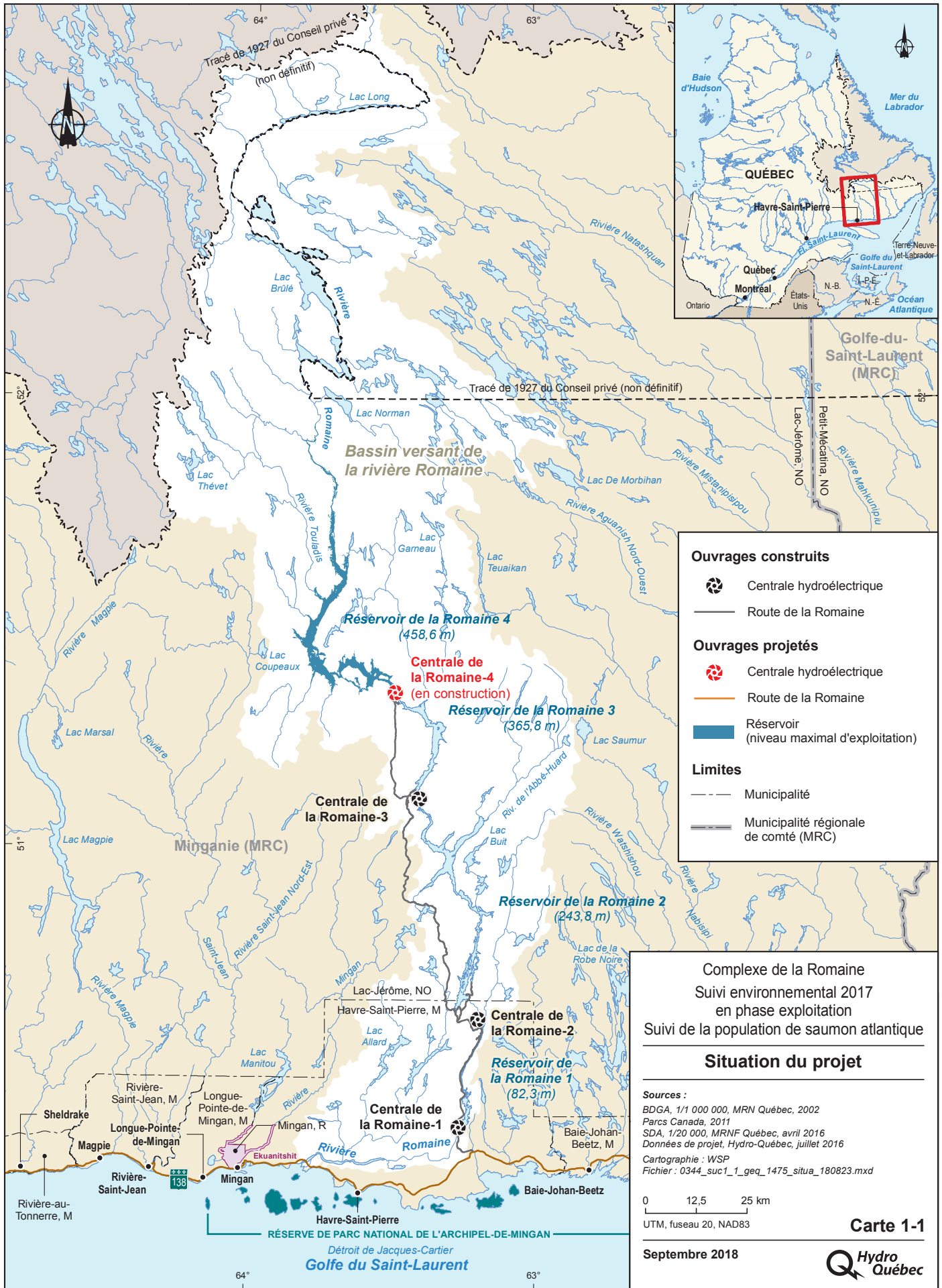
En mai 2009, les gouvernements fédéral et provincial autorisaient le projet de construction du Complexe de la Romaine. Hydro-Québec a dès lors amorcé la construction d'un complexe hydroélectrique de 1 550 MW sur la rivière Romaine, au nord de la municipalité de Havre-Saint-Pierre, sur la Côte-Nord. Chacun 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. La mise en eau du réservoir de la Romaine 4 est prévue débuter au printemps 2020 et la mise en service de la centrale de la Romaine-4 est prévue 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 exploite le tronçon 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 du complexe de la Romaine 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 minimal 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).



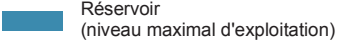
L'étiage le plus prononcé survenait en hiver, alors que le débit minimal variait généralement de 58 à 84 m³/s (25^e et 75^e centile des débits moyens journaliers en février et mars, série de 1958 à 2004; Hydro-Québec, 2007). Ce régime est maintenant remplacé par un régime d'exploitation où le module 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.



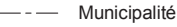

Ouvrages construits

-  Centrale hydroélectrique
-  Route de la Romaine

Ouvrages projetés

-  Centrale hydroélectrique
-  Route de la Romaine
-  Réservoir (niveau maximal d'exploitation)

Limites

-  Municipalité
-  Municipalité régionale de comté (MRC)

Complexe de la Romaine
 Suivi environnemental 2017
 en phase exploitation
 Suivi de la population de saumon atlantique

Situation du projet

Sources :
 BDGA, 1/1 000 000, MRN Québec, 2002
 Parcs Canada, 2011
 SDA, 1/20 000, MRNF Québec, avril 2016
 Données de projet, Hydro-Québec, juillet 2016
 Cartographie : WSP
 Fichier : 0344_suc1_1_geq_1475_situa_180823.mxd

0 12,5 25 km
 UTM, fuseau 20, NAD83

Carte 1-1

Septembre 2018



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 montrent les débits journaliers et les températures journalières de la Romaine au PK 46 (station ROMA0944) entre 2010 et 2017. 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).

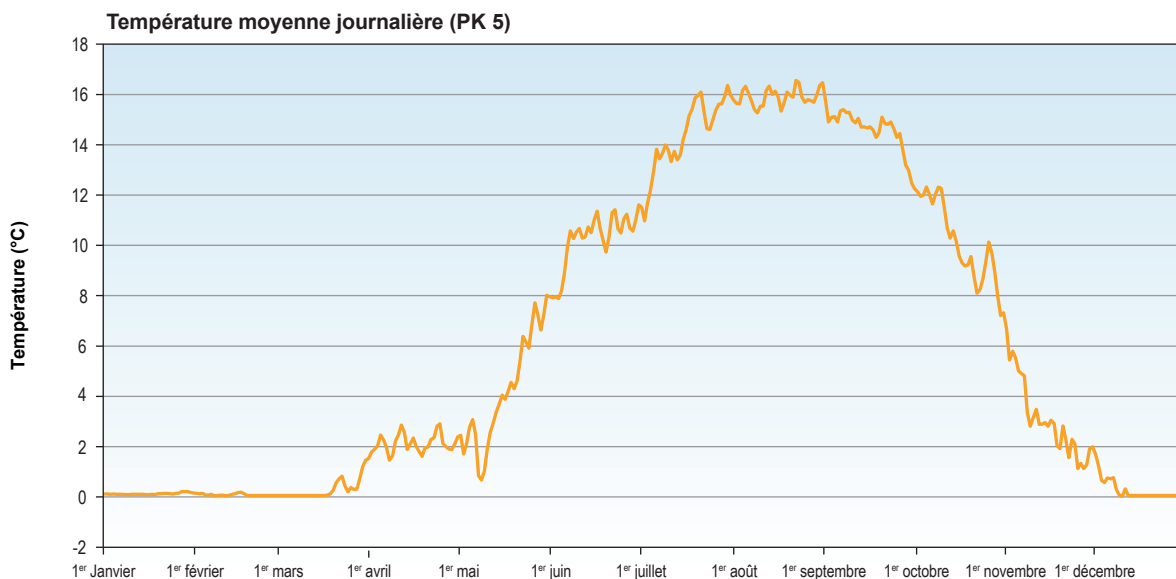
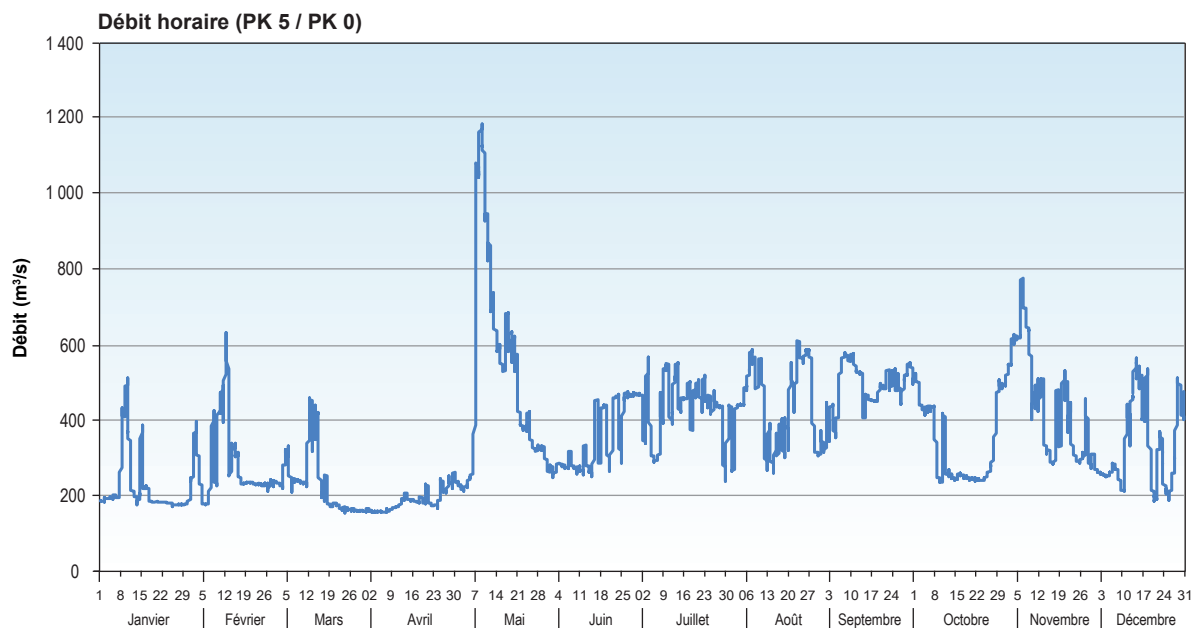
La construction de l'aménagement de la Romaine-2 a été complétée en 2014 et le remplissage du réservoir, d'une superficie de 85,8 km², s'est échelonné du 10 mai au 7 novembre 2014. La centrale a ensuite été mise en service le 21 novembre 2014. Le remplissage du réservoir de la Romaine 1, d'une superficie 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 2017 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 2017.

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 (le débit normal d'exploitation en hiver atteint rarement 140 m³/s). 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 2017**



Le présent document porte sur les activités réalisées en 2017 dans le contexte du programme de suivi du saumon. Il s'agit de l'évaluation du nombre de smolts¹ en dévalaison (5^e année consécutive de suivi depuis 2013), du suivi de l'entraînement des saumons juvéniles (2^e année de suivi après 2016), de l'inventaire des juvéniles sur les habitats aménagés (3^e année de suivi après 2015 et 2016), de l'évaluation de l'intégrité des habitats aménagés (partie évaluation visuelle du substrat de surface, 2^e année de suivi après 2016), du déroulement de la fraie (3^e consécutive depuis 2015) et du dénombrement des nids de saumons (8^e année consécutive depuis 2010), du suivi de l'échouage des saumons juvéniles (2^e année de suivi après 2016), ainsi que de l'estimation du taux de survie des embryons implantés dans les frayères de la Romaine à l'automne 2016 (3^e année de suivi après 2010-2011 et 2012-2013). Le suivi de la qualité granulométrique des frayères a également été réalisé en 2017, 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 (2003-2016)

Conditions à l'état de référence

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, 2011a, 2012a, 2013; WSP, 2014, 2015). Ces études ont permis, entre autres, d'estimer l'abondance de la population de saumon adulte 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.

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.

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

Les résultats indiquent une abondance assez faible avec des montaisons s'établissant respectivement à 330 en 2001, 151 en 2010 et 266 en 2013. La pêche sportive a été fermée en 2011 à la suite des faibles résultats de montaison obtenus en 2010. Les estimations de 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 y retrouvait quatre frayères naturelles, soit aux PK 34,5, 46,2, 48,9 et 51,4, mais cette dernière frayère, rarement utilisée par le saumon, n'est plus utilisable depuis 2014. Les deux principales frayères de la Romaine localisées aux PK 34,5 et 46,2 ont été systématiquement utilisées par le saumon à chacune des années d'inventaires. 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

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

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 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. Toutefois, la variabilité des débits demeure plus élevée d'ici à ce que la présence du réservoir de la Romaine 4 permette d'accumuler les apports naturels de l'amont du bassin versant, facilitant ainsi le laminage des débits.

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 ayant été comptés au PK 7,5. De ceux-ci, 35 % étaient des madeleineaux et 65 % des rédibermarins, ce qui est similaire aux évaluations de 2010 et 2013.

La fraie du saumon dans le cours principal de la Romaine s'est déroulée à une période similaire qu'en 2010 malgré des températures de l'eau plus élevées en 2015 et en 2016. Ce constat semble indiquer que la photopériode a eu 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 et 2016 affichent les plus hauts totaux depuis le début du suivi annuel en 2010 avec respectivement 151 et 273 nids (WSP, 2016a, WSP, 2017a). Cette augmentation traduit principalement la hausse considérable de nids recensés dans le cours principal de la Romaine avec 138 nids en 2015 et 205 en 2016, incluant une proportion considérable dans les frayères aménagées, en particulier celle du PK 49 (47 et 86 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 les années précédentes. La population de smolts en dévalaison dans la Romaine a respectivement été évaluée à 12 277 et à 15 443 individus, ce qui est plus faible qu'au cours des deux années précédentes. Il est à souligner que les travaux réalisés en 2015 et 2016 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.

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 qui sont 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 autant en 2015 qu'en 2016. Les aménagements sont généralement stables, 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, 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.

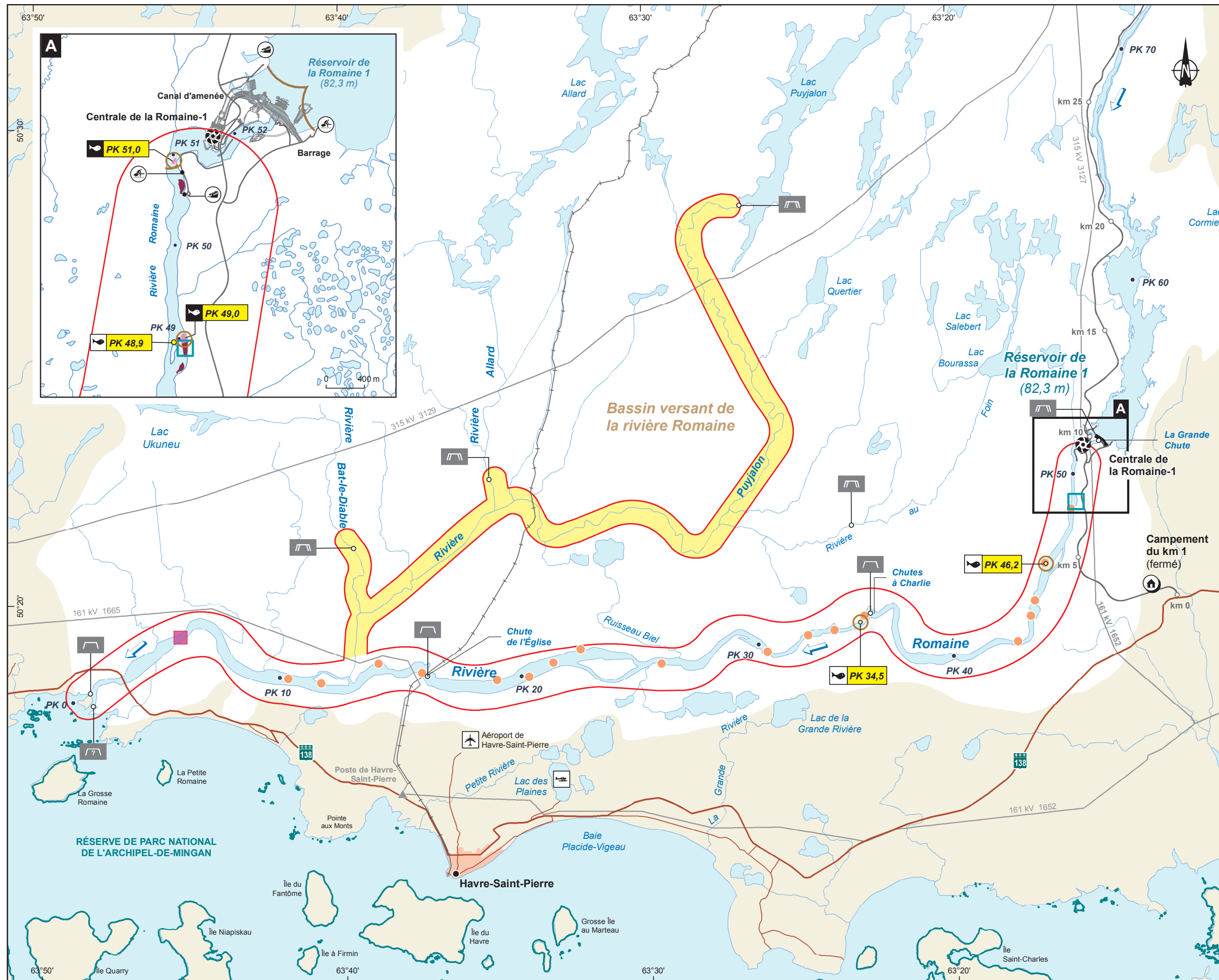
1.4 Objectifs et zone d'étude

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 2017 :

- évaluer le nombre de smolts en dévalaison dans la Romaine 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 2013;

- participer à l'étude de l'entraînement des saumons juvéniles menée par l'INRS;
- documenter l'intégrité et l'utilisation des aménagements 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 de 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);
- vérifier la franchissabilité des chutes à Charlie par la proportion du nombre de nids de fraie de la Romaine en amont de cet obstacle;
- documenter l'échouage des saumons juvéniles;
- estimer le taux de survie des embryons et la période d'éclosion.

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 ou les sites d'étude de chacune des activités réalisées en 2017 sont présentés sur la carte 1-2.



- Zone d'étude
- Estacade
- Activités de suivi réalisées en 2017**
- Dévalaison des smolts
- Entraînement des saumons juvéniles
- Inventaire des saumons juvéniles dans les habitats d'élevage aménagés
- Échouage des saumons juvéniles
- Survie des embryons
- Intégrité des aménagements des PK 49 et 51 (recouvrement du substrat)*
- Frayère
- Habitat d'élevage
- Décompte de nids*
- 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 2017 en phase exploitation
Suivi de la population de saumon atlantique

Zone d'étude des activités de suivi du saumon en 2017 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_1476_sp_180910.mxd

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

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

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

Les résultats des précédentes études de la dévalaison des smolts dans la Romaine (2013 à 2016) indiquent qu'il est possible de réaliser une estimation de leur abondance en utilisant des trappes chaluts (section 2.1.2) pour leur capture et en appliquant une méthode de capture-marquage-recapture (CMR). Cette méthode est utilisée à nouveau en 2017 pour estimer l'abondance des smolts en dévalaison (voir section 2.1.4 pour plus de détails). Une deuxième évaluation d'abondance a également été réalisée en 2017 pour estimer le nombre de smolts provenant de la sous-population de la Puyjalon, à l'aide d'autres trappes chaluts installées en amont du premier rapide de ce tributaire.

Depuis le suivi de 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. Cette technique a permis de confirmer l'existence de deux sous-populations de smolts génétiquement différenciées, à partir d'échantillons dont la provenance (Puyjalon ou Romaine) était certaine (Albert et Bernatchez, 2006; annexe 5 dans WSP, 2014). La méthodologie détaillée de l'étude génétique réalisée sur les smolts capturés dans la Romaine en 2017 est présentée à l'annexe 3 (Perreault-Payette et coll., 2017). Soulignons également que pour la première fois en 2017, une partie des smolts en dévalaison était issue de la fraie artificielle et des ensemencements réalisés par la Société Saumon de la Rivière Romaine (SSRR). Ces smolts ont également été identifiés dans le cadre de l'étude jointe à l'annexe 3, à l'aide de la signature génétique connue des adultes dont ils sont issus.

Comparativement aux années précédentes, la proportion de smolts capturés ayant fait l'objet de prises de données a été plus élevée en 2017. C'est ainsi que plus de la moitié des smolts capturés ont été mesurés (longueur) et ont eu des écailles de prélevées, comparativement à un peu plus de 25 %. Au total, les nageoires adipeuses (et parfois un bout de nageoire caudale) de 246² smolts capturés au PK 5 de la Romaine ont été envoyées au laboratoire de M. Louis Bernatchez de l'Université Laval.

2 Total en excluant une recapture, deux tacons précoces et un smolt capturé en amont de la confluence avec la Puyjalon.

Des smolts ont également été conservés pour les besoins suivants :

- Suivi des teneurs en mercure dans la chair des poissons : 14 smolts morts capturés dans la Romaine.
- Étude sur les microbiotes du saumon par l'Université Laval et appuyée par Hydro-Québec : 9 smolts capturés dans la Romaine et 30 dans la Puyjalon.
- Engraissement de saumons juvéniles par la SSRR en vue de produire des géniteurs dans le contexte des activités de restauration de la population : 6 smolts capturés dans la Romaine et 39 dans la Puyjalon.

2.1.2 Capture des smolts

Dans le cours principal de la Romaine, cinq trappes chaluts, spécialement conçues pour opérer efficacement sous des vitesses de courant élevées, ont été installées dans le secteur du PK 5 avant la mi-juin 2017, soit en aval des zones de production salmonicole du cours principal de la Romaine et de l'affluent Puyjalon (carte 1-2). Les trois premières trappes (1 A, 4A et 5A) étaient opérationnelles dès le 8 juin (premières levées), puis le 10 et le 12 juin respectivement pour les trappes 3A et 2A (carte 2-1). Quelques essais de calage des trappes pour tenter d'échantillonner plus en profondeur ont été tentés. Ainsi, les câbles reliant la trappe 3A aux bouées ont été allongés pendant quelques jours, permettant un abaissement de la trappe d'environ 2 m sous la surface de l'eau (comparativement à environ 40 cm avant l'allongement). Aucun smolt n'a toutefois été capturé pendant cet essai et la trappe a ensuite été repositionnée plus en surface. Les trappes ont été retirées les 19 et 20 juillet, soit plus tardivement qu'au cours des années précédentes, de façon à tenir compte du décalage de quelques jours dans la période de dévalaison des smolts sur le cours principal de la Romaine.

Dans la Puyjalon, une première trappe était opérationnelle dès le 7 juin (trappe 10A) dans le secteur du PK 2. Une seconde trappe (trappe 11A) a ensuite été ajoutée deux semaines plus tard dans un secteur plus lotique de la rivière, près du PK 1 (carte 2-2, annexe 4, photo 1). Cette trappe qui était opérationnelle le 22 juin a été déplacée le 26 juin (trappe 11A). En raison du succès élevé de capture de cette seconde trappe, la trappe 10A a été enlevée le 23 juin. Après une réduction marquée du nombre de smolts capturés au début juillet suggérant que la dévalaison sur la rivière Puyjalon tirait à sa fin, la trappe 11A a été retirée le 10 juillet.

L'ouverture des trappes fait environ 1,8 x 2,4 m. Longues de 9,1 m, elles sont munies de deux cônes antiretours de 25 cm de diamètre (figure 2-1). Les mailles des trappes varient de 3,2 cm à 1,3 cm, de l'ouverture vers la chambre de récupération des captures. Chacune des trappes possède des ailes de 7,6 m de longueur (25 pieds) qui peuvent être raccordées à des ailes de 9 m (30 pieds) ou 18 m (60 pieds) pour couvrir une plus large section de rivière. En 2017, toutes les trappes étaient raccordées à des ailes de 18 m, sauf la trappe 1A raccordée à des ailes de 9 m. Toutes les trappes étaient fixées au lit de la rivière au moyen d'ancres.

Les trappes ont été relevées quotidiennement pendant toute la durée de l'échantillonnage (annexe 4, photo 2) pour la récupération des smolts et pour le nettoyage de celles-ci. Comme au cours des deux années précédentes, des algues filamenteuses en dérive dans la colonne d'eau dans le cours principal de la Romaine s'accumulaient sur les ailes et sur les trappes, augmentant la résistance à l'écoulement offerte par celles-ci (annexe 4, photo 3).

Pour minimiser cette problématique, qui peut entraîner un dysfonctionnement des trappes, il a donc été initialement prévu de procéder à deux levées quotidiennes des trappes installées dans la Romaine. De plus, une pompe mise au point en 2016 a de nouveau été utilisée afin d'améliorer l'efficacité du nettoyage des trappes (annexe 4, photo 4). En 2017, les algues se sont toutefois avérées moins abondantes qu'en 2016. Ainsi, en raison du grand nombre de captures sur la Puyjalon et du risque que cela entraîne un taux de mortalité élevé chez les smolts, ce sont plutôt les trappes de la rivière Puyjalon qui ont fait l'objet de deux levées quotidiennes pour quelques jours à partir du 27 juin.

Les smolts capturés dans chacune des trappes étaient transférés dans une glacière remplie d'eau fraîche (annexe 4, photo 6). Au moment de la levée des trappes, les autres espèces de poissons étaient dénombrées et relâchées sur place. Une fois les smolts récupérés dans la trappe de la Puyjalon, l'embarcation était accostée dans un endroit calme pour réaliser les manipulations. Dans le cas de la rivière Romaine, les captures étaient transportées au laboratoire de terrain en rive (PK 5). Toutes les manipulations de smolts ont été effectuées en portant des gants de latex.

2.1.3 Marquage 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 Romaine, le marquage était réalisé au moyen de l'ablation partielle de la nageoire adipeuse. Afin de pouvoir distinguer les smolts marqués dans la Puyjalon qui seraient éventuellement recapturés dans la Romaine, ceux-ci faisaient l'objet d'une marque différente, soit l'ablation de l'extrémité supérieure de la nageoire caudale.

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. Le fait de réaliser le marquage à même l'embarcation, lorsque possible, permet de réduire le nombre de manipulations, ce qui minimise le stress potentiel chez les smolts.

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. Sur la rivière Puyjalon, les smolts étaient relâchés moins loin, car la trappe couvrait une proportion plus grande de la largeur de la rivière (>50 % pour la 10A et environ 30 % pour la 11A). Cette distance est d'environ 1 km en amont pour la trappe 10A et 300 m pour la trappe 11A, les smolts étant relâchés dans les contre-courants en aval de la chute située à l'extrémité amont du bassin pour cette dernière. Les smolts déjà marqués, incluant les smolts marqués dans la Puyjalon et capturés dans la Romaine, étaient relâchés en aval des trappes.

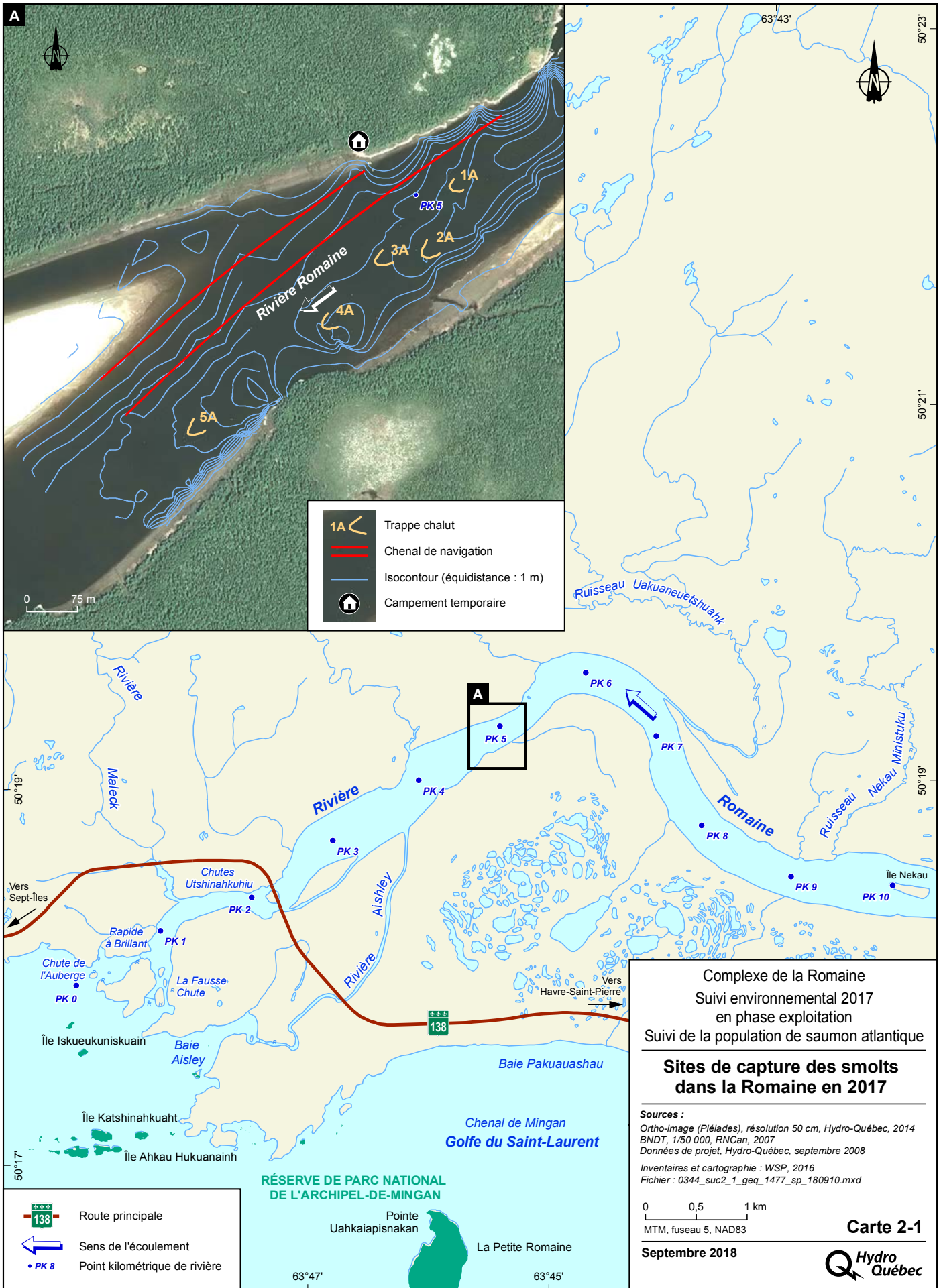
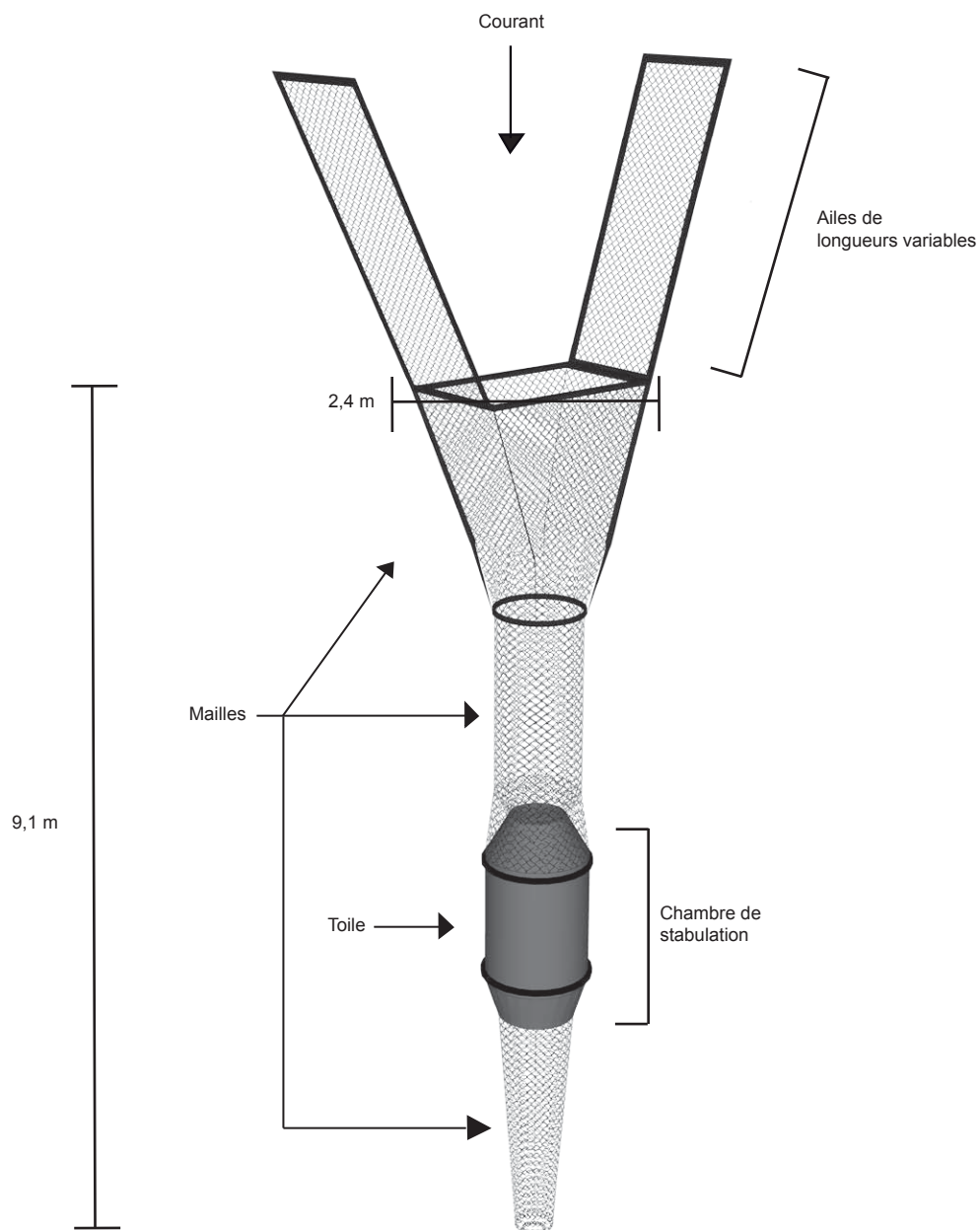




Figure 2-1 Trappe chalut utilisée pour la capture de smolts au PK 5 de la Romaine en 2017



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

0344_suf2_1_geq_1502_sp_180126.ai

2.1.4 Estimation d'abondance des smolts

L'abondance des smolts en dévalaison a été évaluée par la méthode de capture-marquage-recapture (CMR), à l'aide de l'estimateur de Petersen modifié par Chapman selon l'équation suivante :

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

où :

- N est le nombre de smolts estimé dans la population;
- M est le nombre de smolts marqués;
- C est le nombre de captures;
- R est le nombre de recaptures.

Habituellement, l'application de cette méthode nécessite la mise en place d'au moins deux engins de capture en aval des zones de production salmonicole. Le premier vise à capturer un certain nombre de smolts qui sont marqués, puis relâchés. Le second engin, en aval du premier, vise à échantillonner de nouveau la population en dévalaison pour déterminer la proportion d'individus marqués. Connaissant le nombre total d'individus capturés, le nombre d'individus marqués et le nombre de spécimens recapturés, il est possible d'estimer la population en dévalaison au moyen de l'estimateur de Petersen modifié. 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 Lincoln-Petersen (modifié par Chapman) demeure valide même lorsqu'il se produit une mortalité en cours d'expérience, en autant 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. Comme en 2016, 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. De plus, les smolts sacrifiés pour les besoins d'une étude sur les microbiotes du saumon (conformément au permis obtenu du MFFP) ont été sélectionnés parmi ceux visés par des manipulations additionnelles. La proportion de smolts manipulés en 2017 a cependant été plus élevée que lors des années précédentes.

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, 2016a, 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 captures que de recaptures 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 filamenteuse 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, seuls les smolts sélectionnés pour les analyses génétiques ont fait l'objet de mesures et de prélèvements dans la Romaine. Environ 75 % des smolts marqués dans la Romaine ont ainsi fait l'objet de mesures et de prélèvements (en plus des smolts morts ou sacrifiés). Une proportion un peu inférieure des smolts capturés dans la Puyjalon a aussi fait l'objet de mesures et de prélèvements d'écaillés, soit environ 50 %.

Pour les analyses génétiques, une portion de la nageoire adipeuse ou dans quelques cas de la nageoire caudale (différente de celle du marquage sur la Puyjalon, c.-à-d. inférieure vs supérieure) était conservée dans de l'éthanol pur à 95 % (non dénaturé). Chacun de ces smolts a été mesuré (longueur totale et à la fourche dans certains cas) et des écailles ont été prélevées pour déterminer ultérieurement leur âge.

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 et de faire l'objet d'un prélèvement d'écailles 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 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

Les échantillons de nageoires adipeuses (et quelques nageoires caudales) ont été acheminés au laboratoire du Dr Louis Bernatchez de l'Université Laval pour réaliser des analyses génétiques (annexe 3). Pour la première fois en 2017, les analyses génétiques permettaient de départager les smolts issus de la reproduction naturelle de ceux issus des premiersensemencements effectués en 2015 (smolts âgés de 2 ans en 2017). Ces premiers alevins ensemencés sont issus de la fraie artificielle de l'automne 2014 réalisés avec des adultes capturés dans la Puyjalon et la Romaine, mais dans certains cas des croisements ont été faits et ils ont produit des hybrides (Louis Bernatchez, IBIS, comm. pers. 2017). Comme lors des années précédentes, les analyses génétiques visaient aussi à départager l'affiliation populationnelle des smolts (cours principal de la Romaine vs Puyjalon). Toutefois, les ensemencements de 2015 ont tous été faits dans le cours principal de la Romaine bien qu'ils incluaient à la fois des alevins affiliés à la Romaine et à la Puyjalon. Dans ce contexte, trois groupes différents de smolts ont été suivis en 2017, soit les smolts issus de la reproduction naturelle comme lors des années précédentes, affiliés génétiquement à la Puyjalon ou à la Romaine, puis un troisième groupe comprenant les smolts issus des ensemencements réalisés en 2015 dans la Romaine.

Au total, 246 smolts capturés au PK 5 de la Romaine ont été analysés. Pour obtenir un portrait fiable de la proportion de smolts issue des trois groupes décrits précédemment (Reproduction naturelle – Sous-population de la Puyjalon, Reproduction naturelle – Sous-population de la Romaine, Ensemencements dans la Romaine), les échantillons de nageoires ont été répartis dans le temps de façon à ce qu'ils soient représentatifs de toute la période de dévalaison. Le choix des spécimens à analyser s'est donc fait de manière à les répartir équitablement selon l'abondance journalière des captures sur l'ensemble de la période de dévalaison. Ainsi, les 10 premiers smolts capturés lors d'une journée donnée faisaient systématiquement l'objet d'un prélèvement de leur nageoire adipeuse. Au-delà de 10 smolts capturés au cours d'une journée, le pas d'échantillonnage était graduellement diminué (1/2, 1/3, 1/4). Soulignons que la recapture n'a pas été considérée pour estimer la répartition des smolts entre les deux cours d'eau puisque ceux-ci pourraient avoir été analysés deux fois.

Détermination de l'âge du poisson

Comme lors des suivis antérieurs, tous les smolts retenus pour les analyses génétiques ont également fait l'objet d'un prélèvement d'écailles pour la détermination de l'âge 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'écaille est photographiée 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 écailles utilisées pour déterminer l'âge des smolts a fait l'objet d'une interprétation par deux personnes qualifiées. En cas de disparité, une lecture par une troisième personne qualifiée est effectuée.

En 2017, les premiers spécimens ensemencés ont fait l'objet de cette détermination d'âge. Il appert qu'ils présentent deux patrons d'écailles. 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 ont permis d'écarter cette possibilité. En effet, il y aurait alors eu des smolts de 3 ans issus d'ensemencements, lesquels ont débuté en 2015. 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. L'annexe 4 (photos 7 à 12) illustre les divers types d'écailles observées en 2017. Un protocole de lecture a été élaboré afin de faciliter les lectures d'âge des prochaines années alors que les spécimens ensemencés pourraient également avoir 3 ans.

Rétrocalcul de la longueur à partir de l'écaille

Comme le rayon des écailles du saumon est directement proportionnel à la longueur du poisson, la technique des rétrocalculs permet d'estimer sa longueur à différents âges précédents 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 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'écaille 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 mm³ 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 (ANOVA suivi 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 trois 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 d'une nouvelle station (RPUY0680) installée en 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 dévalaison des smolts, la température de la Romaine est initialement demeurée stable, soit de l'ordre de 10 à 11 °C entre le 8 et le 29 juin, avant d'augmenter graduellement jusqu'à près de 16 °C le 20 juillet, c'est-à-dire à la fin de la période de dévalaison (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 atteints ont été de 19 ou 20 °C dans la première semaine de juillet (figure 2-2).

3 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.

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. 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, 2016a). 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 et en absence de tributaires d'importance pouvant influencer le régime thermique de la Romaine. Par exemple, au PK 46 (station ROMA0944), la température moyenne entre le 8 juin et le 20 juillet 2017 a été de 9,2 °C, soit 2,8 °C plus froide qu'au PK 5 (12,0 °C). Cet écart avait été de 2,6 °C en 2016 (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 8 juin et le 20 juillet 2017, la température moyenne de l'eau dans ce tributaire (station RPUY0680) était de 15,3 °C, soit 3,3 °C plus chaude qu'au PK 5 de la Romaine et 6,1 °C de plus qu'au PK 46.

Le débit journalier moyen près de l'embouchure de la Romaine a été relativement faible au début de la dévalaison des smolts, avec des débits inférieurs à 300 m³/s pendant la première semaine d'opération des trappes. À partir de la mi-juin, le débit a cependant augmenté et s'est généralement maintenu entre 400 et 550 m³/s jusqu'au 20 juillet. À trois reprises pendant cette période, le débit est toutefois brièvement descendu aux alentours de 300 m³/s en raison de l'arrêt d'un groupe T/A à la centrale de la Romaine-1 (figure 2-2).

2.2.2 Chronologie de la dévalaison

Au PK 5 de la Romaine, un smolt a été capturé dès la deuxième journée de capture, soit le 9 juin (figure 2-2, annexes 5 et 6). Le nombre de smolts capturés a ensuite augmenté rapidement dans les jours suivants. Le pic de la dévalaison dans la Romaine a eu lieu le 19 juin, alors que 60 smolts ont été capturés dans les trappes installées au PK 5 de la Romaine, soit 14,3 % de toutes les captures. Le nombre de smolts capturés quotidiennement a ensuite graduellement diminué, malgré des pics secondaires enregistrés les 23 et 28 juin (33 et 28 captures respectivement). Le nombre de captures quotidiennes est devenu presque nul à compter du 11 juillet, mais une légère hausse est survenue dans les derniers jours de l'échantillonnage, avec 2 à 3 captures par jour entre le 18 et le 20 juillet (figure 2-2). Malgré la présence de ces quelques smolts à la toute fin de la période d'échantillonnage, la répartition temporelle des captures pendant la durée d'opération des trappes indique que la dévalaison était alors à toute fin pratique terminée.

En considérant les smolts ayant fait l'objet d'analyses génétiques, il est possible de distinguer quotidiennement les smolts capturés issus de la reproduction naturelle dans les rivières Romaine ou Puyjalon, de même que ceux issus desensemencements d'alevins réalisés dans la Romaine en 2015. L'importance relative des smolts appartenant à ces trois groupes dans la chronologie de la dévalaison est montrée sur la figure 2-3. Contrairement à ce qui avait été observé au cours des deux dernières années, les smolts affiliés génétiquement à la sous-population de la Romaine (reproduction naturelle) ont débuté leur dévalaison plus tôt en 2017, soit sensiblement aux

Figure 2-2 Période de dévalaison des smolts entre 2013 et 2017

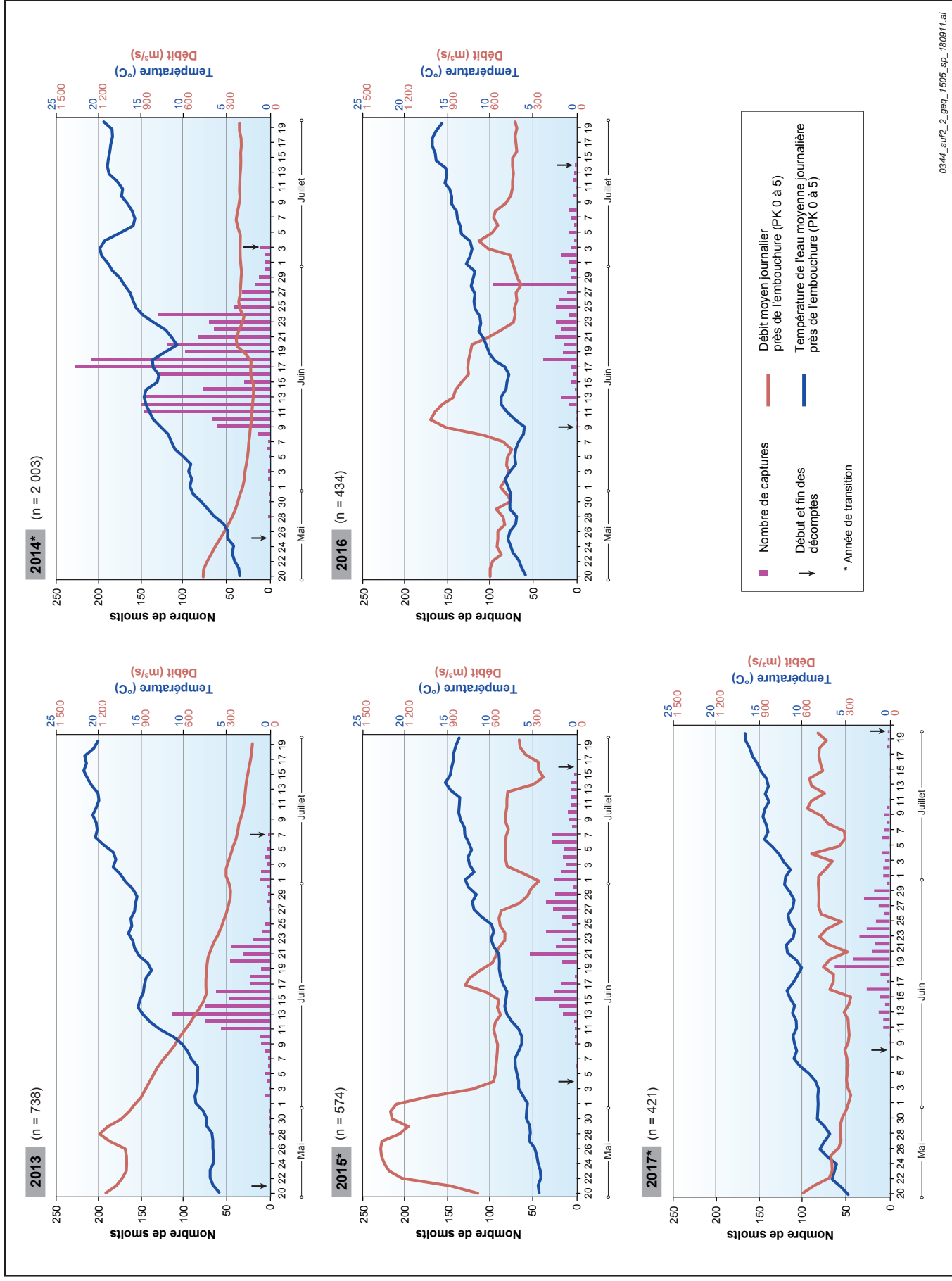
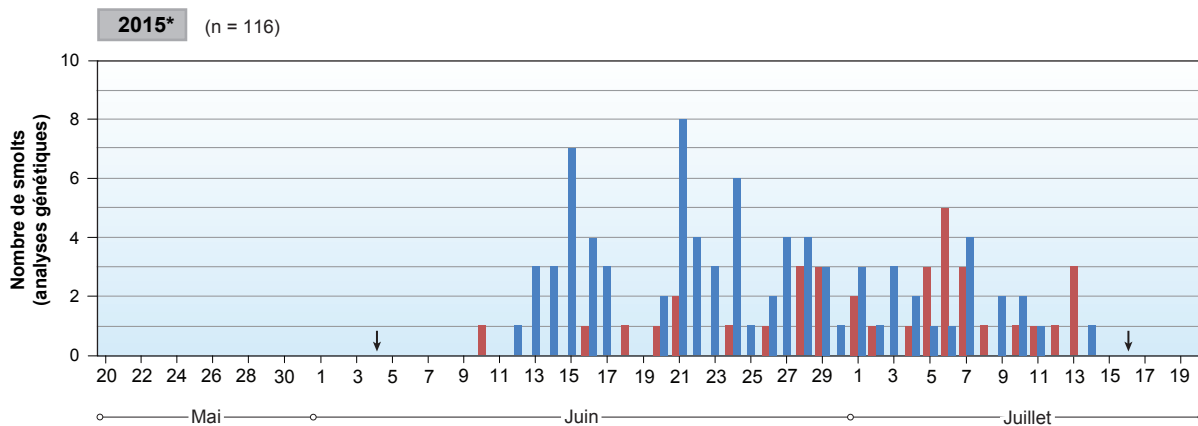
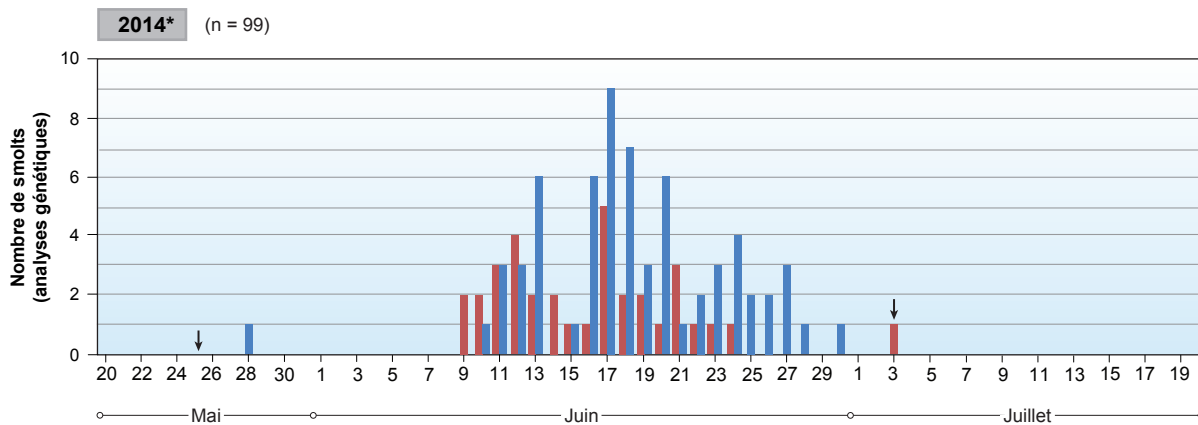
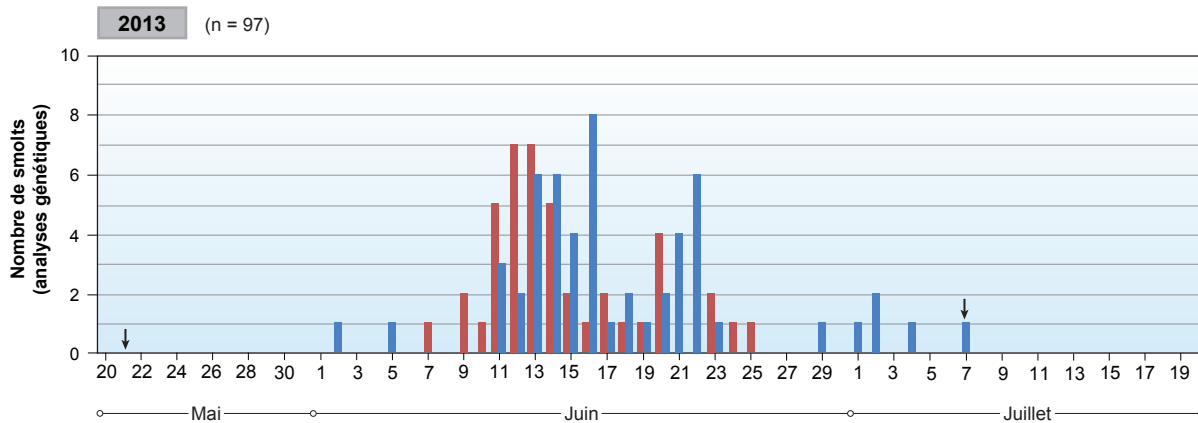
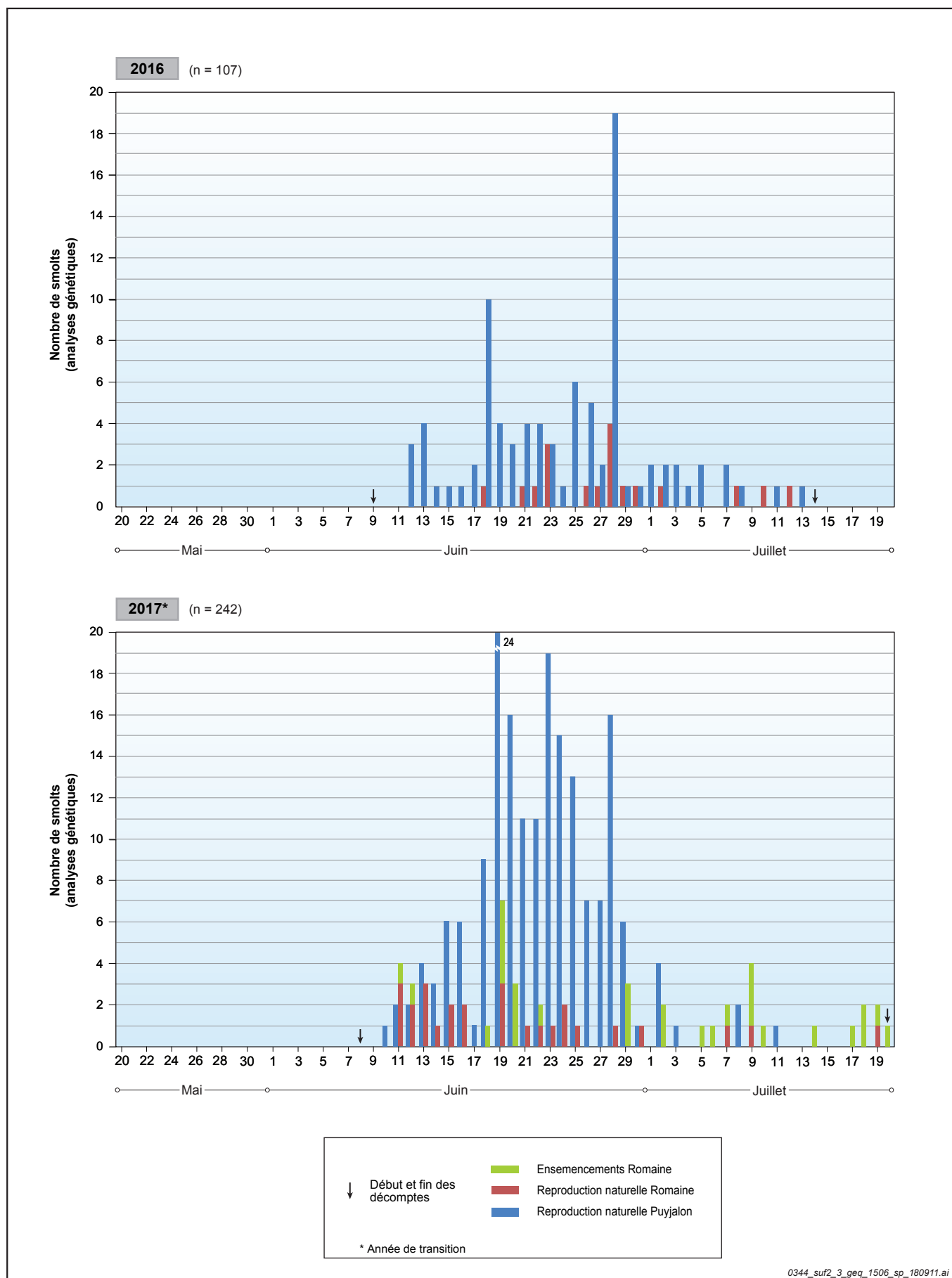


Figure 2-3a Contribution relative des smolts de la Puyjalon et de la Romaine dans les captures de smolts au PK 5 de la Romaine entre 2013 et 2017



↓ Début et fin des décomptes
 ↓ Reproduction naturelle Romaine
 ↓ Reproduction naturelle Puyjalon
 * Année de transition

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 2017



0344_suf2_3_geq_1506_sp_180911.ai

mêmes dates qu'avant que le régime thermique de la Romaine soit modifié par la présence de réservoirs dans la portion amont du bassin versant (figure 2-3 et tableau 2-1). Cette différence dans la chronologie de la dévalaison est vraisemblablement attribuable à la température de l'eau de la Romaine nettement plus élevée au printemps 2017 (10 °C atteint dès le 7 juin au PK 5) comparativement à 2015 et 2016 (10 °C atteint les 23 et 19 juin respectivement). Quant aux smolts ensemencés dans la Romaine, ceux-ci ont dévalé en moyenne plus tard, constituant d'ailleurs la majorité des smolts capturés en juillet parmi ceux ayant fait l'objet d'une analyse génétique, soit 57,7 % (15/26), et ils montrent le même étalement que ceux issus de la reproduction naturelle de la Romaine.

Tableau 2-1 Dates auxquelles 50 %, 75 % et 90 % de la population de smolts en dévalaison ont été atteintes 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

1 Température moyenne quotidienne de l'eau de la rivière Romaine au PK 5 (2013, 2014, 2016, 2017) ou au PK 3,8 (2015).

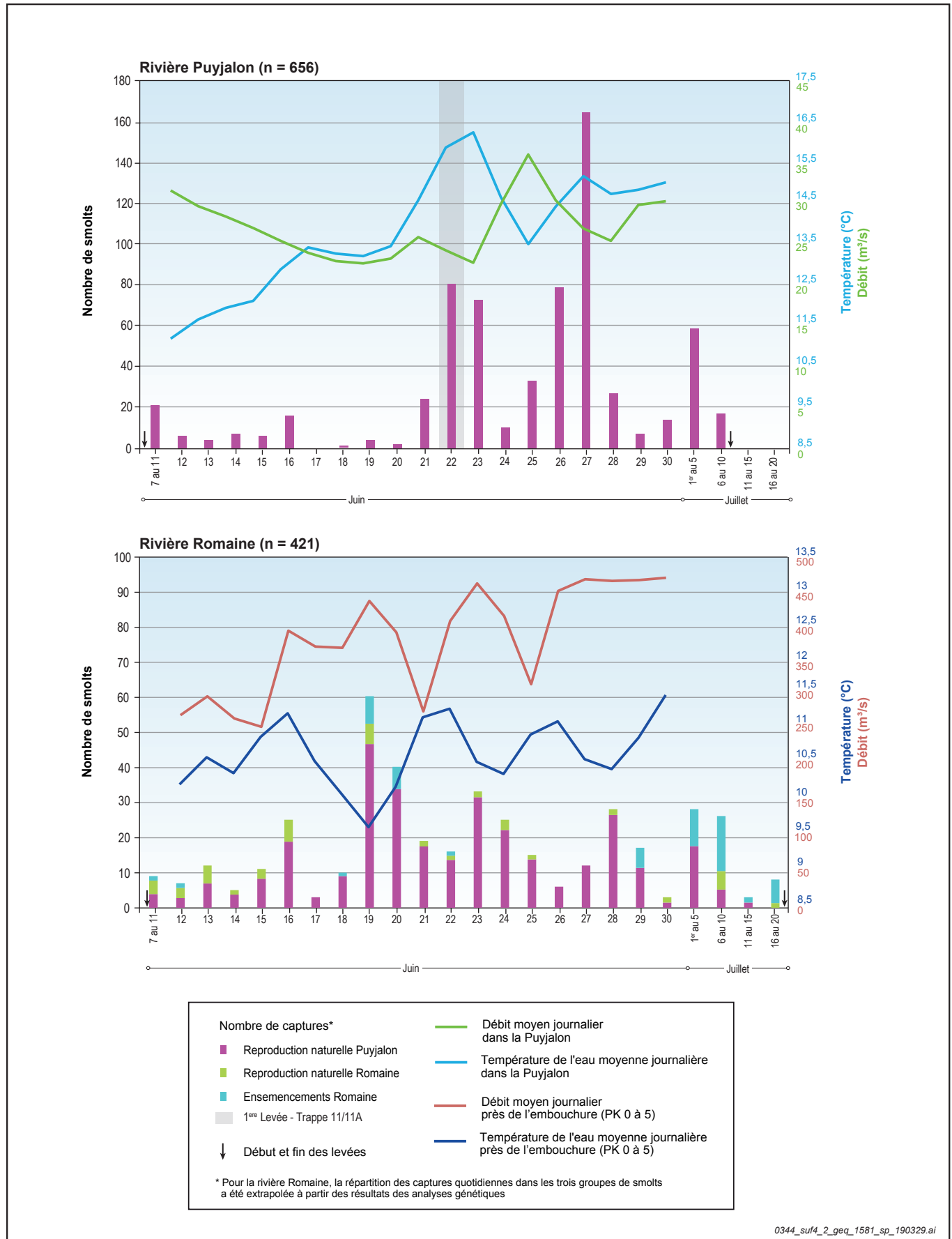
2 N = Smolts visés par une analyse génétique et issus de la reproduction naturelle.

3 N = Toutes les captures.

Les smolts issus de la reproduction naturelle dans la rivière Puyjalon ont également dévalé légèrement plus tôt qu'au cours des deux années précédentes, mais plus tard qu'en 2013 et en 2014 (figure 2-3 et tableau 2-1). La moitié des smolts appartenant à ce groupe avait en effet dévalé le 22 juin. Comme c'est le cas pour l'ensemble des smolts capturés au PK 5 de la Romaine, les smolts appartenant à ce groupe montrent un pic principal de dévalaison le 19 juin et des pics secondaires les 23 et 28 juin.

Les captures réalisées avec les trappes installées dans la rivière Puyjalon montrent un patron de dévalaison semblable, avec des pics de dévalaison les 22 et 23 juin, puis le 27 juin. Le premier pic de dévalaison survenu le 19 juin au PK 5 de la Romaine n'a cependant pas été détecté sur la rivière Puyjalon tel que le montre bien la figure 2-4. Cette situation est vraisemblablement attribuable au fait que la trappe 11 (renommée par la suite 11A), beaucoup plus efficace que la trappe 10A, n'était opérationnelle qu'à compter du 22 juin (première levée). En effet, à la suite de l'installation de cette trappe, le succès de capture y a immédiatement été nettement plus élevé qu'à la trappe 10A (121 captures vs 33 pour les deux journées où les deux trappes ont fonctionné simultanément; annexe 5). Les figures présentées à l'annexe 7 montrent l'évolution de la dévalaison des smolts (% relatif cumulé) selon les captures réalisées dans les rivières Puyjalon et Romaine (smolts issus de la reproduction naturelle dans la Puyjalon seulement). Ces figures confirment que le patron de dévalaison des smolts de la sous-population Puyjalon est très similaire dans les deux cours d'eau, mais que le premier pic de dévalaison dans la rivière Puyjalon, avant l'installation de la trappe 11A, n'a pas été détecté. Le décalage de quelques jours dans la Puyjalon perceptible à l'annexe A7-1 pourrait découler de l'utilisation tardive de la trappe 11A, nettement plus efficace. L'annexe A7-2 présente les données à partir du 22 juin seulement, soit à partir du moment où la trappe 11A était opérationnelle.

Figure 2-4 Période de dévalaison des smolts au PK 5 de la Romaine et dans la rivière Puyjalon en 2017



Malgré le fait que la dévalaison des smolts issus de la reproduction naturelle dans la Romaine ait débuté plus tôt en 2017, on observe néanmoins un retard par rapport aux conditions naturelles (2013 et 2014). Ce phénomène 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 2017. Un léger retard dans la dévalaison des smolts issus de la Puyjalon est aussi perceptible depuis 2015, mais celui-ci est plus faible que dans le cours principal de la Romaine (figure 2-3 et tableau 2-1). À l'instar de ce qui est observé pour les smolts de la Romaine, ce retard est également moins marqué en 2017 qu'en 2015 et 2016.

Dans la rivière de la Trinité, sur la Moyenne-Côte-Nord, la dévalaison s'est produite du 29 mai au 2 juillet 2017, avec une période de dévalaison plus intensive entre le 10 et le 21 juin (Cauchon et April, 2018). Dans la rivière du Vieux-Fort, sur la Basse-Côte-Nord, les smolts ont dévalé entre le 16 juin et le 20 juillet, avec une concentration d'abondance entre le 26 juin et le 8 juillet (Lavallée et coll., 2018). Dans les 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.

2.2.3 Abondance des smolts

Capture et recapture

Romaine

Au total, 421 smolts ont été capturés au PK 5 de la Romaine en 2017 (tableau 2-2, carte 2-1), dont 46 n'ont pas été marqués (smolts morts dans les trappes, sacrifiés pour une étude des microbiotes, transférés en pisciculture ou encore remis à l'eau vivants). Parmi les 351 smolts marqués, 24 ont été recapturés (6,8 % de recapture). Les données brutes de captures lors de l'étude de la dévalaison des smolts en 2017 sont présentées aux annexes 5 et 6.

Tableau 2-2 Bilan des captures de smolts lors de l'étude de la dévalaison en 2017 au PK 5 de la Romaine

Répartition des smolts	Nombre
Captures totales :	420 ¹
Smolts non marqués :	46 ²
Smolts marqués :	351
Smolts recapturés :	24 ³
Recapture (%) :	6,84

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 421.

2 Soit 12 smolts non marqués morts dans les trappes ou lors des manipulations, 9 smolts non marqués sacrifiés pour l'étude des microbiotes, 15 smolts non marqués transférés en pisciculture et 10 smolts non marqués remis à l'eau (recaptures de la Puyjalon).

3 Incluant 4 smolts recapturés morts et 20 smolts recapturés vivants (remis à l'eau) et excluant recaptures des smolts marqués dans la Puyjalon.

La mortalité des smolts capturés une première fois est d'environ 3,0 % (12/397) en tenant compte des quelques smolts en mauvais état morts lors des manipulations. Parmi les 24 smolts recapturés, quatre ont été retrouvés morts dans les trappes (16,7 %).

Les précautions additionnelles déployées depuis 2016 pour minimiser le stress chez les smolts lors du marquage et de leur transport (voir section 2.1.4) ont contribué à limiter le taux de mortalité parmi les recaptures, malgré la problématique d'algues filamenteuses pouvant contribuer à fragiliser davantage les smolts recapturés (double contention). Ce taux est similaire à celui de 2016 (11,1 %). Rappelons que le taux de mortalité des smolts recapturés était de 8,5 % en 2014 (WSP, 2015), pour ensuite passer à 33 % en 2015 (WSP, 2016a), lorsque la problématique d'algues dans les trappes s'était manifestée pour la première fois.

Puyjalon

Les trappes installées dans la Puyjalon ont permis de capturer 656 smolts en 2017 (tableau 2-3, carte 2-2), dont 512 ont été marqués. Parmi ceux-ci, 37 ont été recapturés (7,2 % 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 2017 dans la Puyjalon

Répartition des smolts	Nombre
Captures totales :	654 ¹
Smolts non marqués :	107 ²
Smolts marqués :	512
Smolts recapturés :	37 ³
Recapture (%) :	7,23

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 656.

2 Soit 38 smolts non marqués morts dans les trappes ou lors des manipulations, 30 smolts non marqués sacrifiés pour l'étude des microbiotes, 38 smolts non marqués transférés en pisciculture et 1 smolt non marqué remis à l'eau.

3 Incluant 13 smolts recapturés morts et 24 smolts recapturés vivants (remis à l'eau sauf une recapture envoyée en pisciculture).

La mortalité des smolts capturés une première fois est d'environ 6,1 % (38/619), alors que les smolts recapturés affichent un taux de mortalité de 35 % (13/37). Ces taux nettement plus élevés que dans la Romaine, et ce, malgré l'absence d'algues filamenteuses, pourraient s'expliquer par des vitesses plus élevées pouvant conduire à l'épuisement des smolts prisonniers des trappes. Soulignons également que la majeure partie des mortalités dans la Puyjalon est associée à deux levées consécutives pendant le pic de montaison, soit celles des 26 et 27 juin (première levée quotidienne dans le cas du 27 juin). Pour ces deux journées, le taux de mortalité des smolts capturés une première fois a été de 12,3 % (26/212), alors qu'il s'est élevé à 50 % (4/8) pour les recaptures.

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 entre le 27 et le 29 juin. Au cours de ces trois jours, le taux de mortalité des smolts est toutefois demeuré élevé lors de la première levée quotidienne (28 au 30 juin) avec un taux de mortalité de 6,3 % (2/32) pour les smolts capturés une première fois et de 40 % pour les recaptures (4/10). Il a cependant été plus bas lors de la seconde levée quotidienne (27 au 29 juin) avec 3,8 % (1/26) et 25 % (1/4) respectivement.

Efficacité des trappes

Parmi les trappes installées au PK 5 de la Romaine, les trappes 1A et 4A sont celles ayant connu le meilleur succès de pêche, avec respectivement 30 % et 23 % de l'ensemble des prises (soit 3,0 et 2,3 captures/jour, tableau 2-4). Les trois autres trappes affichent un succès de pêche variant entre 1,3 et 1,9 capture/jour.

Tableau 2-4 Répartition des smolts capturés au PK 5 de la Romaine en 2017

N° de trappe	Effort de pêche (jour)	Capture	Succès de pêche (capture/jour)
1 A (ailes de 9 m)	43	128	3,0
2 A (ailes de 18 m)	38	65	1,7
3 A (ailes de 18 m)	41	78	1,9
4 A (ailes de 18 m)	43	97	2,3
5 A (ailes de 18 m)	42	53	1,3
Total	207	421	2,0

Le succès global de capture, toutes trappes confondues, s'élève à 2,0 captures/jour en 2017, ce qui est le plus faible succès de pêche obtenu depuis 2013 (tableau 2-5). Le succès de capture particulièrement élevé en 2014 (10,4 captures/jour) peut s'expliquer, d'une part, par la plus grande abondance de smolts en dévalaison et, d'autre part, par les plus faibles débits durant la dévalaison des smolts (figure 2-2) étant donné la mise en eau du réservoir de la Romaine 2 au printemps 2014. En effet, 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.

Tableau 2-5 Nombre de smolts capturés et succès de pêche entre 2013 et 2017

Année	Effort de pêche (jour-trappe)	Capture	Recapture (%)	Succès de pêche (capture/jour)
2013 ¹	191	738	5 (0,7) ⁵	3,9
2014 ²	192	2 003	117 (7,1)	10,4
2015 ³	168	574	24 (4,4)	3,4
2016 ⁴	190	434	9 (2,5)	2,3
2017	207	421	24 (6,8)	2,0

1 WSP (2014).

2 WSP (2015).

3 WSP (2016a).

4 WSP (2017a).

5 En 2013, un CMR a été réalisé dans la Puyjalon uniquement. Le taux de recapture était de 4,6 %. 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, les trappes utilisées dans la Puyjalon affichent un succès de capture beaucoup plus élevé que dans la Romaine, en particulier dans le cas de la trappe 11 (puis 11A) dont le succès de pêche s'élève à 28 captures/jour (tableau 2-6).

Tableau 2-6 Répartition des smolts capturés dans la Puyjalon en 2017

N° de trappe	Effort de pêche (jour)	Capture	Succès de pêche (capture/jour)
10 A ¹	17	124	7,3
11 / 11A ²	19	532	28,0
Total	36	656	18,2

1 Trappe opérationnelle du 7 au 23 juin.

2 Trappe opérationnelle du 22 juin au 10 juillet.

Facteurs affectant le nombre de captures

Le faible nombre de captures depuis 2015 s'explique vraisemblablement, du moins en partie, par une efficacité de pêche réduite des trappes. En effet, la présence d'algues filamenteuses 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. La problématique d'algues était cependant moins prononcée en 2017 par rapport à 2016.

Soulignons également que, même si plusieurs trappes sont installées au PK 5 de la Romaine, ces dernières occupent une proportion relativement faible (< 6 %) de la section d'écoulement de la Romaine (WSP, 2017a), en particulier lorsque les débits sont élevés.

2.2.3.1 Estimation de l'abondance de la population

En 2017, l'estimation de la population de smolts en dévalaison a été faite de façon indépendante 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). Au PK 5 de la Romaine, l'estimation de la population de smolts en dévalaison s'établit à 5 928 avec un intervalle de confiance à 95 % compris entre 4 469 et 8 770 smolts (annexe 8). Dans la Puyjalon, l'estimation de la population de smolts s'établit à 8 843 avec un intervalle de confiance allant de 7 007 à 12 142 smolts (tableau 2-7). Ces résultats sont de toute évidence incohérents, la population totale de la Romaine étant inférieure à celle de son tributaire Puyjalon.

Tableau 2-7 Évaluation de l'abondance des smolts en dévalaison dans la Puyjalon en 2017 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	8 843 (7 007 à 12 142)
Proportion de smolts au PK5 issue de la reproduction naturelle dans la Puyjalon ²	77,03 %
Proportion de smolts au PK5 issue de la reproduction naturelle dans la Romaine ²	11,18 %
Proportion de smolts au PK5 issue desensemencements dans la Romaine ²	11,79 %

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

² Échantillon de 246 smolts répartis selon leur répartition chronologique tout au long de la période de dévalaison au PK 5 de la Romaine (annexes 5 et 6). Il y a 217 des 246 smolts analysés issus de la reproduction naturelle (88,21 %; annexe 3). Parmi ces 217 smolts, l'origine de 213 a été établie avec un niveau de confiance suffisamment élevé et 186 sont assignés à la sous-population de la Puyjalon, soit 77,03 % de l'ensemble des smolts.

Cette incohérence est vraisemblablement attribuable à un échantillonnage insuffisant dans la Romaine, ce qui a conduit à un degré d'imprécision élevé. En effet, outre les conditions usuelles du CMR qui doivent être satisfaites (Williams et coll., 2002, section 2.1.4), la taille de l'échantillon

(le nombre de smolts marqués « M » et le nombre de smolts capturés « C ») par rapport à la taille de la population totale influence également le niveau de précision de l'estimation de cette population. À cet égard, Robson et Regier (1964) ont émis des recommandations quant à la taille requise des échantillons M et C selon différents niveaux de précision recherchés⁴. Ainsi, en tenant compte de ces recommandations, le niveau d'imprécision de l'estimation dans la Puyjalon se situerait entre 25 et 50 %, alors qu'il serait supérieur à 50 % dans la Romaine (Robson et Regier, 1964). Autrement dit, la taille de l'échantillon de smolts marqués (M) et la taille de l'échantillon de smolts capturés en vue de trouver des marques (C) étaient vraisemblablement insuffisants pour obtenir une estimation plus précise dans la Romaine.

Dans ce contexte, il apparaît préférable d'utiliser une méthode similaire à celle employée en 2013 (WSP, 2014) pour évaluer le nombre de smolts dans la Romaine, 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 77 % 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 s'établit à 11 479 smolts avec un intervalle de confiance entre 9 096 à 15 763 (tableau 2-8, annexe 8).

Tableau 2-8 Évaluation de l'abondance des smolts en dévalaison dans la Romaine en 2017

Répartition des smolts	Estimation (I.C. 95 %) ¹
Nombre total de smolts en dévalaison estimé au PK 5 de la Romaine	11 479 (9 096 à 15 763)
Nombre de smolts issus de la Puyjalon - Reproduction naturelle	8 843 (7 007 à 12 142)
Nombre de smolts issus du cours principal de la Romaine	2 637 (2 089 à 3 621)
Nombre de smolts issus du cours principal de la Romaine – Reproduction naturelle	1 284 (1 017 à 1 763)
Nombre de smolts issus du cours principal de la Romaine – Ensemencements	1 353 (1 072 à 1 858)
Nombre estimé de smolts se dirigeant vers la mer ²	11 320 (8 937 à 15 604)

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 = 67, soit 16 dans la Romaine et 51 dans la Puyjalon), les smolts sacrifiés pour l'étude des microbiotes (n = 39, soit 9 dans la Romaine et 30 dans la Puyjalon) et les smolts transférés en pisciculture (n = 53, soit 14 dans la Romaine et 38 dans la Puyjalon).

En soustrayant les smolts morts dans les trappes (n = 50) ou lors des recaptures (n = 17), ceux sacrifiés pour l'étude du microbiote (n = 39) et les smolts transférés en pisciculture (n = 53), l'estimation du nombre de smolts se dirigeant vers la mer est d'environ 11 320 (tableau 2-8).

D'après les proportions de smolts issus des deux autres groupes dans les analyses génétiques (tableau 2-7), le nombre de smolts issus de la reproduction naturelle dans la Romaine s'établit en 2017 à 1 284 (1 017 à 1 763), alors qu'il est de 1 353 (1 072 à 1 858) pour les smolts issus des ensemencements réalisés dans la Romaine en 2015 (tableau 2-8). Le nombre total de smolts en dévalaison en 2017 est le plus faible estimé depuis le début du suivi, mais est du même ordre de grandeur qu'en 2015 et 2016 (tableau 2-9).

⁴ Robson et Regier (1964) recommandent un niveau de précision entre 25 et 50 % (p = 0,25 à 0,50) pour des études de gestion des pêcheries.

Tableau 2-9 Évaluation de l'abondance des smolts en dévalaison dans la Romaine entre 2005 et 2017

Année (référence)	Estimation pour l'ensemble du bassin versant	Intervalle de confiance (95 %) ¹	Sous-population de la Puyjalon (reproduction naturelle)	Sous-population de la Romaine (reproduction naturelle)	Ensemencements dans la Romaine
2005 (GENIVAR, 2006) ²	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, 2016a)	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 ³	11 479	9 096 à 15 763	8 843 (77 %)	1 284 (11 %)	1 353 (12 %)

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

² 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.

³ Estimation basée sur le CMR réalisé dans la rivière Puyjalon et sur les résultats d'analyses génétiques au PK 5 de la Romaine.

Si le nombre de smolts issus de la sous-population de la Puyjalon varie généralement peu d'une année à l'autre exception faite de 2014, la situation pour les smolts issus de la sous-population de la Romaine est bien différente. En effet, comparativement à 2013 et 2014, les smolts en provenance de la Romaine (reproduction naturelle) affichent une baisse annuelle de l'ordre de 30 à 60 % chaque année depuis 2015. Les données disponibles ne permettent pas d'identifier clairement les causes de cette baisse pour le moment. Les prochains suivis permettront de vérifier si cette tendance se poursuit.

2.2.3.2 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 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 ratio 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 2017 sont théoriquement issus des fraies des automnes de 2015 à 2012. Pour la sous-population de la Romaine, tous les smolts analysés étaient issus des fraies de 2015 à 2013 (smolts âgés de 1, 2 et 3 ans, majoritairement 2 ans, section 2.2.4.1), alors que les smolts affiliés à la sous-population de la rivière Puyjalon étaient issus des fraies de 2014 à 2012 (smolts âgés de 2, 3 et 4 ans, majoritairement 3 ans). Les smolts ayant dévalé en 2017 sont donc issus principalement des 52 nids recensés dans le cours principal de la Romaine en 2014 et des 49 nids dénombrés dans la Puyjalon et ses tributaires en 2013 (section 5.2.2). Malgré un nombre de nids similaire, les quantités de smolts issus de cette ponte sont très différentes (1 141 smolts dans la Romaine et 5 190 dans la Puyjalon). Cela indique qu'il y aurait eu des taux de survie très différents.

Ratio 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 ratio utilise le nombre de nids de fraie recensé à l'automne sur les frayères à une année donnée et le nombre de smolts dénombrés trois à quatre ans plus tard, voire cinq ans plus tard, pour tenir compte des smolts âgés de 4 ans pouvant dévaler de l'affluent Puyjalon.

Le tableau 2-10 présente le nombre de smolts produits par nid de fraie pour les cohortes d'œufs de 2010 à 2013, alors que le détail est fourni aux annexes 9 et 10. Les données présentées pour la cohorte de 2013 sont encore considérées préliminaires puisqu'il est possible que des smolts de 4 ans dévalent en 2018. Ces données offrent toutefois un ordre de grandeur du ratio de smolts par nid pour la cohorte de 2013, puisque les smolts de 4 ans représenteront une proportion marginale (< 10 %) ou nulle de l'ensemble des smolts lors de la dévalaison de 2018. Le nombre de smolts produits par nid pour les cohortes d'œufs plus récentes que 2013 est également présenté, et ce, même si les données sont partielles.

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 2010²			
Smolts de 2 ans (2013)	297	54	119
Smolts de 3 ans (2014)	73	123	110
Smolts de 4 ans (2015)	0	3	2
Total	369	180	231
Fraie de 2011			
Smolts de 2 ans (2014)	183	82	112
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	75
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
Total préliminaire	43	127	80
Fraie de 2014²			
Smolts de 2 ans (2017)	22	151	58
Fraie de 2015²			
Smolts de 1 an (2017) ³	<1	0	<1

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 (voir tableau 2-12).

Les données disponibles pour les smolts de 2 ans indiquent une proportion par nid plus élevée pour les cohortes d'œufs de 2010 et 2011 (119 et 112), et une variation annuelle à une proportion plus faible pour les trois cohortes suivantes (32 à 75 smolts/nid). Une variation aussi élevée est présente pour les smolts de 3 ans, pour les quatre cohortes disponibles (40 à 136 smolts/nid). Ces fluctuations sont surtout présentes pour la production de la rivière Puyjalon. Pour la Romaine, une diminution est observée depuis la fraie de 2010.

2.2.3.3 Algues filamenteuses

Pour la troisième année consécutive, une grande quantité d'algues filamenteuses en dérive était présente dans la Romaine pendant la dévalaison des smolts. Comparativement à 2015 et 2016, ces algues étaient toutefois moins abondantes en 2017 et ont eu un effet moins marqué sur l'opération des trappes. Ainsi, à partir du 21 juin, une seule levée quotidienne de chacune des trappes a été faite plutôt que deux.

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 2017 découleraient ainsi de la mise en eau des réservoirs de la Romaine 2 et de la Romaine 1 en 2014 et 2015 respectivement. Soulignons que les observations faites sur les habitats aménagés à l'été et à l'automne 2017 indiquent que les algues étaient beaucoup plus abondantes à l'automne, vraisemblablement en raison de la mise en eau du réservoir de la Romaine 3 au printemps 2017 (voir également section 4.2.3.2). Ainsi, on peut s'attendre à ce que les algues soient également abondantes lors de la dévalaison des smolts au printemps 2018. Il s'agirait cependant d'une situation temporaire qui n'est pas représentative des conditions normales d'exploitation.

2.2.4 Caractéristiques biologiques de la population

2.2.4.1 Âge, longueur, masse et coefficient de condition

Les 27 smolts génétiquement associés à la sous-population de la Romaine et ayant fait l'objet d'une lecture d'âge en 2017 sont presque tous (24 ou 88,9 %) âgés de 2 ans (cohorte d'œufs de 2014), les autres ayant 1 an (1 spécimen) ou 3 ans (2 spécimens). L'âge moyen des smolts en dévalaison en 2017 s'établit ainsi à 2,04 ans (tableau 2-11), ce qui est similaire à l'âge moyen calculé en 2013 (2,02 ans; WSP, 2014) et en 2016 (2,00 ans; WSP, 2017a), mais légèrement inférieur à ceux des smolts de 2014 (2,24 ans; WSP, 2015) et de 2015 (2,17 ans; WSP, 2016a).

Parmi les 184 smolts génétiquement associés à la Puyjalon dont l'âge est disponible, 63 sont âgés de 2 ans (34,2 %), comparativement à 108 de 3 ans (58,7 %) et 13 à 4 ans (7,1 %). L'âge moyen des smolts de la Puyjalon est de 2,73 ans ce qui est supérieur aux valeurs obtenues en 2013 (2,61 ans; WSP, 2014), en 2014 (2,57 ans; WSP, 2015) et en 2015 (2,62 ans; WSP, 2016a), mais inférieur à celle de 2016 (2,92 ans; WSP, 2017a). Il y a une différence significative entre les âges moyens des smolts provenant des deux rivières. Tous les smolts ensemencés capturés étaient âgés de 2 ans.

L'âge à la smoltification des smolts de la Romaine, et dans une moindre mesure ceux de la Puyjalon, est 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) (Lavallée et coll., 2018; Cauchon et April, 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.

Tableau 2-11 Nombre total de smolts en dévalaison et âge à la smoltification selon les cohortes d'œufs de 2010 à 2013 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	2 693 (1 615 à 6 364)	2,04	6 212 (4 719 à 9 578)	2,84

1. Voir annexe 9 pour le détail du calcul.

2. Total à ajuster en 2018 si la dévalaison de 2018 inclut des smolts de 4 ans.

Des comparaisons statistiques (voir section 2.1.6) ont été faites pour toutes les variables du tableau 2-11 entre le cours principal de la Romaine, la Puyjalon et les ensemencements, lorsque les effectifs le permettaient. Comme pour les années passées, les smolts issus de la reproduction naturelle de la Romaine demeurent significativement plus grands que ceux de la Puyjalon, que ce soit à 2 ans ou pour l'ensemble de la population, alors que les smolts ensemencés sont les plus grands des trois groupes.

Les longueurs totales moyennes des smolts de la Romaine (179 mm) et de la Puyjalon (156 mm) sont supérieures à celles mesurées dans les rivières de la Trinité (136 mm) et Saint-Jean (128 mm), mais inférieures à celle calculée pour les smolts de la rivière du Vieux-Fort en 2017 (204 mm) (Lavallée et coll., 2018; Cauchon et April, 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.

Il n'y a pas d'effectif suffisant pour comparer la masse moyenne ou le coefficient de condition. Par ailleurs, la smoltification est significativement plus rapide dans la Romaine. Ces paramètres sont reliés avec la croissance du poisson (voir section 2.2.4.4).

2.2.4.2 Âge à la smoltification par cohorte d'œufs

En considérant les smolts de 2 ans issus de la cohorte d'œufs de 2013 ayant dévalé en 2016 et ceux âgés de 3 ans qui ont dévalé en 2017, 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 2013 est évalué à 2,04 ans comparativement à 2,84 ans dans la Puyjalon. Cette évaluation pourra être précisée en 2018 advenant que des smolts de 4 ans viennent compléter le portrait des smolts issus de la cohorte d'œufs de 2013.

Tableau 2-12 Caractéristiques biologiques des smolts du cours principal de la Romaine et de la Puyjalon en 2017

Variable	Âge				Tous ¹	
	1 an	2 ans	3 ans	4 ans		
Puyjalon – Reproduction naturelle						
Âge	Effectif	0	63	108	13	184
	Âge moyen					2,73 ans ^a
Masse (g)	Effectif	-	2	2	1	5
	Moyenne	-	26,1	21,1	32,5	25,4 ^b
	Minimum	-	23,5	17,4	32,5	17,4
	Maximum	-	28,6	24,8	32,5	32,5
	I.C. (95 %)	-	N/A	N/A	N/A	7,0
Longueur totale (mm)	Effectif	-	63	108	13	186
	Moyenne	-	150,6 ^c	158,0	160,2	155,6 ^c
	Minimum	-	125	134	144	125
	Maximum	-	200	212	175	212
	I.C. (95 %)	-	3,7	2,2	5,8	1,9
Longueur à la fourche (mm)	Effectif	-	12	24	2	38
	Moyenne	-	138,8 ^c	147,8	141,5	144,4 ^c
	Minimum	-	122	130	137	122
	Maximum	-	163	163	146	163
	I.C. (95 %)	-	7,0	4,4	N/A	3,7
Coefficient de condition (Fulton)	Effectif	-	2	2	1	5
	Moyenne	-	0,77	0,68	0,76	0,73 ^a
	Minimum	-	0,74	0,63	0,76	0,63
	Maximum	-	0,80	0,73	0,76	0,80
	I.C. (95 %)	-	N/A	N/A	N/A	0,08
Romaine – Reproduction naturelle						
Âge	Effectif	1	24	2	0	27
	Âge moyen					2,04 ans ^b
Masse (g)	Effectif	0	1	0	-	1
	Moyenne	-	41,7	-	-	41,7
	Minimum	-	41,7	-	-	41,7
	Maximum	-	41,7	-	-	41,7
	I.C. (95 %)	-	N/A	-	-	N/A
Longueur totale (mm)	Effectif	1	24	2	-	27
	Moyenne	136,0	178,8 ^b	199,5	-	178,7 ^b
	Minimum	136	145	164	-	136
	Maximum	136	204	235	-	235
	I.C. (95 %)	N/A	6,6	N/A	-	8,1
Longueur à la fourche (mm)	Effectif	1	13	2	-	16
	Moyenne	125,0	163,9 ^b	185,0	-	164,1 ^b
	Minimum	125	133	152	-	125
	Maximum	125	194	218	-	218
	I.C. (95 %)	N/A	10,0	N/A	-	12,2
Coefficient de condition (Fulton)	Effectif	0	1	0	-	1
	Moyenne	-	0,76	-	-	0,76
	Minimum	-	0,76	-	-	0,76
	Maximum	-	0,76	-	-	0,76
	I.C. (95 %)	-	N/A	-	-	N/A
Ensemencements dans la Romaine						
Âge	Effectif	0	28	0	0	28
	Âge moyen					2,00 ans ^b
Masse (g)	Effectif	-	3	-	-	3
	Moyenne	-	71,1	-	-	71,1 ^a
	Minimum	-	57,6	-	-	57,6
	Maximum	-	80,8	-	-	80,8
	I.C. (95 %)	-	29,9	-	-	29,9
Longueur totale (mm)	Effectif	-	28	-	-	29
	Moyenne	-	197,0 ^a	-	-	195,9 ^a
	Minimum	-	155	-	-	155
	Maximum	-	230	-	-	230
	I.C. (95 %)	-	6,1	-	-	6,4
Longueur à la fourche (mm)	Effectif	-	12	-	-	12
	Moyenne	-	182,0 ^a	-	-	182,0 ^a
	Minimum	-	161	-	-	161
	Maximum	-	204	-	-	204
	I.C. (95 %)	-	8,0	-	-	8,0
Coefficient de condition (Fulton)	Effectif	-	3	-	-	3
	Moyenne	-	0,75	-	-	0,75 ^a
	Minimum	-	0,73	-	-	0,73
	Maximum	-	0,77	-	-	0,77
	I.C. (95 %)	-	0,05	-	-	0,05

1 Incluant les smolts attribués à l'un ou l'autre des trois groupes considérés d'après les analyses génétiques, mais pour lesquels l'âge n'a pas été déterminé (N = 5 pour Puyjalon – Reproduction naturelle, N = 2 pour Romaine – Reproduction naturelle et N = 1 pour Ensemencements dans la Romaine). Excluant les 4 spécimens de reproduction naturelle dont la provenance est indéterminée.

* 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 la Romaine comparativement à celles de la Puyjalon ou des ensemencements.

N/A Effectif trop faible pour calculer l'intervalle de confiance.

Ces données semblent toujours indiquer une meilleure croissance dans le cours principal de la Romaine comparativement à la Puyjalon. La cohorte d'œufs de 2014 sera la première permettant de vérifier les effets possibles du projet sur la croissance et sur l'âge à la smoltification. En effet, la première année de croissance de la cohorte de 2013 s'est faite en condition transitoire à l'été 2014, avec des conditions thermiques similaires aux conditions naturelles (voir annexe A1-1).

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, Hutchings et Jones (1998) calculent un âge moyen à la smoltification de $3,60 \pm 0,79$ ans à partir de données issues de 27 rivières du Québec. 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, 2016a), ce qui est très similaire à ce qui est observé dans le cours principal de la Romaine.

2.2.4.3 Rapport des sexes

L'année 2017 est la première année où le sexe des smolts a été déterminé par l'analyse génétique à partir d'un échantillon représentatif de la population, plutôt que seulement sur les spécimens morts ou sacrifiés. Le rapport des sexes est majoritairement en faveur des femelles (64 % globalement et de 56 à 65 % selon la provenance), à l'exception de petits sous-groupes aux faibles effectifs (tableau 2-13). 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.

Tableau 2-13 Rapport des sexes des smolts capturés au PK 5 de la Romaine en 2017

Échantillon	Effectif	Femelle	Mâle	Femelle (%)	Mâle (%)
Total	246	157	89	63,8	36,2
1 an	1	1	0	100	0
2 ans	119	79	40	66,4	33,6
3 ans	113	72	41	63,7	36,3
4 ans	13	5	8	38,5	61,5
Romaine	27	15	12	55,6	44,4
1 an	1	1	0	100	0
2 ans	24	14	10	58,3	41,7
3 ans	2	0	100	0	100
Puyjalon	184	119	65	64,7	35,3
2 ans	63	44	19	69,8	30,2
3 ans	108	70	38	64,8	35,2
4 ans	13	5	8	38,5	61,5
Ensemencés (2 ans)	28	17	11	60,7	39,3

2.2.4.4 Croissance annuelle

À l'exception des alevins en 2015 (ponte de 2014), la croissance annuelle des smolts 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). Comme déjà mentionné, 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. Toutefois, une diminution de la longueur rétrocalculée au stade alevin (âge 0 à 1 an) est observée dans les deux rivières. Ce phénomène ne peut mettre en cause les aménagements hydroélectriques, car la baisse est plus élevée pour la Puyjalon. En effet, la baisse est observée surtout pour la dernière cohorte dans la Romaine (53,5 mm pour la cohorte de 2015 vs une moyenne de 66,6 mm pour les cohortes 2011-2014). Dans la Puyjalon, ce sont les trois dernières cohortes (moyenne de 50,1 mm pour 2014-2016) qui sont plus faibles que les précédentes (moyenne de 59,6 mm pour 2010-2013).

Rappelons que la croissance des juvéniles de la sous-population Romaine est influencée par la présence des installations hydroélectriques depuis 2014. Tel que 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 toutefois la première dont la croissance a pu être influencée dès l'éclosion par le nouveau régime thermique de la rivière. Or, la première année de croissance de cette cohorte (53,5 mm) est nettement inférieure à la moyenne des quatre cohortes précédentes (moyenne de 66,2 mm, voir tableau 2-14). À l'inverse, la deuxième année de croissance des cohortes influencées par le nouveau régime thermique de la rivière (cohortes d'alevins de 2014 et 2015) présente une croissance moyenne supérieure (moyenne de 65,7 mm) à ce qui prévalait pour les trois cohortes précédentes (moyenne de 51,1 mm). Ces particularités pourraient être liées aux changements dans le régime thermique de la Romaine depuis que des réservoirs sont présents dans la portion amont du bassin versant.

Tableau 2-14 Croissance interannuelle des smolts des rivières Romaine et Puyjalon¹

Cohorte ²	Croissance ± I.C. (95 %) (mm) 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} (±1,8) [n=48]	47,1 ^d (±2,0) [n=48]	47,3 ^a (±3,5) [n=8]
2012 (2011)	69,5 ^a (±1,5) [n=32]	51,3 ^{cd} (±2,0) [n=32]	21,2 ^b (±5,0) [n=6] ⁴
2013 (2012)	64,3 ^b (±1,6) [n=28]	54,8 ^c (±2,8) [n=28] ⁴	
2014 (2013)	64,1 ^b (±2,2) [n=20] ⁴	70,0 ^a (±3,6) [n=20] ⁵	65,7 [n=2] ⁵
2015 (2014)	53,5 ^c (±2,1) [n=24] ⁵	61,4 ^b (±4,2) [n=24] ⁵	
<i>Puyjalon naturelle</i>			
2010 (2009)	59,7 ^{ab} (±1,4) [n=31]	30,5 ^d (±2,3) [n=31]	32,4 ^c (±2,6) [n=31]
2011 (2010)	*60,9 ^a (±1,1) [n=57]	*36,7 ^c (±1,6) [n=57]	*41,0 ^a (±1,7) [n=36]
2012 (2011)	*58,5 ^b (±1,0) [n=72]	*43,0 ^b (±1,3) [n=72]	*37,3 ^{ab} (±1,8) [n=45]
2013 (2012)	*53,7 ^c (±0,8) [n=126]	*35,0 ^c (±1,3) [n=126]	36,6 ^b (±1,4) [n=96]
2014 (2013)	*46,0 ^e (±0,9) [n=115]	*31,9 ^d (±1,5) [n=115]	34,6 ^{bc} (±1,7) [n=108]
2015 (2014)	50,5 ^d (±1,3) [n=63]	*46,5 ^a (±2,6) [n=63]	
Romaine ensem.			
2015 (2014)	*73,3 (±2,0) [n=29]	67,6 (±3,8) [n=29]	

¹ Selon les rétrocalculs de l'âge des poissons réalisés à partir des écailles.

² Cohorte de poisson (année de ponte des œufs, correspondant à la fraie, entre parenthèses).

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 inter annuellement pour chacune des variables pour chaque rivière et des lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$) entre les années.

Chez les tacons d'âge 1+, la croissance annuelle de la cohorte d'alevins de 2015 (croissance de 2016-2017) est significativement plus élevée (46,5 mm) que les années antérieures (30,5 à 43,0 mm) dans la Puyjalon, alors que dans la Romaine, la croissance de la cohorte d'alevins de 2015 (61,4 mm) est la seconde plus élevée après celle de l'année précédente (70,0 mm). Il ne semble donc pas y avoir eu d'influence des ensemencements d'alevins à partir de 2015 au détriment des alevins issus de reproduction naturelle. Par ailleurs, la croissance moyenne entre un et deux ans des alevins ensemencés (67,6 mm) n'est pas significativement différente de celle de la Romaine.

Ces résultats indiquent une meilleure croissance des saumons juvéniles dans le cours principal de la Romaine et leur smoltification à un plus jeune âge. Ce constat est important, car le fait de passer une année de moins en rivière entraîne théoriquement une meilleure survie du saumon juvénile (une année de moins de mortalité naturelle).

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 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 vs 0,68 juvéniles/100 m²; AECOM, 2013) qui affichent une meilleure croissance.

2.2.5 Présence de tacons dans les captures

Quelques tacons (n = 9; voir section 2.2.6) ont été observés dans les captures effectuées dans les trappes de la Romaine. Deux de ces captures ont fait l'objet de mesures et de prélèvement d'écaillés dont les résultats sont présentés à l'annexe 11.

2.2.6 Autres espèces capturées

Les tableaux 2-15 et 2-16 présentent les captures de poissons autres que les smolts de saumon dans les rivières Romaine et Puyjalon. Dans la Romaine, les captures sont dominées par la ouitouche (291 captures), suivie du méné de lac (237 captures). Neuf autres espèces ont aussi été capturées en petit nombre (cumul de 25 captures) pour un total de 11 espèces, ce qui est supérieur à 2015 et 2016 (8 espèces), mais inférieur à 2013 et 2014 (12 et 16 espèces respectivement).

Dans la Puyjalon, neuf espèces ont été identifiées, dont une n'avait pas été capturée dans la Romaine (omble de fontaine). L'espèce la plus abondante dans les prises également la ouitouche (198 captures), suivie du meunier noir (83 captures) et du méné de lac (43 captures). Les six autres espèces représentent moins de 19 captures.

Tableau 2-15 Nombre de poissons par espèce autre que les saumons capturés dans la Romaine en 2017

Nom français	Nom latin	Effectif
Ouitouche	<i>Semotilus corporalis</i>	291
Méné de lac	<i>Couesius plumbeus</i>	237
Saumon atlantique (tacon)	<i>Salmo salar</i>	9
Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	4
Meunier rouge	<i>Catostomus catostomus</i>	3
Anguille d'Amérique	<i>Anguilla rostrata</i>	2
Épinoche à trois épines	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	2
Touladi	<i>Salvelinus namaycush</i>	2
Éperlan arc-en-ciel	<i>Osmerus mordax</i>	1
Épinoche à neuf épines	<i>Pungitius pungitius</i>	1
Lotte	<i>Lota lota</i>	1
Total		553

Tableau 2-16 Nombre de poissons par espèce autre que les saumons capturés dans la Puyjalon en 2017

Nom français	Nom latin	Effectif
Ouitouche	<i>Semotilus corporalis</i>	198
Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	83
Méné de lac	<i>Couesius plumbeus</i>	43
Saumon atlantique (tacon)	<i>Salmo salar</i>	6
Meunier rouge	<i>Catostomus catostomus</i>	5
Anguille d'Amérique	<i>Anguilla rostrata</i>	4
Éperlan arc-en-ciel	<i>Osmerus mordax</i>	2
Épinoche à trois épines	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	1
Omble de fontaine	<i>Salvelinus fontinalis</i>	1
Total		343

3. 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 250 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 reposait en 2017 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 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. Un bref historique du développement du tapis d'antennes est disponible dans 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), alors que WSP est responsable de la capture de juvéniles et de l'implantation de transpondeurs passifs, de même que de la détection mobile des juvéniles à l'extérieur du tapis d'antennes.

3.1 Matériel et méthode

3.1.1 Description des principaux équipements

3.1.1.1 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 3-1), 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, 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 ont indiqué cependant que l'antenne mobile ne permettait pas une détection sur une profondeur suffisante (30 cm pour les transpondeurs de 12 mm et 1 m pour les autres). Cette antenne a donc été modifiée par l'INRS en 2017 dans le cadre d'un autre mandat. La profondeur de détection a été augmentée d'environ 10 cm supplémentaires.

3.1.1.2 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).

3.1.2 Captures de juvéniles et implantation des transpondeurs passifs

En 2017, la première campagne de terrain a eu lieu les 15 et 16 septembre et a permis l'installation du campement temporaire au PK 49 de la Romaine (rive gauche). En raison des débits élevés durant cette période, il n'a cependant pas été possible de procéder à la pêche et au marquage de juvéniles. En effet, les pêches requises (seine de rivage et électropêche) sont peu efficaces lorsque deux groupes T/A sont en fonction ($\geq 400 \text{ m}^3/\text{s}$) et que le niveau d'eau de la Romaine est élevé.

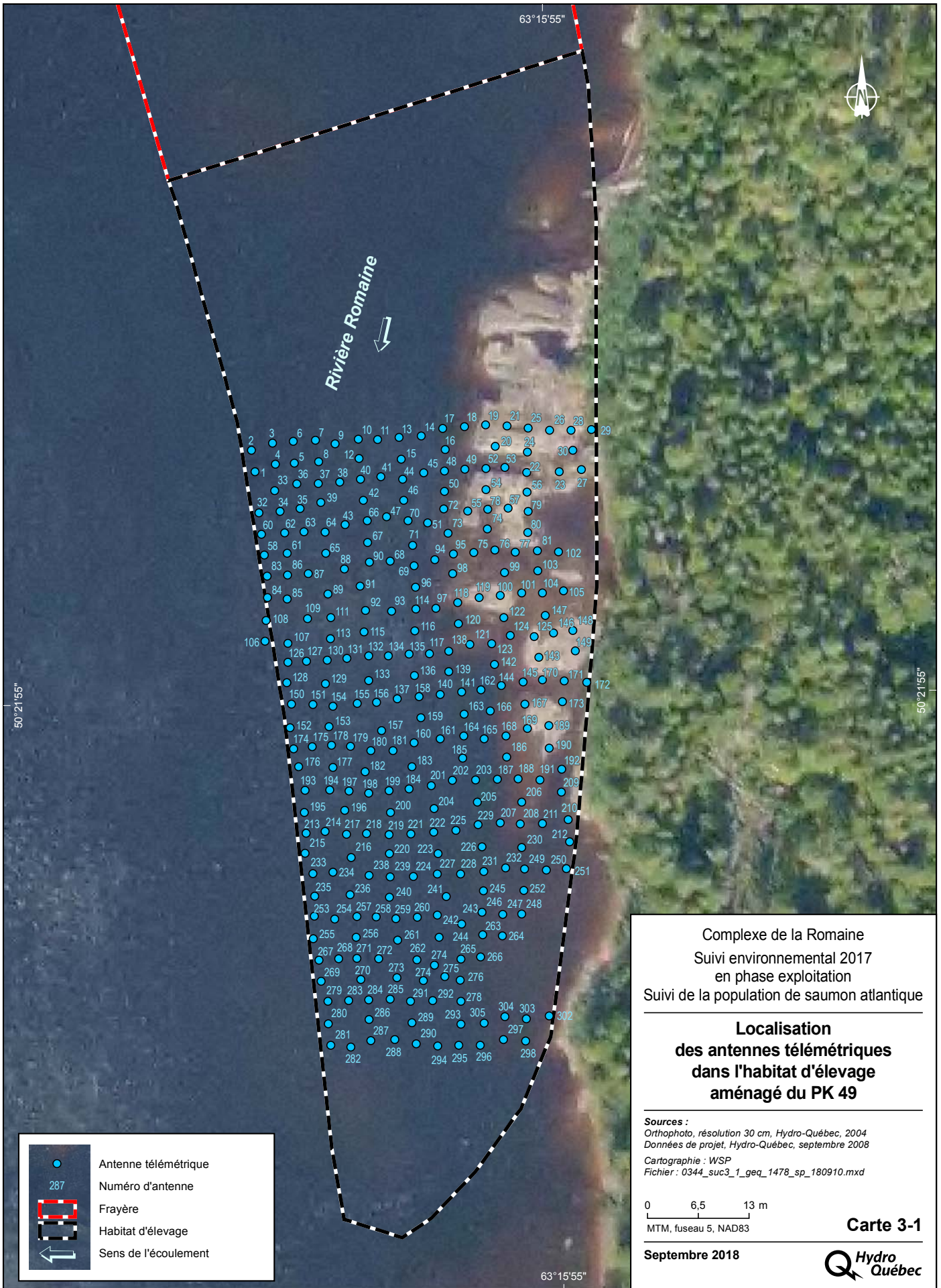
La capture de juvéniles a donc eu lieu lors d'une seconde campagne de terrain qui s'est échelonnée entre le 22 et le 28 octobre aux sites de pêche montrés sur la carte 3-2. Les principales activités réalisées ont été les suivantes :

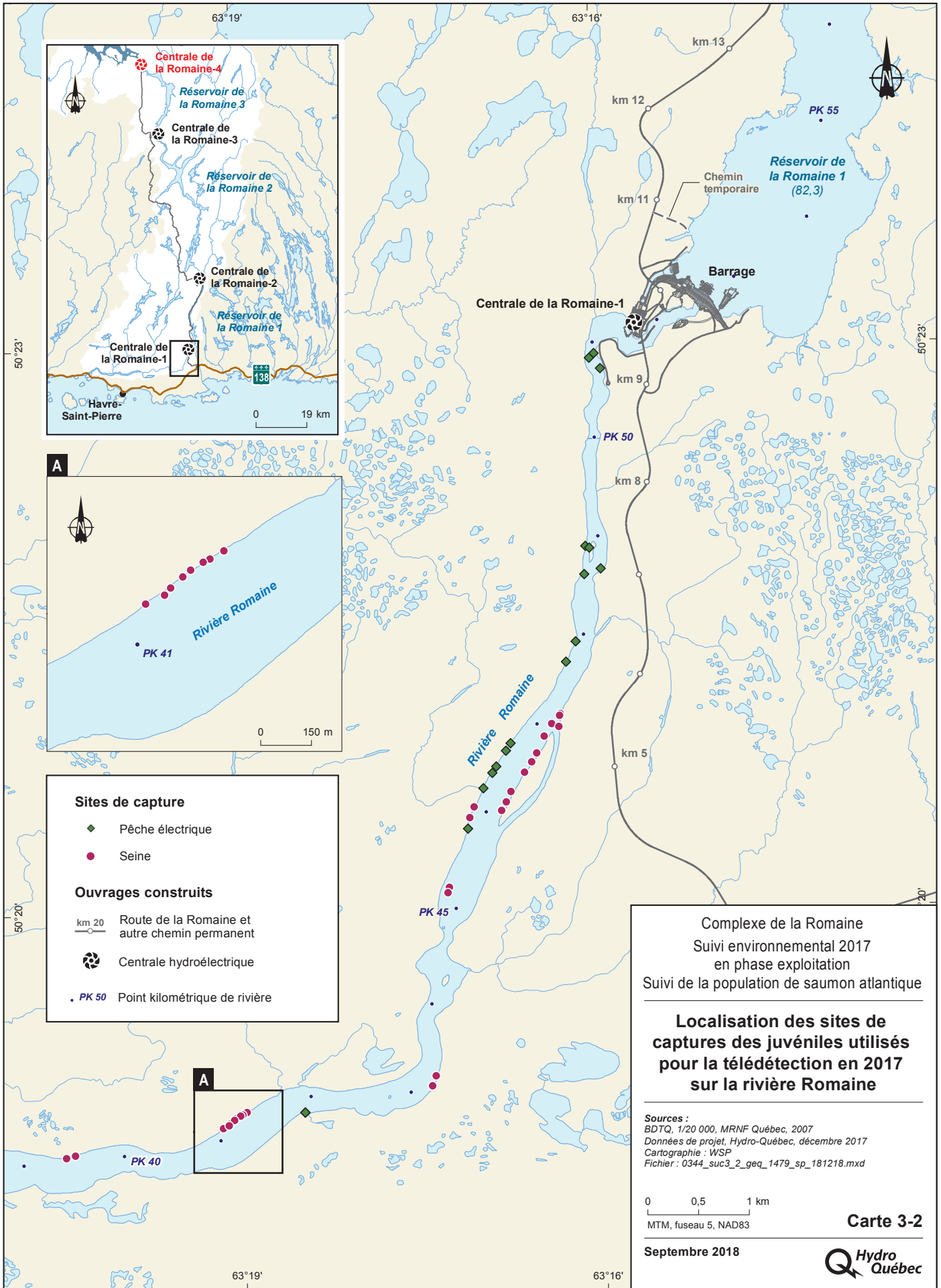
- Pêche à l'aide des engins suivants : seine de rivage, électropêche (annexe 4, photo 13).
- Transport des juvéniles capturés vers le laboratoire situé en rive (PK 49), implantation des transpondeurs passifs et prise de mesures (longueur, masse) (annexe 4, photos 14 et 15).
- Stabulation des juvéniles après la chirurgie, pendant 30 à 90 minutes, 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 de 3-4, 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.

Pour cette activité, deux types de transpondeurs ont été utilisés, soit 12 mm ou 23 mm de longueur, les premiers étant réservés aux plus petits spécimens (57 à 95 mm). Initialement, il était prévu de marquer des spécimens aussi petits que 55 mm de longueur, mais les travaux de 2016 ont entraîné la révision de cette taille minimale à 60 mm. Deux spécimens plus petits (57 et 58 mm), particulièrement trapus, ont néanmoins été marqués en 2017. Afin de refermer la plaie après l'opération, une colle chirurgicale a été utilisée.

3.1.3 Détection mobile

La détection mobile des juvéniles a été réalisée lors d'une troisième campagne de terrain qui a eu lieu du 14 au 16 novembre (annexe 4, photo 16). Les améliorations apportées par l'INRS à l'équipement de télédétection n'ont cependant pas permis d'augmenter suffisamment leur efficacité (section 3.1.1.1). En effet, en 2017, l'antenne de détection mobile possédait une capacité de détection de près d'un mètre pour les transpondeurs de 23 mm, mais d'environ 40 cm pour les transpondeurs de 12 mm. Ainsi, la capacité de détection de l'antenne n'est pas toujours suffisante, notamment dans les habitats plus profonds ou lorsque le débit est à la hausse (passage de un à deux groupes T/A).





Complexe de la Romaine
 Suivi environnemental 2017
 en phase exploitation
 Suivi de la population de saumon atlantique

Localisation des sites de captures des juvéniles utilisés pour la télédétection en 2017 sur la rivière Romaine

Sources :
 BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007
 Données de projet, Hydro-Québec, décembre 2017
 Cartographie : WSP
 Fichier : 0344_suc3_2_geq_1479_sp_181218.mxd

3.2 Résultats et discussion

3.2.1 Débit et température de l'eau

Entre le 22 et le 28 octobre, soit pendant la campagne de captures de juvéniles, le débit moyen journalier de la Romaine au PK 46 (station ROMA0944) a toujours varié entre 210 et 240 m³/s, sauf le 28 octobre, alors qu'un deuxième groupe T/A a été mis en fonction à 11h00, générant une augmentation graduelle du débit dans la portion aval de la Romaine. La température moyenne journalière de l'eau de la Romaine sur le même site s'est maintenue entre 9 et 10 °C pendant toute cette période.

Pendant la campagne de détection mobile des juvéniles, soit entre le 14 et le 16 novembre, le débit moyen journalier de la Romaine au PK 46 était typique de l'utilisation d'un seul groupe T/A à la centrale de la Romaine-1, puisqu'il s'est maintenu entre 200 et 230 m³/s durant ces trois jours. Néanmoins, un deuxième groupe a ponctuellement été mis en fonction le 14, puis le 15 novembre pour de courtes périodes. La température moyenne journalière de l'eau s'est maintenue entre 4 et 5 °C au cours de cette période.

3.2.2 Marquage des saumons juvéniles

Des transpondeurs passifs ont été implantés sur 119 juvéniles en 2017, 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'écailles prélevées au terrain ont ensuite été réalisées sur 36 d'entre eux (annexe 12). En tenant compte de la classification faite au terrain et des lectures d'âge réalisées dans un deuxième temps, les 119 juvéniles se répartissent en 102 alevins et 17 tacons. Soulignons que la lecture des écailles a révélé que trois juvéniles initialement classés comme des tacons au terrain étaient en réalité des alevins. Par ailleurs, les 17 tacons ayant fait l'objet d'une lecture d'âge étaient tous âgés de un an (1+). Au total, 102 transpondeurs de 12 mm ont été implantés, de même que 17 de 23 mm. La répartition selon la taille est fournie ainsi que la correspondance avec le marquage de 2016 :

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

La répartition des tailles pour les deux années de marquage est similaire. Le tableau présenté à l'annexe 12 détaille les informations recueillies sur ces juvéniles. Après l'implantation des transpondeurs, les juvéniles opérés ont ensuite été remis à l'eau dans le secteur du tapis d'antennes télémétriques (aire d'élevage amont du PK 49).

3.2.3 Résultats de détection

3.2.3.1 Détection mobile

Un total de six juvéniles différents ont été détectés entre le 14 et 16 novembre, soit deux avec des transpondeurs de 12 mm et quatre avec des transpondeurs de 23 mm. À noter qu'un même juvénile a été détecté à deux reprises (transpondeur de 23 mm n° 542328) pour un total de sept détections différentes. Ces juvéniles ont tous été détectés les 14 et 15 novembre sur l'aire d'élevage amont du PK 49 (transpondeurs n° 174001, 542322, 542328, 542329, 542330, annexe 12), où se trouve le tapis d'antennes, à l'exception d'un alevin de 65 mm (transpondeur de 12 mm n° 173667, annexe 12) détecté le 16 novembre entre l'île et la rive droite, également dans le secteur du PK 49. Ce poisson a donc traversé le thalweg pour se rendre à cet endroit.

En raison de la faible efficacité de l'équipement de télédétection, les résultats de la détection automnale en bateau sont cependant fragmentaires. De nouveaux ajustements à l'équipement de télédétection seront ainsi apportés en 2018 par l'INRS.

3.2.3.2 Détection par le tapis d'antennes

Les résultats des détections récoltées par le tapis d'antennes entre octobre 2016 et octobre 2017 sont traités dans un autre rapport réalisé conjointement par Hydro-Québec et l'INRS-ETE.

4. 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);
- déterminer et décrire la structure verticale et la composition granulométrique du substrat des frayères aménagées.

4.1 Matériel et méthode

4.1.1 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 en octobre 2017 pour vérifier la présence de saumons juvéniles (alevins et tacons) et pour évaluer, si possible, leur densité. Contrairement à ce qui était prévu initialement, il y a eu une seule campagne d'inventaire de juvéniles en 2017. L'autre campagne prévue pour le mois de septembre a dû être annulée en raison de contraintes d'exploitation aux installations de Romaine-1 (débits élevés en raison de l'utilisation de deux groupes T/A).

Pour cet inventaire, les apnéistes ont utilisé une corde graduée servant de guide pour effectuer des transects géoréférencés. 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 les transects suffisamment pour minimiser le double comptage de juvéniles, tout en assurant une visibilité adéquate dans toute l'aire inventoriée. Les transects ont ainsi été espacés d'environ 7 m puisque la visibilité sous l'eau était d'environ 3,5 m lors des deux visites de terrain.

Les spécimens observés ont été classés par âge (0+, 1+ et plus) 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 être des tacons 2+ montraient une morphologie différente des tacons 1+, soit une forme plus large et plus haute pour la même longueur totale.

Comme lors des suivis précédents, il est considéré 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 afin de pouvoir comparer les données avec celles des années antérieures. 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.

4.1.2 Recouvrement du substrat

4.1.2.1 Estimation du recouvrement en sédiments fins

En 2017, 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 documenter l'ensablement à la surface des frayères et des habitats d'élevage du PK 49 et du PK 51. Ainsi, une estimation visuelle du pourcentage de recouvrement en sédiments fins (< 2 mm; sable fin à argile) a été réalisée le 16 novembre 2017. Le type de recouvrement et l'épaisseur de celui-ci ont aussi été documentés. Pour ce faire, la grille d'échantillonnage définie en 2016 et composée de parcelles d'environ 15 m sur 15 m a de nouveau été utilisée, de façon à couvrir la superficie totale des habitats aménagés (cartes 4-1 et 4-2, annexe 4, photos 17 et 18). Comme en 2016, quatre des cinq habitats aménagés ont été caractérisés, soit les deux frayères, l'aire d'élevage amont du PK 49 et l'aire d'élevage du PK 51. Les 86 parcelles sont réparties de la façon suivante :

- Aire d'élevage amont du PK 49 : 24 parcelles;
- Frayère du PK 49 : 24 parcelles;
- Aire d'élevage du PK 51 : 29 parcelles;
- Frayère du PK 51 : 9 parcelles.

En 2017, une des parcelles de la frayère du PK 51 n'a cependant pas pu être inventoriée (PK51-F19) en raison des débits trop élevés durant cette période, de telle sorte que l'évaluation visuelle a été réalisée sur 85 des 86 placettes visées.

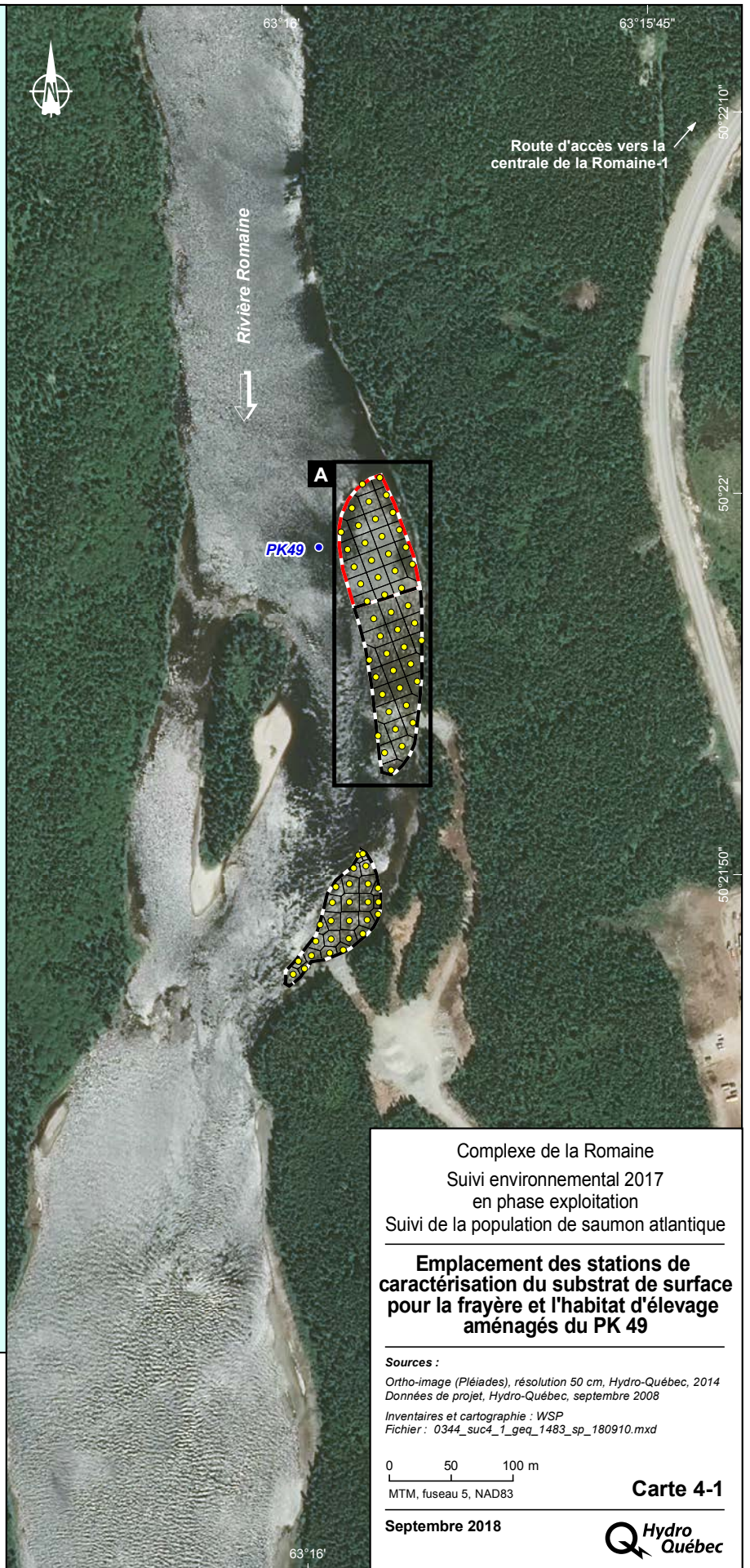
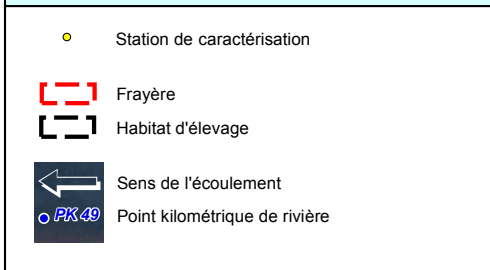
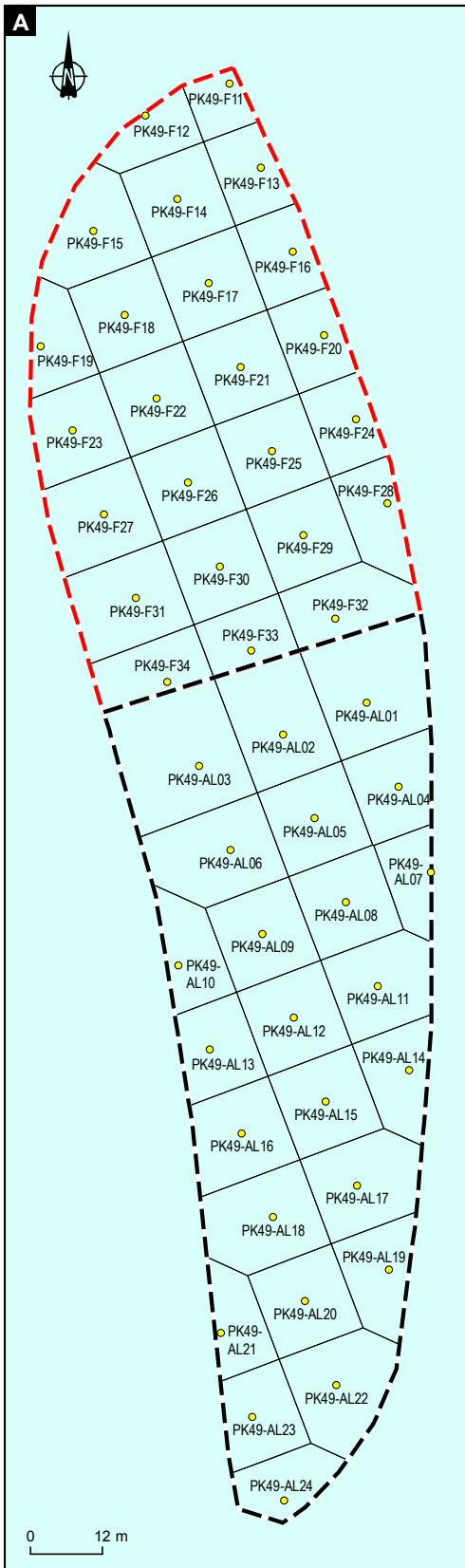
Pour chaque station, un gabarit formant un quadrat de 30 cm sur 30 cm a été positionné sur la surface la plus représentative de l'ensemble observé. Des photographies sous-marines de la station et une description visuelle du substrat de surface en général, ainsi qu'à l'intérieur du quadrat, ont été réalisées par un apnéiste. Pour chaque quadrat, un pourcentage de recouvrement en sable sur la surface 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 2016 et 2017

Les superficies recouvertes par du sable observées en 2017 ont été comparées avec celles observées en 2016 pour les frayères et les habitats d'élevage des PK 49 et 51. Pour chaque parcelle, les différences de recouvrement en sable observées entre 2016 et 2017 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).



Complexe de la Romaine
 Suivi environnemental 2017
 en phase exploitation
 Suivi de la population de saumon atlantique

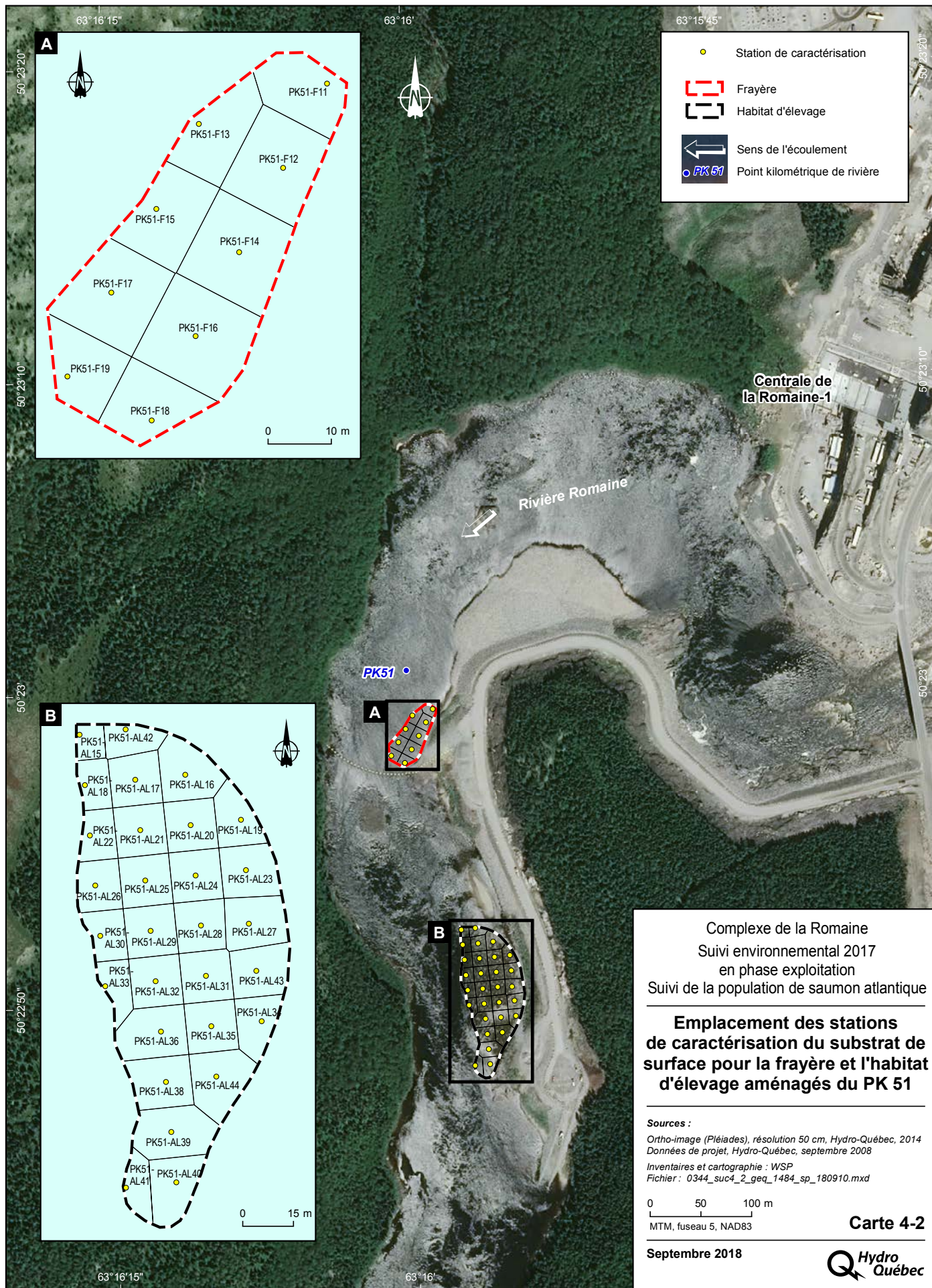
Emplacement des stations de caractérisation du substrat de surface pour la frayère et l'habitat d'élevage aménagés du PK 49

Sources :
 Ortho-image (Pléiades), résolution 50 cm, Hydro-Québec, 2014
 Données de projet, Hydro-Québec, septembre 2008
 Inventaires et cartographie : WSP
 Fichier : 0344_suc4_1_geq_1483_sp_180910.mxd

0 50 100 m
 MTM, fuseau 5, NAD83

Septembre 2018

Carte 4-1



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

Centrale de la Romaine-1

Rivière Romaine

PK51

Complexe de la Romaine
 Suivi environnemental 2017
 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 (Pleiades), résolution 50 cm, Hydro-Québec, 2014
 Données de projet, Hydro-Québec, septembre 2008
 Inventaires et cartographie : WSP
 Fichier : 0344_suc4_2_geq_1484_sp_180910.mxd

0 50 100 m
 MTM, fuseau 5, NAD83

Carte 4-2

Septembre 2018



4.1.2.2 Estimation du recouvrement en algues

En raison de la présence inhabituelle d'algues associées à la mise en eau des réservoirs dans la portion amont du bassin versant de la Romaine, une estimation du recouvrement en algues des habitats aménagés devait être réalisée en 2017. Comme en 2016, il était donc prévu d'évaluer l'étendue du recouvrement en algues pour chacun des cinq habitats aménagés. Au moment où ce suivi a été réalisé, soit en septembre 2017, aucun recouvrement significatif d'algues n'a toutefois été observé sur les habitats aménagés. Ce suivi a donc été reporté et a plutôt été effectué en même temps que l'évaluation visuelle de la granulométrie, en novembre. Un certain recouvrement d'algues a alors été observé et il a été noté qualitativement.

4.1.3 Carottage du substrat sur les frayères aménagées

L'approche méthodologique adoptée pour évaluer la qualité du substrat des frayères aménagées repose sur la description visuelle des différentes strates des carottes et l'analyse granulométrique de carottes de sédiments prélevées dans les frayères aménagées.

4.1.3.1 Prélèvement au carottier cryogénique

Le prélèvement des carottes a été effectué à l'aide d'un carottier cryogénique afin de garder l'intégralité de la structure verticale du substrat en profondeur. Le carottier a été opéré à partir d'une embarcation de type ponton. Trois travailleurs ont pris place sur le ponton. Une deuxième embarcation était également présente pour des raisons de sécurité.

Afin d'effectuer les travaux de carottage, l'embarcation doit être complètement stabilisée sur la rivière. Pour ce faire, deux ancres de type Rocna (soc de charrue) doivent être fixées dans un angle de 45 degrés en amont de la frayère, puis une à l'aval de l'embarcation. L'assemblage du matériel d'échantillonnage (carottier cryogénique) doit débuter seulement lorsque l'embarcation est considérée complètement stable et fixe à l'aide d'un test de tension sur les ancres. Le carottier est par la suite mis en place et fixé à l'aide d'un trépied préalablement fixé directement au-dessus du trou central du ponton (*moon pool*).

Le mât cryogénique du carottier est mis en place dans le trou central du ponton, puis descendu par un treuil jusqu'au contact avec les sédiments du lit de la rivière afin de le marteler pour l'enfoncer dans le substrat sur une profondeur d'environ 50 cm (figure 4-1). Une fois enfoncé, de l'azote liquide doit être injecté dans le carottier en continu pendant environ 30 minutes, soit le temps nécessaire requis pour geler le substrat sur la profondeur et le diamètre souhaité. L'enfoncement du carottier et la diffusion du gel dans le substrat peuvent varier selon la granulométrie et la présence de matrice pouvant faire varier la longueur de l'échantillon récolté. Finalement, le retrait du mât cryogénique, et par conséquent de la carotte de sédiments, s'effectue à l'aide d'un treuil disposé sur le trépied. La déconnexion du mât cryogénique de l'ensemble du dispositif permet ensuite de manipuler librement l'échantillon de substrat pour l'analyse visuelle des différentes strates ainsi que pour la prise du sous-échantillonnage pour éventuelles analyses granulométriques en laboratoire.

Une fois retirée du lit de la frayère, la carotte est photographiée et est subdivisée en unités stratigraphiques, puis les strates et les sédiments sont décrits en détail. Par la suite, pour les 50 cm supérieurs de la carotte correspondant à la zone où les saumons déposent leurs œufs, les sédiments ont été prélevés pour être ensuite entreposés de façon homogène dans des chaudières de plastique afin de procéder aux analyses granulométriques en laboratoire.



Figure 4-1 Carottier cryogénique utilisé pour le prélèvement de carottes de sédiments dans le substrat des frayères.

Les travaux d'échantillonnage sur les frayères des PK 49 et 51 ont été réalisés respectivement le 4 et le 8 juillet 2017. Puisque les conditions de terrain n'ont pas été favorables le 8 juillet (accessibilité au site et débits élevés), le carottage de la frayère du PK 51 s'est poursuivi le 29 août 2017 par une équipe composée de quatre techniciens et professionnels de WSP. Le tableau 4-1 indique les conditions météorologiques et les débits au PK 46 durant la période d'échantillonnage.

Tableau 4-1 Conditions et nombre d'échantillons lors des travaux de carottage cryogénique aux frayères des PK 49 et PK 51

Date	Débit* (m ³ /s)	Frayères	
		PK 49	PK 51
4 juillet 2017	421	quatre carottes	
8 juillet 2017	283		trois carottes
29 août 2017	315		deux carottes

* Débit moyen journalier provenant de la station du PK 46 de la rivière Romaine

Le tableau 4-2 présente le sommaire des extractions aux PK 49 et 51. Sur la frayère du PK 49, les stations ont été positionnées afin de représenter différentes conditions de vitesses et de profondeurs d'écoulement (carte 4-3). L'échantillonnage à la frayère du PK 49 s'est déroulé le 4 juillet 2017. Aucune problématique particulière n'est survenue et quatre carottes ont été récupérées.

Tableau 4-2 Sommaire des extractions au carottier cryogénique par frayère

Frayère	Activités prévues	Activités complétées	Nom des échantillons récupérés
PK 49	Prélèvement de quatre carottes cryogéniques	Oui	PK49-F01 PK49-F02 PK49-F03 PK49-F04
PK 51	Prélèvement de cinq carottes cryogéniques	Oui	PK51-F01 PK51-F02 PK51-F03 PK51-F04* PK51-F05*

* Carottes prélevées en août 2017 (voir texte).

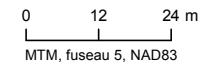


- ◆ Carotte extraite en juillet 2017 (carottier cryogénique)
- ◆ Carotte extraite en août 2017 (carottier cryogénique)
- Frayère
- PK 8 Point kilométrique de rivière
- ← Sens de l'écoulement

Complexe de la Romaine
Suivi environnemental 2017
en phase exploitation
Suivi de la population de saumon atlantique

**Localisation des carottages réalisés en juillet
et en août 2017 sur la frayère du PK 49 et
du PK 51 de la rivière Romaine**

Sources :
Ortho-image (Pleiades), résolution 50 cm, Hydro-Québec, 2014
Inventaires et cartographie : WSP, 2017
Fichier : 0344_suc4_3_geq_1525_sp_180910.mxd



Septembre 2018

Au PK 51, les stations d'échantillonnage ont été réparties tant dans la section amont que dans la section aval de la frayère (carte 4-3). Les carottes F01, F02 et F03 ont été prélevées le 8 juillet 2017. La carotte de la station F03 n'a pas été retenue pour l'analyse en laboratoire en raison de la perte des blocs dans la strate supérieure lors de son extraction. L'échantillonnage sur la frayère du PK 51 n'a pas pu être réalisé au complet le 8 juillet 2017 comme prévu en raison des problèmes suivants :

- Les activités ont débuté vers 9 h, car les conditions météorologiques (brouillard) ne permettaient pas à l'hélicoptère de voler plus tôt;
- Les débits plus élevés que prévu (deux groupes T/A en marche à la station de la Romaine-1 jusqu'à 9 h 30 plutôt que 6 h qui était initialement prévu) ont compliqué l'ancrage du ponton;
- Les activités d'élingage du matériel sur la plage adjacente à la frayère ont ensablé certains appareils, ce qui a requis un nettoyage de certaines pièces du carottier (les filets des tuyaux de métal du carottier) avant son assemblage.

Afin de compléter l'échantillonnage, deux autres carottes ont été prélevées le 29 août 2017 lors d'activités prévues dans le cadre de l'installation des dispositifs d'échantillonnage pour le suivi 2017-2018 de la qualité granulométrique des frayères naturelles. Pour faciliter les contraintes logistiques, les travaux se sont effectués à gué.

Tel que mentionné précédemment, les échantillons du substrat ont ensuite été acheminés directement au laboratoire de sédimentologie de WSP à Québec afin de réaliser le tri et les analyses granulométriques requises, sous la supervision d'un professionnel en sédimentologie.

4.1.3.2 Analyses granulométriques

Les analyses ont été effectuées selon les classes granulométriques suivantes : ≥ 128 mm, 90 à < 128 mm, 64 à < 90 mm, 45 à < 64 mm, 32 à < 45 mm, 16 à < 32 mm et < 16 mm, selon un gabarit métallique. Toutes ces fractions granulométriques ont été pesées et compilées. Toutes les fractions granulométriques < 16 mm de tous les échantillons ont été séchés à l'étuve, puis sous-échantillonnées pour tamisage au laboratoire de sédimentologie de WSP à Québec. Les sous-échantillons ont été tamisés selon les classes suivantes : ≥ 8 mm, 4 à < 8 mm, 2 à < 4 mm, 1 à < 2 mm, 0,5 à < 1 mm, 0,25 à $< 0,5$ mm, 0,125 à $< 0,25$ mm, 0,063 à $< 0,125$ mm et $< 0,063$ mm. Cette procédure est identique à celle utilisée lors des études antérieures sur la dynamique sédimentaire à l'échelle du nid de saumon réalisées en 2009-2010 et 2010-2011 (GENIVAR, 2011b, 2012c) et permet ainsi la comparaison des résultats. Les classes granulométriques utilisées dans ce rapport (tableau 4-3) font référence à la classification de Wentworth (1922).

Tableau 4-3 Classification granulométrique (modifiée d'après Wentworth, 1922)

Taille (mm)	Classe granulométrique	Groupe
≥ 256	Bloc	Sédiments grossiers
64 - < 256	Galet	
16 - < 64	Caillou	
2 - < 16	Gravier	
1 - < 2	Sable très grossier	Sédiments moyens
0,500 - < 1	Sable grossier	
0,250 - < 0,500	Sable moyen	
0,125 - < 0,250	Sable fin	
0,063 - < 0,125	Sable très fin	Sédiments fins
0,031 - < 0,063	Silt grossier	
0,015 - < 0,031	Silt moyen	
0,008 - < 0,015	Silt fin	
0,002 - < 0,008	Silt très fin	
<0,002	Argile	

Le logiciel Gradistat (Blott et Pye, 2001) a permis de calculer les paramètres granulométriques suivants pour chacun des échantillons analysés :

- D_{10} : Le diamètre des particules au 10^e percentile de la répartition statistique granulométrique (en d'autres mots, le diamètre maximal des particules les plus fines dont le groupe représente 10 % de la masse totale de l'échantillon). Ce paramètre offre des informations sur la taille minimale des particules d'un échantillon sans pour autant tenir compte des valeurs extrêmes (au D_{min} ou D_1).
- D_{50} : Le diamètre des particules au 50^e percentile de la distribution granulométrique. Il s'agit de la médiane de la répartition granulométrique de l'échantillon.
- D_{90} : Le diamètre des particules au 90^e percentile de la répartition granulométrique (en d'autres mots, le diamètre des particules au-delà duquel se retrouvent les plus grosses particules qui, cumulées, représentent 10 % de la masse totale de l'échantillon). Ce paramètre offre des informations sur la taille maximale des particules d'un échantillon sans pour autant tenir compte des valeurs extrêmes (au D_{max} ou D_{100}).

4.1.3.3 Calcul de l'indice de survie des embryons

Selon Peterson (1978), une proportion de sédiments fins (< 2 mm) inférieure à 20 % dans le substrat des frayères suggère un bon taux de survie des embryons. Cet indice a été calculé pour les échantillons collectés sur chacune des deux frayères.

4.2 Résultats et discussion

4.2.1 Débit, température de l'eau et déroulement de l'inventaire

L'inventaire des saumons juvéniles a été réalisé entre le 18 et le 20 octobre 2017, avant le transfert des juvéniles munis de transpondeurs passifs (chapitre 3). La température de l'eau de la Romaine au PK 46 (station ROMA0944) a varié entre 10,4 et 10,1 °C, alors que le débit était d'environ 200 m³/s (annexe A1-2). Les trois habitats d'alimentation et d'hivernage ont été entièrement inventoriés. Une tentative de décompte de juvéniles en soirée a aussi été faite le 25 octobre dans l'aire d'élevage amont du PK 49, mais seulement une petite partie de la zone a alors été inventoriée pour vérifier la faisabilité de cette méthode avec les contraintes de la Romaine (gestion des débits principalement). L'éclairage utilisé n'était alors pas optimal, puisque basé sur ce qui était disponible sur place, limitant ainsi la visibilité à un angle restreint et à une distance de seulement 1,5 m.

La caractérisation visuelle du substrat des habitats aménagés a été réalisée le 16 novembre 2017, alors que la température de l'eau et le débit moyen journalier de la Romaine étaient respectivement de 4,4 °C et d'environ 200 m³/s au PK 46 (station ROMA0944).

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

Parmi les trois habitats inventoriés, l'aire d'élevage amont du PK 49 se distingue par une plus grande abondance de saumons juvéniles (tableau 4-4, cartes 4-4 et 4-5). En effet, bien que la superficie de cet habitat représente 37 % de l'ensemble des habitats d'élevage aménagés, on y a observé 79 % des juvéniles en 2017, soit 15 spécimens. Leur densité sur ce site est donc estimée à 0,30/100 m². Dans les deux autres habitats inventoriés, seulement quatre juvéniles ont été recensés lors de l'inventaire pour une densité de 0,04 et de 0,07 / 100 m² (tableau 4-4, cartes 4-4, 4-5).

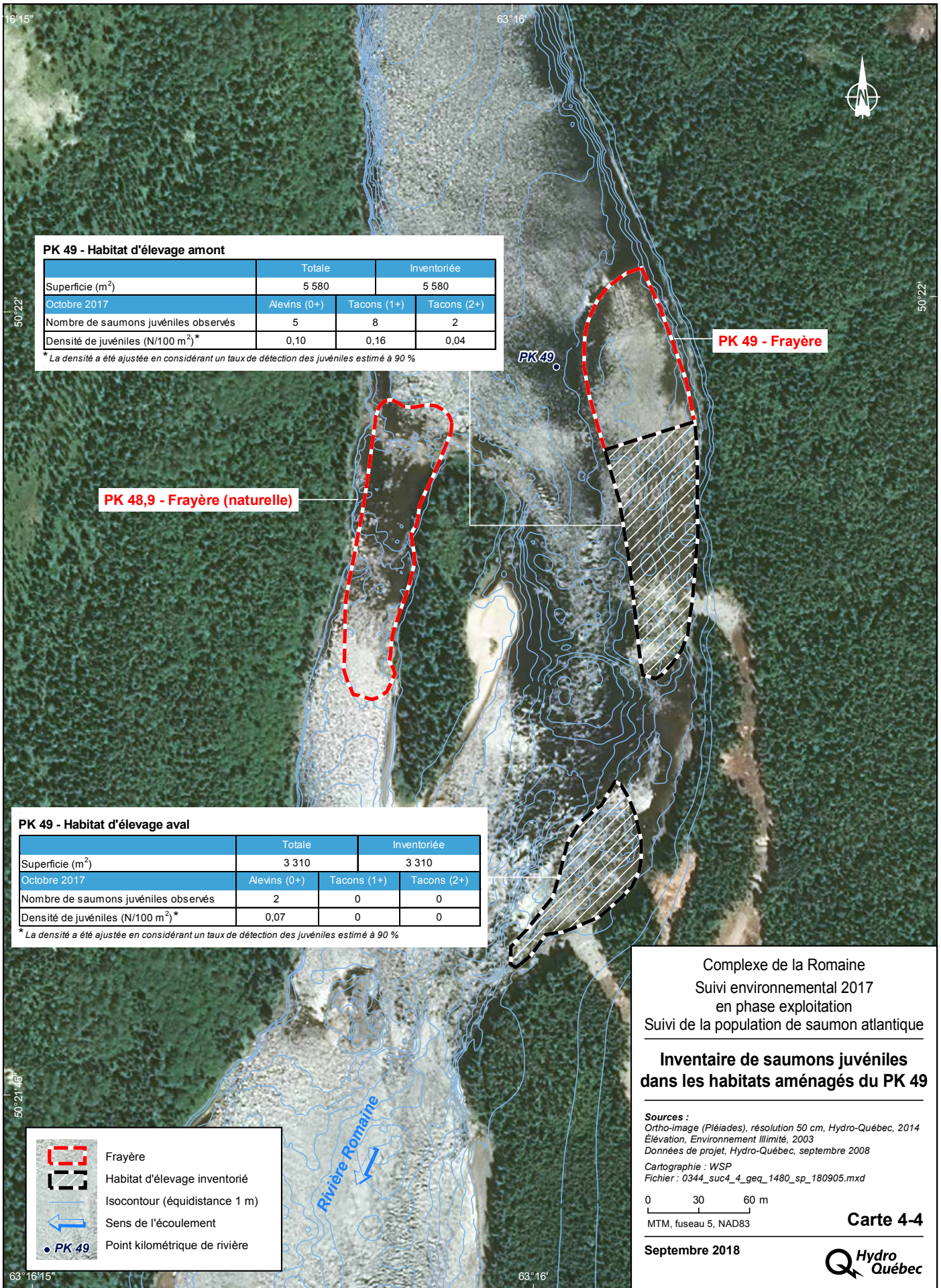
Tableau 4-4 Résultats de l'inventaire de juvéniles réalisé du 18 au 20 octobre 2017 dans les habitats d'élevage aménagés des PK 49 et PK 51

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	5 (0,10)	8 (0,16)	2 (0,04)	15 (0,30)
49	Aire d'élevage aval	3 310	3 310	2 (0,07)	0 (0)	0 (0)	2 (0,07)
51	Aire d'élevage	6 300	6 300	2 (0,04)	0 (0)	0 (0)	2 (0,04)
	Total	15 190	15 190	9 (0,07)	8 (0,06)	2 (0,01)	19 (0,14)

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

De manière générale, on note également que le cumul des alevins et des tacons est représenté de façon presque équivalente en considérant le total des trois aires d'élevage. Tous les tacons ont toutefois été observés sur l'aire d'élevage amont du PK 49.

Les saumons juvéniles observés dans les habitats d'élevage peuvent être issus des fraies de 2016 (alevins 0+), de 2015 (tacons 1+) ou de 2014 (tacons 2+), ainsi que desensemencements réalisés par la SSRP en 2017 (alevins 0+), en 2016 (tacons 1+) ou en 2015 (tacons 2+).



PK 49 - Habitat d'élevage amont

	Totale		Inventoriée
	Alevins (0+)	Tacons (1+)	Tacons (2+)
Superficie (m ²)	5 580		5 580
Octobre 2017			
Nombre de saumons juvéniles observés	5	8	2
Densité de juvéniles (N/100 m ²)*	0,10	0,16	0,04

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

PK 49 - Habitat d'élevage aval

	Totale		Inventoriée
	Alevins (0+)	Tacons (1+)	Tacons (2+)
Superficie (m ²)	3 310		3 310
Octobre 2017			
Nombre de saumons juvéniles observés	2	0	0
Densité de juvéniles (N/100 m ²)*	0,07	0	0

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

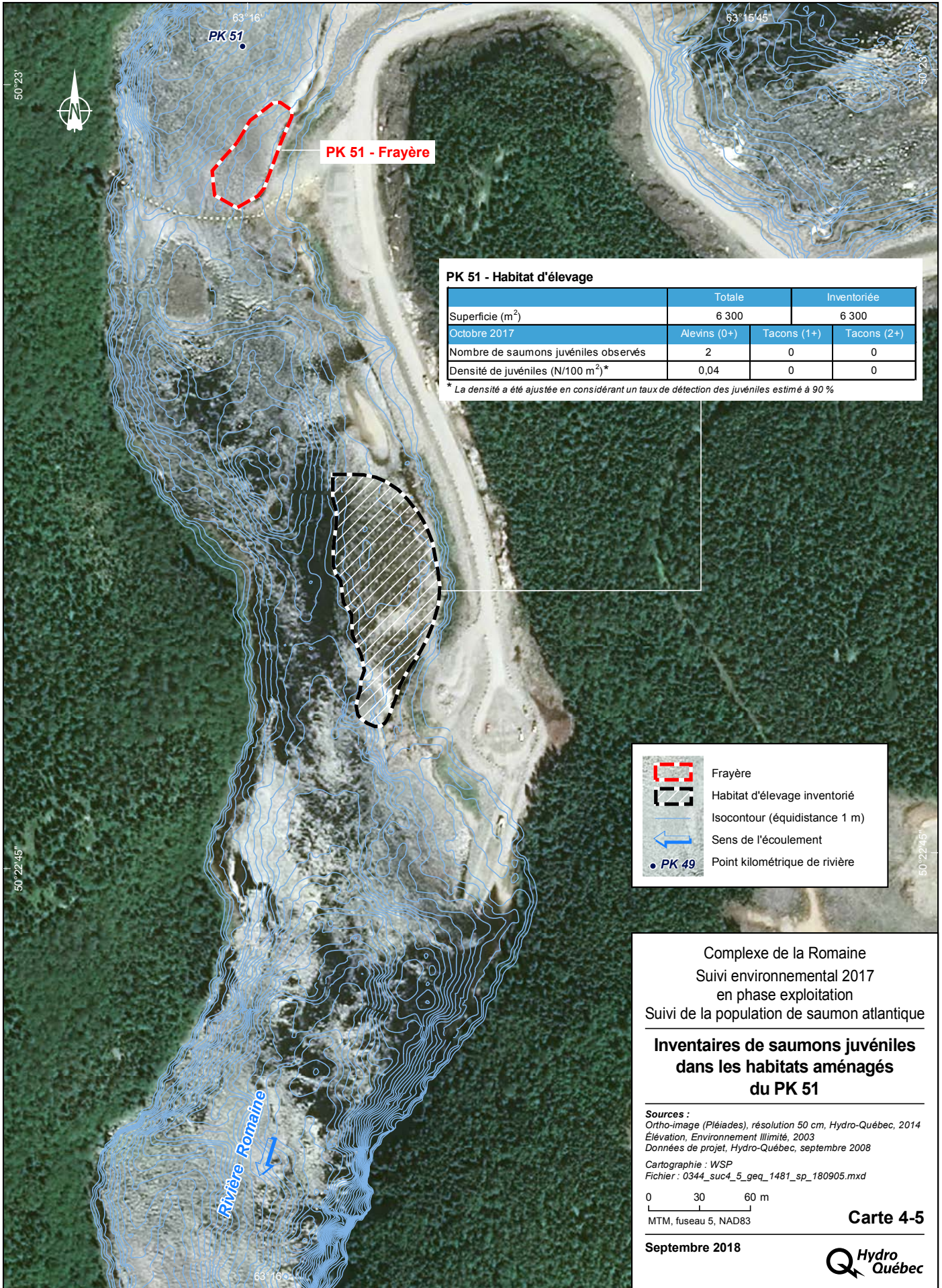
Complexe de la Romaine
 Suivi environnemental 2017
 en phase exploitation
 Suivi de la population de saumon atlantique

**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_suc4_4_geq_1480_sp_180905.mxd

0 30 60 m
 MTM, fuseau 5, NAD83

Carte 4-4
 Septembre 2018



Comparaison entre les aires d'élevage

Bien que les densités estimées de juvéniles soient faibles sur tous les habitats inventoriés ce qui pourrait en partie être attribuable à un taux de détection de juvéniles plus faible que 90 %, la tendance observée lors des suivis précédents se confirme en 2017. Ainsi, c'est à nouveau sur l'aire d'élevage amont du PK 49 que la densité de juvéniles est la plus grande (tableau 4-5). La plus grande densité de juvéniles rapportée sur l'aire d'élevage amont du PK 49 pourrait être en partie attribuable à la plus grande proximité de ce site avec les frayères utilisées par le saumon au cours des trois dernières années et aux ensemencements effectués par la SSRR depuis 2015.

De 2014 à 2016, on a dénombré successivement 21, 31 et 12 nids sur la frayère du PK 46,2, ainsi que 8, 47 et 86 nids sur la frayère du PK 49, après l'aménagement de celle-ci au printemps 2014 (WSP, 2015; 2016a; 2017a). Soulignons également la présence de 3 nids sur la frayère du PK 48,9 en 2016. En comparaison, la seule frayère située plus en amont sur la rivière, soit la frayère aménagée du PK 51 a été peu utilisée par le saumon pendant la même période avec 0, 2 et 5 nids répertoriés entre 2014 et 2016.

La SSRR a également procédé à des ensemencements d'alevins à proximité du PK 49 de 2015 à 2017, avec respectivement 3 000, 1 139, puis 7 067 alevins ensemencés (WSP, 2016b; 2017b; Uanan Experts Conseils, 2018) (annexe 13). Ces sites d'ensemencement se trouvent à plus d'un kilomètre en aval des aménagements du PK 51, alors que plusieurs sont situés tout près des aménagements du PK 49. En comparaison, aucun ensemencement n'a été réalisé par la SSRR en amont du PK 49 en 2015 et en 2016. En juin 2017, 10 680 alevins ont cependant été ensemencés dans le secteur des PK 50 et 51, favorisant l'utilisation de l'aire d'élevage du PK 51 par ceux-ci. Le faible nombre d'alevins recensés dans cet aménagement en octobre 2017 en comparaison à l'aire d'élevage amont du PK 49 suggère cependant que les alevins ensemencés se sont majoritairement dispersés vers l'aval. Soulignons également que l'aire d'élevage du PK 51, bien qu'elle soit adéquate pour la profondeur et la vitesse de courant (83 % de sa superficie correspond aux critères optimaux à 200 m³/s; WSP 2017a), est caractérisée par un recouvrement en sable plus élevé que les autres habitats aménagés, ce qui pourrait contribuer à en diminuer l'attrait pour les juvéniles (section 4.2.3).

Comparaison entre les stades de vie

En octobre 2017, les alevins et les tacons ont été recensés en nombre similaire sur l'ensemble des trois aires inventoriées. Toutefois, tous les tacons observés l'ont été dans l'aire d'élevage amont, où ils étaient plus abondants que les alevins. En raison des très faibles densités estimées, il est difficile d'expliquer les disparités dans l'utilisation des différents sites selon les stades de vie. Il est d'ailleurs 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 natatoire plus faible, les alevins ont davantage tendance à se disperser vers l'aval par rapport au site dont ils sont issus (nids ou ensemencements).

Tableau 4-5 Résultats de l'inventaire de juvéniles réalisé entre 2015 et 2017 dans les habitats d'élevage aménagés des PK 49 et PK 51

PK	Aménagement	Nombre de juvéniles observés (densité estimée en N/100 m ²) ¹											
		23 septembre 2015 (14,1 °C) ²		15 août 2016 (15,7 °C) ²		18 et 19 octobre 2016 (10,7 et 10,4 °C) ²		18 au 20 octobre 2017 (entre 10,4 et 10,1 °C) ²					
		Alevins (0+)	Tacons (1+, 2+)	Total	Alevins (0+)	Tacons (1+, 2+)	Total	Alevins (0+)	Tacons (1+, 2+)	Total	Alevins (0+)	Tacons (1+, 2+)	Total
49	Aire d'élevage amont	22 (0,53)	32 (0,76)	54 (1,29)	2 (0,04)	25 (0,50)	27 (0,54)	17 (0,34)	23 (0,46)	40 (0,80)	5 (0,10)	10 (0,20)	15 (0,30)
49	Aire d'élevage aval	-	-	-	0 (0)	2 (0,07)	2 (0,07)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (0,07)	0 (0)	2 (0,07)
51	Aire d'élevage	1 (0,02)	1 (0,02)	2 (0,04)	0 (0)	1 (0,02)	1 (0,02)	2 (0,04)	0 (0)	2 (0,04)	2 (0,04)	0 (0)	2 (0,04)
	Total	23 (0,24)	33 (0,35)	56 (0,59)	2 (0,01)	28 (0,21)	30 (0,22)	19 (0,14)	23 (0,17)	42 (0,31)	9 (0,07)	10 (0,07)	19 (0,14)

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.

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 4-5). Sur ce site, 54 juvéniles ont été dénombrés en septembre 2015 alors que l'eau était à 14 °C, suivi de 27 et de 40 en 2016, soit respectivement en août (environ 16 °C) et en octobre (entre 10 et 11 °C), puis de 15 juvéniles en octobre 2017 (environ 10 °C) (tableau 4-2). Rappelons qu'une telle tendance à la baisse est également observée chez les smolts de la sous-population de la Romaine (voir section 2.2.3.1).

Il est possible que les apports en sable et la présence d'algues dans ces habitats diminuent leur attrait pour les saumons juvéniles (voir section 4.2.3). La présence d'algues pourrait aussi diminuer le taux de détection des juvéniles. Enfin, la période d'inventaire, lequel a été réalisé en octobre en raison de l'exploitation de la centrale de la Romaine-1 (pas de possibilité de réalisation avant, car deux groupes T/A étaient en fonction), n'a pas été optimale au niveau de la température de l'eau (trop froide) qui limite les déplacements des juvéniles rendant difficile leur repérage.

4.2.3 Recouvrement du substrat

4.2.3.1 Estimation du recouvrement en sédiments fins

Frayères

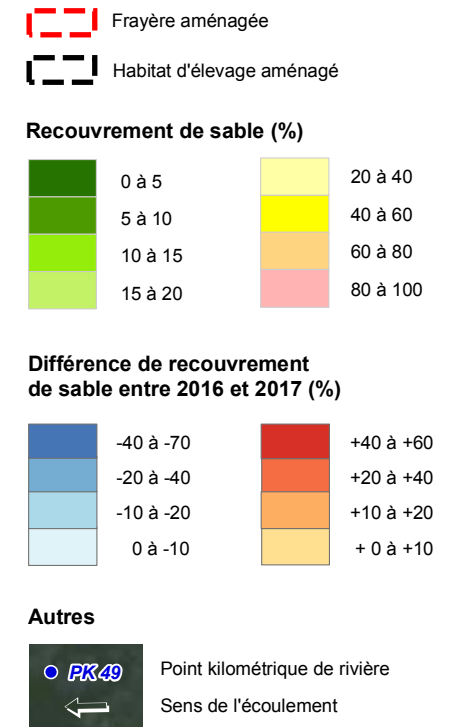
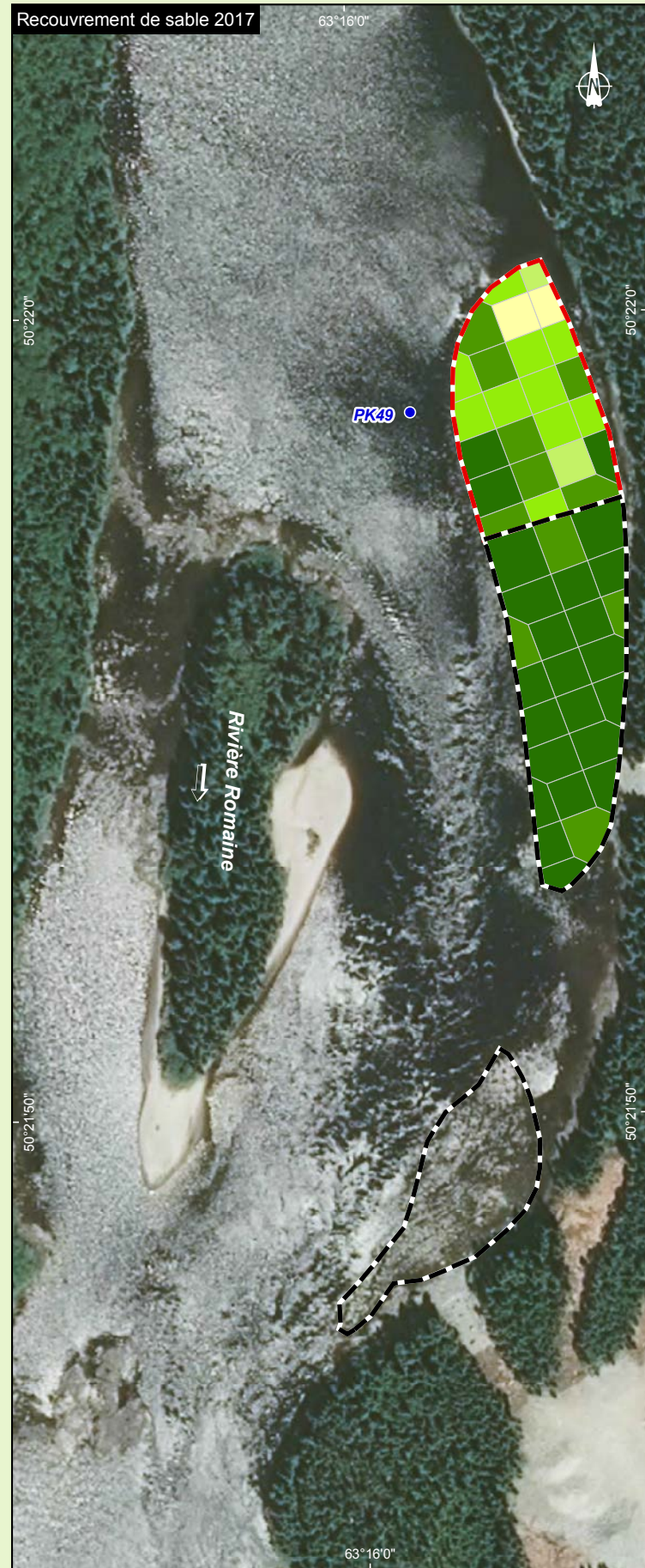
Pour la frayère du PK 49, le pourcentage de recouvrement en sable est inférieur ou égal à 10 % pour près de la moitié (46 %) de sa superficie (carte 4-6, annexe 14). Au centre et en amont de la frayère, les pourcentages de sable varient entre 10 et 20 %. Seules deux zones localisées près des berges dans la partie amont de la frayère montrent des pourcentages entre 20 et 40 % (carte 4-6). Le sable est sous forme de plaquage irrégulier sur la placette PK49-F14 (carte 4-1) et peut atteindre 10 mm d'épaisseur, tandis que sur la placette PK49-F13 le recouvrement de sable est interstitiel.

Sur la frayère du PK 51, le pourcentage de recouvrement en sable est presque toujours inférieur ou égal à 10 % en 2017. Une seule station était caractérisée par un ensablement plus important (60-80 %) à l'extrémité amont de la frayère (carte 4-7). L'épaisseur de sable dans ce secteur était toutefois faible (4 mm).

L'ensablement observé sur les frayères aménagées semble associé aux clés en enrochement qui assurent leur stabilité. En effet, celui-ci est perceptible surtout dans les portions amont des deux aménagements, immédiatement en aval de ces clés. Les causes exactes de cet ensablement sont inconnues pour le moment.

Comparaison des superficies recouvertes par du sable entre 2016 et 2017

Les superficies recouvertes par du sable observées en 2017 ont été comparées avec celles observées en 2016 pour les frayères du PK 49 et du PK 51. Pour chaque parcelle, les différences de recouvrement en sable observées entre 2016 et 2017 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 4-6).



« 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 2017 en phase exploitation
Suivi de la population de saumon atlantique

Évolution du recouvrement en sable sur les habitats aménagés du PK 49 en 2016 et 2017

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

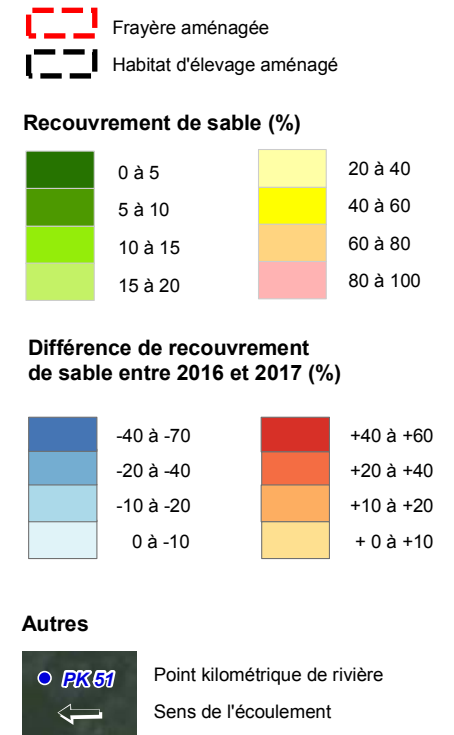
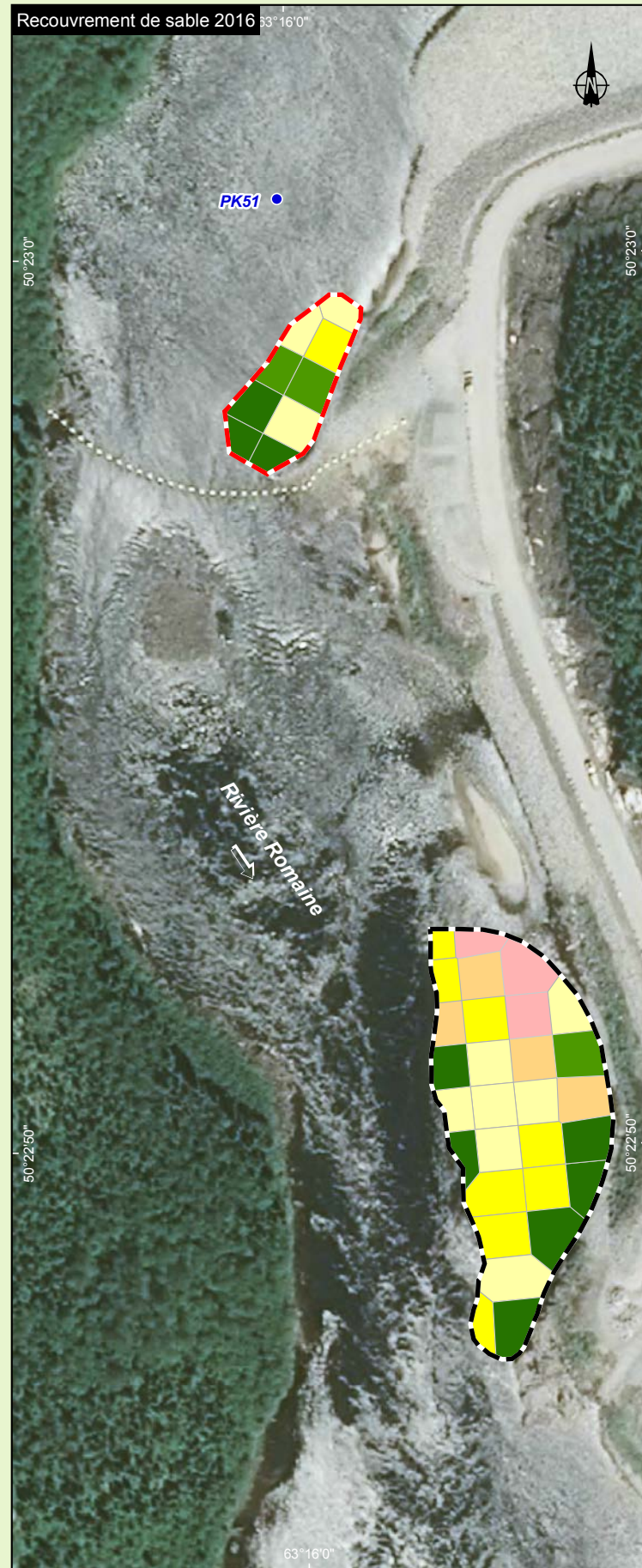
Inventaires et cartographie : WSP, 2017
Fichier : 0344_suc4_6_geq_1491_sp_180911.mxd

0 13 26 m
MTM, fuseau 5, NAD83

Septembre 2018

Carte 4-6





« 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 2017 en phase exploitation
 Suivi de la population de saumon atlantique

Évolution du recouvrement en sable sur les habitats aménagés du PK 51 en 2016 et 2017

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

Inventaires et cartographie : WSP, 2017
 Fichier : 0344_suc4_7_geq_1492_sp_180905.mxd

0 22 44 m
 MTM, fuseau 5, NAD83

Septembre 2018

Carte 4-7



Tableau 4-6 Évolution de la superficie (m²) recouverte de sable entre 2016 et 2017 sur la frayère du PK 49 et du PK 51

	Recouvrement en sable (%)						Moyenne (%) ²
	0-10	10-20	20-40	40-60	60-80	Total	
PK 49							
Superficie (m ²) 2016	3422	880	292	105	0	4699	8,6
Superficie (m ²) 2017	2142	2178	379	0	0	4699	13,1
Différence en m ²	-1280	1298	87	-105	0	-	-
Différence en %	-37	148	30	N/D	-	-	+4,5
PK 51							
Superficie (m ²) 2016	850	70	464	157	0	1541	16,3
Superficie (m ²) 2017	1281	0	0	0	131	1412 ¹	11,3
Différence en m ²	431	-70	-464	-157	131	-	-
Différence en %	51	N/D	N/D	N/D	N/D	-	-5

1 Le pourcentage de recouvrement en sable de la station PK51-F19 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 quadras associés à des polygones.

Le pourcentage moyen de recouvrement en sable sur la frayère du PK 49 a augmenté de 4,5 % entre 2016 et 2017, passant de 8,6 à 13,1 % (tableau 4-6). Ce changement s'exprime toutefois différemment selon les classes de recouvrement. Le recouvrement diminue de 1 280 m² (-37 %) pour la classe 0 à 10 %, alors qu'il augmente de 1 298 m² (148 %) pour la classe de 10 à 20 % et de 87 m² (30 %) pour celle de 20 à 40 %. Les augmentations du pourcentage en sable sont principalement situées au centre de la frayère et le secteur amont, vers la rive (carte 4-6). Des diminutions du pourcentage de sable sont observées en rive et vers le thalweg. Une amélioration de la qualité du substrat est également observée dans la partie amont (vers le thalweg).

À la frayère du PK 51, le pourcentage moyen de recouvrement en sable diminue de 5 % entre 2016 et 2017, passant de 16,3 à 11,3 % (tableau 4-6). Presque toutes les parcelles se retrouvent désormais dans la classe de 0 à 10 % de recouvrement, pour laquelle on note une augmentation de 431 m² ou 51 % par rapport à 2016. Dans la portion amont de l'aménagement, on note à l'inverse la présence d'une parcelle dont le recouvrement en sable se situe maintenant entre 60 et 80 % (131 m²). L'augmentation la plus élevée du pourcentage de recouvrement en sable entre 2017 et 2016 a été observée dans la section amont de la frayère, mais globalement la majorité des parcelles montrent une diminution (carte 4-7).

En 2017, le pourcentage moyen de recouvrement en sable est similaire sur les deux frayères, ce qui n'était pas le cas en 2016, ce pourcentage étant deux fois plus important au PK 51 qu'au PK 49.

Habitats d'élevage

Quatorze des stations de l'habitat d'élevage amont du PK 49 sont caractérisées par un substrat sans sable (recouvrement de 0 %, annexe 14), soit 62 %, six (25 %) montrent des pourcentages de recouvrement en sable de 5 % et seulement quatre stations (17 %) affichent un pourcentage dans la classe de 5 à 10 % (carte 4-6, annexe 14).

L'habitat d'élevage du PK 51 est caractérisé par un recouvrement en sable plus élevé que les autres habitats aménagés (carte 4-7). Bien que plus de la moitié (59 %) des stations y soient caractérisées par un recouvrement en sable de 10 % ou moins, on y dénombre six stations (21 %) affichant un recouvrement en sable d'au moins 40 % (annexe 14). Ces dernières présentent aussi généralement une épaisseur de sable plus grande (8 à 24 mm). Les valeurs les plus élevées sont concentrées en amont de l'habitat (carte 4-7) directement en aval de la clé en enrochement avec des pourcentages de recouvrement de plus de 60 % et un recouvrement continu. Cette zone est dans l'axe d'un banc alluvial localisé juste en amont.

Comparaison des superficies recouvertes par du sable entre 2016 et 2017

Pour l'habitat d'élevage du PK 49, le pourcentage moyen de recouvrement en sable augmente de 1,3 % entre 2016 et 2017, passant de 1,7 à 3,0 % (tableau 4-7). Une augmentation est observée pour la classe de 0 à 10 % (201 m² ou 3,7 %) tandis que le recouvrement a diminué pour la classe de 10 à 20 % (201 m²). C'est dans la section amont, vers la rive (proche de la clé en enrochement), que l'amélioration du substrat entre 2016 et 2017 est la plus importante (carte 4-6).

Tableau 4-7 Évolution de la superficie (m²) recouverte de sable entre 2016 et 2017 sur l'habitat d'élevage du PK 49 et du PK 51

	Recouvrement en sable (%)						Total	Moyenne (%) ¹
	0-10	10-20	20-40	40-60	60-80	80-100		
PK 49								
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
Différence en m ²	201	-201	0	0	0	0	-	
Différence en %	3,7	N/D	-	-	-	-	-	+1,3
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
Différence en m ²	2226	677	-590	-1217	-440	-656	-	
Différence en %	140	N/D	-37	-76	-51	N/D	-	-20,9

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

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

Le pourcentage moyen de recouvrement en sable sur l'habitat d'élevage du PK 51 a diminué de 20,9 % entre 2016 et 2017, passant de 39,2 à 18,3 % (tableau 4-7). Le recouvrement augmente de 2 226 m² (140 %) pour la classe 0 à 10 % et de 677 m² pour celle de 10 à 20 %. Le recouvrement diminue cependant pour les classes comprises entre 10 et 100 % (cumul de 2 903 m² et diminution variant entre 37 et 76 % par classe). C'est en rive que la plus forte augmentation du pourcentage de sable a été observée (carte 4-7). Quant aux diminutions des proportions de recouvrement en sable, elles sont généralisées sur l'habitat d'élevage.

Bilan

Globalement, le recouvrement en sédiments fins a diminué entre 2016 et 2017. Cette diminution est plus importante pour les aménagements du PK 51. Pour ceux du PK 49, l'habitat d'élevage demeure en totalité à moins de 10 % de recouvrement malgré une légère hausse de la moyenne des stations échantillonnées. La frayère, par contre, montre une hausse moyenne de recouvrement bien que près de la moitié des stations soit sous les 10 %.

4.2.3.2 Estimation du recouvrement en algues

La présence anormalement élevée d'algues dans le cours principal de la Romaine 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 réalisés depuis les années 1970.

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 qui a notamment été documentée lors du suivi de la dévalaison des smolts en 2015, puis en 2016 (WSP, 2016a, 2017a). En 2017, ces algues étaient encore présentes pendant la dévalaison des smolts (section 2.2.3.3), mais en quantité moindre qu'au cours des deux années précédentes, puis elles sont disparues à la fin de l'été pour réapparaître en octobre.

De la même manière, les habitats aménagés situés dans la portion amont du tronçon de la Romaine accessible au saumon (PK 49 et PK 51) étaient partiellement recouverts par des algues à l'automne 2015 et ce recouvrement avait augmenté à l'automne 2016 (WSP, 2017a). Aucun recouvrement significatif n'a toutefois été noté en septembre 2017, au moment où ce volet du suivi était prévu. Néanmoins, ces algues étaient à nouveau abondantes sur les habitats aménagés lors du décompte de juvéniles à la fin octobre 2017. Ce retour des algues à l'automne est possiblement lié à la mise en eau du réservoir de la Romaine 3 qui s'est échelonné du 10 mai au 12 juin 2017. Une évaluation qualitative a été effectuée en novembre lors de l'évaluation visuelle de la granulométrie. Elle indique que le recouvrement est présent, mais à un niveau moindre qu'en 2016.

Une augmentation de la quantité d'algues dans la Romaine est donc également anticipée après la mise en eau du réservoir de la Romaine 4 prévu pour 2020. Cette situation serait cependant temporaire et n'est pas représentative des conditions normales d'exploitation.

4.2.4 Carottage du substrat sur les frayères aménagées

L'extraction des carottes cryogéniques a permis d'obtenir un portrait de la structure verticale du substrat des frayères pour les 40 premiers centimètres depuis la surface, soit environ la profondeur maximale des nids de saumon. L'analyse visuelle des pourcentages de sable de chaque strate de chacune des carottes ainsi que l'analyse granulométrique des échantillons homogénéisés effectuée en laboratoire ont permis de déterminer la proportion de chaque classe granulométrique considérée.

4.2.4.1 Analyses visuelles

Frayère du PK 49

L'analyse visuelle de la proportion en sable pour chaque tranche de 5 cm des carottes montre que pour la frayère du PK 49, la majorité des strates ont une proportion visuelle apparente de sable inférieure à 10 % (tableau 4-8; figure 4-2 photos a-d). Les strates supérieures (0 à 15 cm) des carottes F01 et F02 ont des proportions apparentes en sable entre 10 et 20 %.

Frayère du PK 51

En ce qui concerne la frayère du PK 51, la proportion apparente en sable varie d'une carotte à l'autre (tableau 4-8; figure 4-2 photos e-h). Ainsi, la carotte F01, localisée en aval de la frayère (carte 4-3), contient une proportion apparente en sable entre 10 et 20 % sur les 25 premiers centimètres et une proportion visuelle de sable entre 20 et 50 % de 25 à 40 cm. Les carottes F02 et F04 montrent majoritairement une proportion apparente en sable inférieure à 10 % en surface (0 et 10 cm). Cependant, la proportion visuelle en sable augmente en profondeur entre 20 à 50 % pour la carotte F04 qui est localisée en amont de la frayère proche de la clé en enrochement. La carotte F05, située également dans la section amont de l'enrochement, montre une proportion apparente en sable égale ou inférieure à 50 %.

4.2.4.2 Analyses granulométriques

Frayère du PK 49

Le résultat des analyses granulométriques des strates de 0 à 40 cm confondues indique que chacune des carottes de la frayère du PK 49 ont un D_{50} qui correspond à la taille des cailloux, sauf F04 qui a un D_{50} plus grossier correspondant aux galets (tableau 4-9). Les carottes F01, F03 et F04 ont des D_{90} plus élevés correspondant aux galets. Il faut cependant noter que le D_{90} de la carotte F04 est surévalué en raison de la présence d'un très gros galet (figure 4-2 photo d). Pour toutes les carottes, les valeurs du D_{10} correspondent aux graviers ou aux cailloux (tableau 4-9). La proportion de sédiments < 2 mm inférieurs à 20 % démontre également le peu de sédiments fins à toutes les stations (tableau 4-10).

Tableau 4-8 Analyse visuelle de la proportion en sable à différentes profondeurs dans le substrat de la frayère aménagée du PK 49 et PK 51 de la rivière Romaine

Profondeur des strates depuis la surface du substrat (cm)	PK 49					PK 51				
	F01	F02	F03	F04	F05	F01	F02	F04	F05	
0-5	C	C	D	D	C	C	D	D	C	
5-10	C	C	D	D	C	C	D	D	B	
10-15	D	C	D	D	C	C	D	B	B	
15-20	C	D	D	D	C	C	C	B	B	
20-25	D	C	-	D	C	C	C	B	D	
25-30	D	D	-	D	B	B	D	-	-	
30-35	D	D	-	D	B	B	D	-	-	
35-40	D	D	-	-	B	B	D	-	-	
Profondeur atteinte (cm)	75	75	20	33	45	45	45	25	25	

- A :** Substrat grossier avec matrice sableuse : graviers, galets et blocs non jointifs et proportion apparente de **sable > 50 %** ;
B : Substrat grossier avec matrice sableuse : graviers, galets et blocs non jointifs et proportion apparente de **sable > 20 et ≤ 50 %** ;
C : Substrat grossier avec matrice de gravier : galets et blocs non jointifs et proportion apparente de **sable ≥ 10 et ≤ 20 %** ;
D : Substrat grossier jointif : graviers, galets et blocs jointifs et sable apparent absents ou en très faible proportion, soit < **10 %**.

Tableau 4-9 Valeurs du D10, D50 et D90 des échantillons prélevés à la frayère du PK 49 et du PK 51 de la rivière Romaine (toutes strates confondues) et classes granulométriques associées selon l'échelle de Wentworth (1922)

Frayère	Station	D ₁₀			D ₅₀			D ₉₀		
		Taille (mm)	Classe granulométrique	Taille (mm)	Classe granulométrique	Taille (mm)	Classe granulométrique	Taille (mm)	Classe granulométrique	
PK 49	F01	16,2	Caillou	39,2	Caillou	69,4	Galet			
	F02	6,3	Gravier	32,7	Caillou	58,5	Caillou			
	F03	16,6	Caillou	39,2	Caillou	69,9	Galet			
	F04	25,8	Caillou	66,3	Galet	143,5	Galet			
PK 51	F01	0,7	Sable grossier	25,8	Caillou	80,1	Galet			
	F02	16,7	Caillou	80,0	Galet	144,4	Galet			
	F04	9,6	Gravier	70,6	Galet	114,9	Galet			
	F05	0,9	Sable grossier	44,0	Caillou	92,2	Galet			

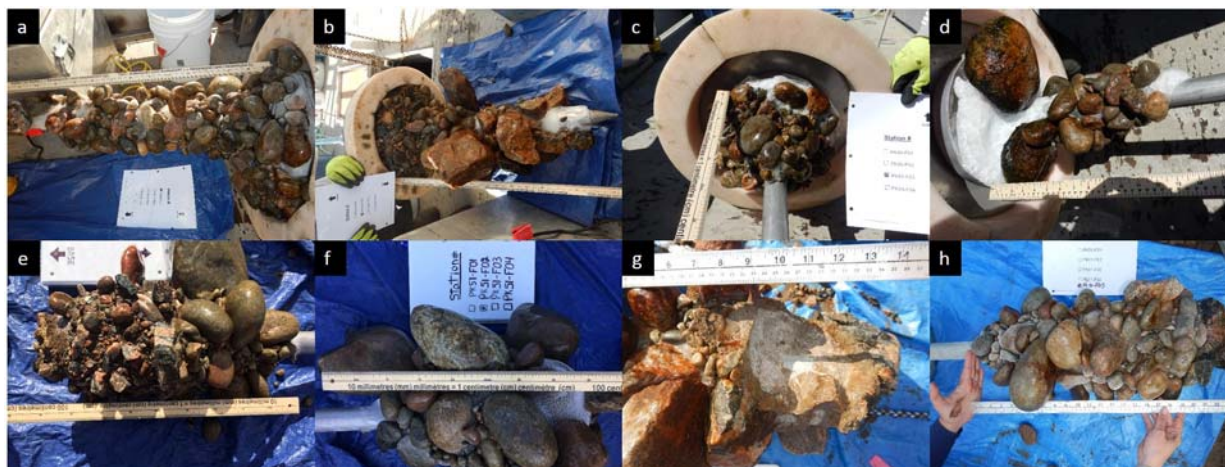


Figure 4-2 Photographies des carottes extraites de la frayère aménagée de la rivière Romaine aux stations du PK 49: a) F01; b) F02; c) F03; d) F04 et aux stations du PK 51 e) F01; f) F02; g) F04 et h) F05

Tableau 4-10 Proportion des sédiments fins (%) < 2 mm des échantillons prélevés sur la frayère du PK 49 et du PK 51 de la rivière Romaine (toutes strates confondues)

Fraysère	Station	< 2 mm (%)
PK 49	F01	0,49
	F02	0,14
	F03	0,02
	F04	0,81
PK 51	F01	15,30
	F02	7,57
	F04	6,07
	F05	11,25

Fraysère du PK 51

Le substrat des échantillons de cette frayère, toutes strates confondues, est un peu plus hétérogène que ceux de la frayère du PK 49 du moins en ce qui concerne les D10 et les D50 (tableau 4-9). Par exemple, les D50 couvrent une plus large gamme de valeurs comparativement à la frayère du PK 49 et les stations F01 et F05 ont une valeur du D₁₀ beaucoup plus faible correspondant aux sables grossiers (tableau 4-9). Enfin, les proportions de sable (<2 mm) sont globalement plus élevées que sur la frayère du PK 49, mais se situent toutes en deçà du seuil de 20 % de l'indice de Peterson (tableau 4-10).

Bilan

Les frayères aménagées ont été construites avec un mélange sélectionné de gravier et de cailloux (tamisé et nettoyé), composé de 25 % de gravier fin (Ø = 4 à 30 mm), de 40 % de gravier grossier (Ø = 30 à 60 mm) et de 35 % de blocs de petite à moyenne taille (Ø = de 60 à 200 mm)

(Hydro-Québec, 2014). Les résultats des analyses granulométriques des carottes extraites en juillet et août 2017 dans les frayères aménagées au PK 49 et au PK 51 de la rivière Romaine ont une distribution granulométrique hétérogène d'une frayère à l'autre de même qu'à l'intérieure d'une même frayère qui peut être comparée avec le substrat de départ.

Au PK 49, les D_{10} grossiers (caillou, gravier) démontrent la faible proportion de sédiments fins dans le substrat actuel de cette frayère aménagée. En comparant avec la composition initiale de la frayère, les valeurs des D_{10} sont supérieures à la taille minimale des matériaux utilisée lors de la construction. Ainsi, il y a eu peu de changements dans la composition granulométrique de la frayère depuis sa mise en place. De plus, l'analyse visuelle du substrat de surface présenté à la section 4.2.3 démontre également une bonne qualité du substrat de surface et la présence de plusieurs nids aux environs des échantillonnages réalisés.

Au PK 51, le substrat actuel de cette frayère aménagée a changé depuis sa mise en place. Les D_{10} plus faibles (F01 et F04) correspondant aux sables grossiers démontrent qu'il y a des sédiments inférieurs à ceux utilisés lors de la construction qui ont pu s'infiltrer dans le substrat. De plus, la position des échantillons F01 et F04 correspondent à des zones (vers la rive, proche de la clef en enrochement) où un pourcentage supérieur de sable a été noté lors de l'analyse visuelle du substrat (voir section 4.2.3). Cependant, c'est très localisé sur la frayère, car le D_{10} des carottes F02 et F03 est supérieur à 4 mm.

Pour les deux frayères, les proportions en sédiments inférieurs à 2 mm se situent toutes en deçà du seuil de 20 % de l'indice de Peterson, donc considéré comme bon pour le taux de survie des embryons.

5. 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.

5.1 Matériel et méthode

5.1.1 Déroulement de la fraie

L'année 2017 correspond à la troisième année complète où la population de saumon du cours principal de la Romaine est soumise à des températures de l'eau modifiées par la mise en eau des réservoirs et l'exploitation du complexe hydroélectrique. La présence des réservoirs de la Romaine 1 et de la Romaine 2 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 visites ont été réalisées sur la frayère naturelle du PK 46,2 (deux visites), et les frayères aménagées des PK 49 (trois visites) et 51 (une visite). Elles ont eu lieu les 21 et 27 octobre, ainsi que le 2 novembre 2017. Lors des 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 (sites remaniés par les saumons) ont également été régulièrement dénombrés.

5.1.2 Décompte de nids de fraie

Rivière Romaine

Les informations amassées pour documenter le déroulement de la fraie ont permis de s'assurer que le décompte de nids soit réalisé après la fin des activités de fraie du saumon. Puisque le débit de la Romaine est désormais régularisé, le décompte se fait aisément dans des conditions adéquates. Le dénombrement des nids du cours principal de la Romaine a été réalisé entre le 7 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 des travaux d'aménagement de la centrale de la Romaine-1.

Les deux principales frayères 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 2017, de même que les deux frayères aménagées par Hydro-Québec au printemps 2014 aux environs des PK 49 et 51.

Comme au cours des années précédentes, le décompte des nids s'est effectué en plongée non autonome sur les frayères des PK 34,5 et 46,2 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 la frayère du PK 48,9, ainsi que pour les deux frayères aménagées des PK 49 et 51, le décompte a été effectué en apnée, puisque la profondeur d'eau était 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 la frayère du PK 46,2, l'emplacement des nids a été relevé précisément à l'aide d'un DGPS. Sur les quatre autres frayères inventoriées dans le cours principal de la Romaine, les nids ont plutôt été positionnés à l'aide d'un croquis basé sur les observations réalisées au terrain. En plus des nids proprement dits, les balayages réalisés par les saumons ont également été systématiquement comptabilisés. 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.

Rivière Puyjalon et 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, pour la première fois en 2017, pouvait 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 31 octobre et le 15 novembre.

Dans les rivières Puyjalon, Bat-le-Diable et Allard, une équipe de trois apnéistes ont inspecté le lit des rivières en se laissant dériver simultanément et parallèlement à la rive et en balayant visuellement toute la largeur du cours d'eau. Cette méthode est la même depuis le début de ces décomptes en 2010. Dans les secteurs à plus fort courant, les plongeurs s'attachaient à des lignes de vie reliées à des coéquipiers en rive et effectuaient des balayages transversaux (annexe 4, photo 19).

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 matériel 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. Comme en 2016, une proportion d'un nid sur deux a été visée en 2017, afin de pouvoir évaluer précisément la proportion de nids avec œufs. De plus, lorsque la fouille habituelle ne permettait pas de voir d'œufs, une fouille profonde 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, des œufs ont également été amassés pour l'étude sur les microbiotes de saumon par la SSRR.

Soulignons que les apnéistes et plongeurs affectés au dénombrement des nids de saumon sont des techniciens de la faune ayant une solide expérience dans l'identification de nids de saumon sur la Romaine et ses tributaires, permettant une grande constance dans les décomptes d'une année à l'autre. Il est à préciser que les décomptes de nids constituent un bon indicateur permettant de dégager des tendances dans l'abondance du stock de saumons reproducteurs laissé sur les frayères. Toutefois il comporte certains biais, tels que la présence de nids sans œufs ou la variabilité du nombre d'œufs par nid.

5.2 Résultats et discussion

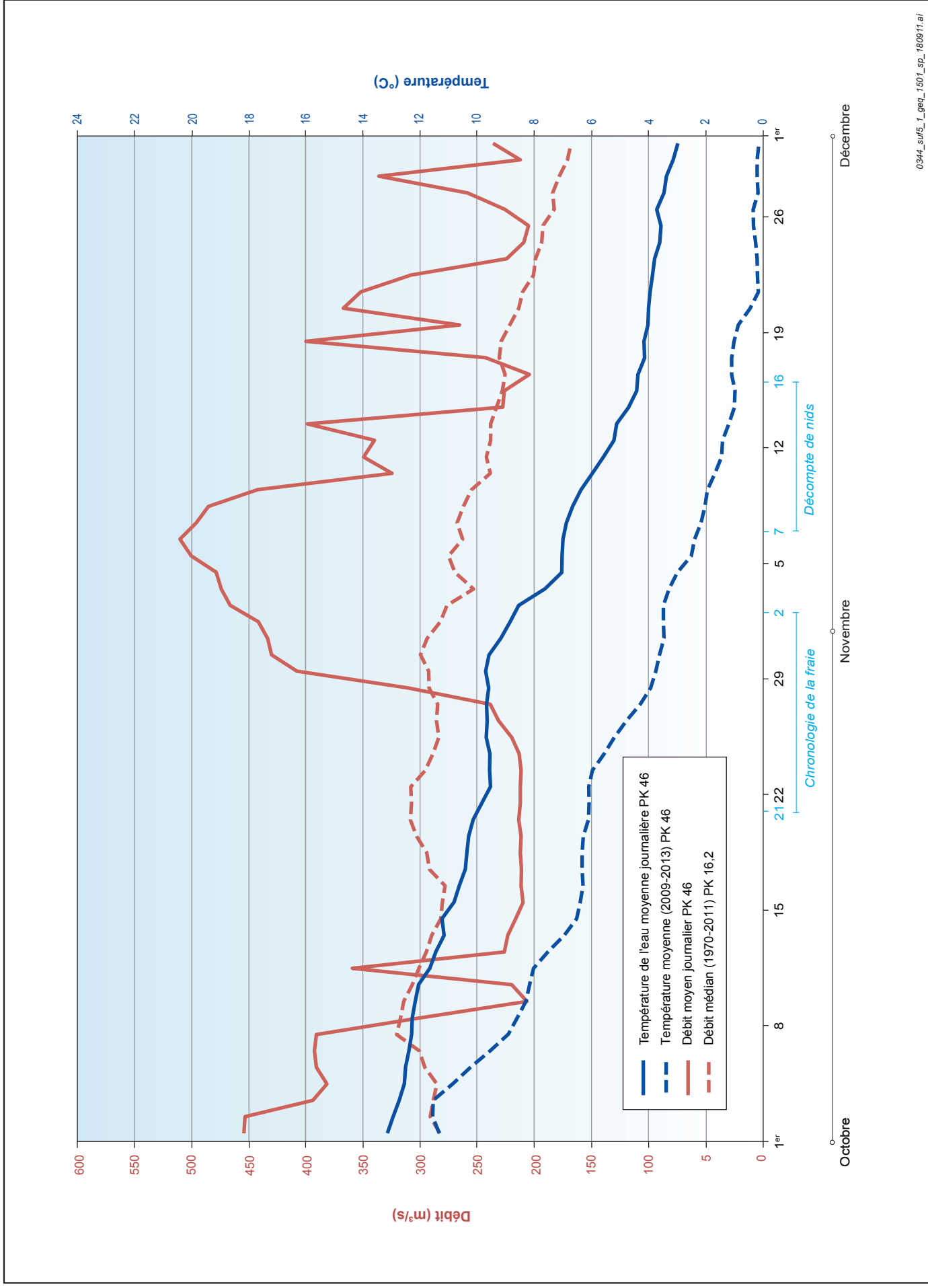
5.2.1 Déroutement de la fraie

5.2.1.1 Débit et température de l'eau

Pendant la première semaine d'octobre, la température de l'eau de la Romaine était stable aux environs de 12 à 13 °C aux stations ROMA0943 et ROMA0944 situées respectivement aux PK 34 et 46. La température s'est ensuite abaissée graduellement passant sous les 10 °C aux deux stations le 21 octobre. Elle est ensuite demeurée relativement stable jusqu'à la fin du mois (entre 9 et 10 °C) avant de s'abaisser de façon marquée pendant les deux premières semaines de novembre. La température de l'eau est passée sous les 7 °C aux deux stations le 7 novembre et elle était d'environ 4 °C à la mi-novembre (figure 5-1).

Depuis le remplissage du premier réservoir aménagé sur le cours principal de la Romaine (réservoir de la 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. La température moyenne de l'eau au PK 46 de la Romaine en octobre a ainsi été similaire en 2014 (10,7 °C), en 2015 (10,6 °C), en 2016 (10,5 °C) et en 2017 (10,9 °C), mais elle est plus chaude que lors des années précédentes (moyenne de 7,0 °C pour la période 2009-2013; figure 5-1).

Figure 5-1 Températures et débits (PK 46) moyens journaliers de la Romaine en octobre et en novembre 2017



Le débit de la Romaine est désormais régularisé et ses fluctuations découlent ainsi 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 relativement constant, soit un ou deux groupes T/A pendant toute la période ou jusqu'à ce que la fin de la fraie soit confirmée par les observations faites au terrain.

Dans la rivière Puyjalon, la température de l'eau enregistrée à la station RPUY0680 est demeurée stable aux environs de 10 °C dans la première moitié du mois d'octobre. Entre le 12 et le 22 octobre, elle s'est toutefois abaissée rapidement passant de 10 à 6 °C avant de remonter à 9 °C le 27 octobre. À partir de cette date, la température de l'eau s'est à nouveau abaissée rapidement. Elle est passée sous les 6 °C le 2 novembre, puis sous 3 °C le 12 novembre. Quant au débit moyen journalier de ce tributaire, il s'est généralement maintenu entre 15 et 25 m³/s pendant presque tout le mois d'octobre, avant d'augmenter considérablement à partir du 27 octobre, en raison des précipitations élevées dans le secteur. Le débit moyen journalier de la Puyjalon a ensuite atteint une forte pointe à 167 m³/s, avant de redescendre aux alentours de 50 m³/s à la mi-novembre.

5.2.1.2 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, 49 et 51 sont résumées au tableau 5-1. Parmi les trois frayères visitées, seule la frayère du PK 49 a toutefois pu être visitée à trois reprises. En effet, le niveau d'eau élevé sur la frayère du PK 46,2 lors de la visite du 2 novembre n'a pas permis d'y faire d'observation adéquate. Quant à la frayère du PK 51, elle n'a été visitée que le 21 octobre.

Tableau 5-1 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)	PK 51 (aménagée)
21 octobre	9,8	10,1	9 balayages, 1 mâle, 2 tacons	8 balayages, 1 adulte	2 balayages
27 octobre	9,7	8,7	5 nids, 7 balayages, 3 adultes, 4 tacons	7 nids, 6 balayages, 2 adultes (1 mâle), 5 tacons	(Non visité)
2 novembre	8,6	7,6	(Visibilité trop faible)	20 nids, 1 balayage, 4 tacons	(Non visité)

Lors de la première visite, aucun nid n'a été recensé sur l'une ou l'autre des frayères visitées, bien que deux saumons adultes aient été aperçus. Par la suite, plusieurs nids ont été dénombrés sur les frayères des PK 46,2 et 49 au cours de la seconde visite, tandis que cinq saumons adultes ont été observés, témoignant de l'avancée des activités de fraie. Lors de la troisième visite au PK 49, le nombre de nids avait considérablement augmenté et aucun saumon n'a été aperçu, suggérant que la fraie était alors terminée. Cependant, lors du décompte de nids sur cette frayère les 7 et 16 novembre, cinq nouveaux nids s'étaient ajoutés.

Soulignons également que quelques saumons adultes ont été observés pendant le dénombrement des nids sur les frayères des PK 34,5 (un saumon les 12 et 13 novembre) et 46,2 (cinq saumons les 7 et 8 novembre). Le comportement agressif de certains mâles indique toutefois que la fraie était alors terminée. La fraie dans le cours principal de la Romaine s'est donc vraisemblablement terminée entre le 2 et le 7 novembre. La photo 20 de l'annexe 4 montre un saumon adulte mâle sur la frayère naturelle du PK 46,2.

Dans le bassin de la Puyjalon accessible au saumon, le décompte de nids a été fait le 31 octobre et le 1^{er} novembre dans la rivière Allard et le 1^{er} novembre dans la Bat-le-Diable. Trois saumons ont été aperçus pendant le décompte dans la rivière Allard, mais la fraie était terminée. Un premier décompte a aussi été amorcé sur la rivière Puyjalon le 1^{er} novembre, avant une importante pointe de crue. Les observations réalisées lors de la deuxième visite sur la Puyjalon les 14 et 15 novembre indiquent cependant que des activités de fraie ont eu lieu après le 1^{er} novembre dans ce tributaire. Le décompte a donc été entièrement refait lors de ces deux journées. Un tel décalage entre la Puyjalon et ses tributaires a fréquemment été observé.

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 5-2), et ce, malgré un refroidissement plus tardif de l'eau à partir de l'automne 2014. En 2016 et en 2017, la fin de la fraie est cependant survenue un peu plus tard, soit le 4 novembre en 2016 et entre le 2 et le 7 novembre en 2017. Soulignons que lors de ces deux années, 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.

Tableau 5-2 Moment du décompte des nids, température de l'eau et état d'avancement de la fraie, entre 2010 et 2017

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

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

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.

Comme au cours des dernières années, des activités de fraie ont été observées aux mêmes dates qu'en conditions naturelles, à des températures aussi chaudes que 7 à 10 °C (tableau 5-1). Ces observations soulignent l'influence non négligeable de la photopériode sur le moment du déclenchement de la fraie. 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 *in* 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 (maturation plus tardive des gonades) pouvant s'opérer sur plusieurs années. Le déroulement de la fraie dans le cours principal de la Romaine continuera de faire l'objet d'un suivi au cours des prochaines années afin de s'assurer que le décompte de nids est réalisé au moment opportun.

5.2.2 Décompte de nids de fraie

5.2.2.1 Nombre de nids de fraie en 2017

Au cours de l'inventaire de l'automne 2017, 181 nids de saumon ont été dénombrés, soit 93 dans le cours principal de la Romaine, 78 dans la Puyjalon, 7 dans la rivière Allard et 3 dans la Bat-le-Diable (tableau 5-3). La répartition des nids dans le bassin de la Romaine est illustrée sur la carte 5-1 alors que le tableau de l'annexe 15 présente le détail des données colligé lors du décompte de nids.

Tableau 5-3 Nombre de nids de fraie et température de l'eau sur les frayères à saumon du bassin versant de la Romaine en 2017

Rivière	Date du décompte	Température de l'eau (°C) ¹	Nombre de nids	Nombre de saumons adultes observés ²
Romaine (frayère naturelle)				
PK 34,5	12 et 13 novembre	4,9 et 5,0	35	2
PK 46,2	7 et 8 novembre	6,9 et 6,7	28	10
PK 48,9	16 novembre	4,4	1	0
Romaine (frayère aménagée)				
PK 49	7 et 16 novembre	6,9 et 4,4	25	0
PK 51	16 novembre	4,4	4	0
Tributaires				
Puyjalon	14 et 15 novembre ³	2,9 et 2,4	78	8
Bat-le-Diable	1 ^{er} novembre	5,7	3	0
Allard	31 octobre et 1 ^{er} novembre	8,3 et 6,6	7	3
<i>Sous-total - Romaine</i>	-	-	93	12
<i>Sous-total - Tributaires</i>	-	-	88	11
Total	-	-	181	23

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 Les observations sur plus d'une journée ou lors de transects répartis sur plusieurs heures peuvent engendrer une surévaluation du décompte, certains saumons ayant pu être observés plus d'une fois. Il faut donc considérer l'ordre de grandeur plutôt que la donnée elle-même.

3 Le décompte avait été amorcé le 1^{er} novembre à une température de l'eau de 6,7 °C, mais les observations indiquent que la fraie n'était alors pas encore terminée. Le décompte a donc été entièrement refait les 14 et 15 novembre.

Rivière Romaine

La localisation des nids recensés et des observations ponctuelles (balayage, saumon) effectuées sur les cinq frayères du cours principal de la Romaine est détaillée sur les cartes de l'annexe 16.

La frayère du PK 34,5, la plus utilisée en conditions naturelles, a été inventoriée entre les 12 et 13 novembre, alors que la température de l'eau mesurée à la station ROMA0943 était respectivement de 4,9 et 5,0 °C. Au total, 35 nids y ont été dénombrés et deux saumons adultes ont été observés pendant le décompte. La température de l'eau et le comportement des saumons (évitement) suggèrent que la fraie était terminée. Il faut savoir que les géniteurs de saumon ont 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 les 7 et 8 novembre alors que la température de l'eau mesurée à la station ROMA0944 était respectivement de 6,9 et 6,7 °C. Le décompte en plongée a mené à l'identification de 28 nids de fraie, alors que 10 saumons adultes ont été aperçus. La fraie était vraisemblablement complétée comme le suggère, notamment, le comportement agressif de certains mâles et les observations faites lors de l'évaluation visuelle de la granulométrie à la frayère du PK 49 (un seul nid additionnel après le 7 novembre).

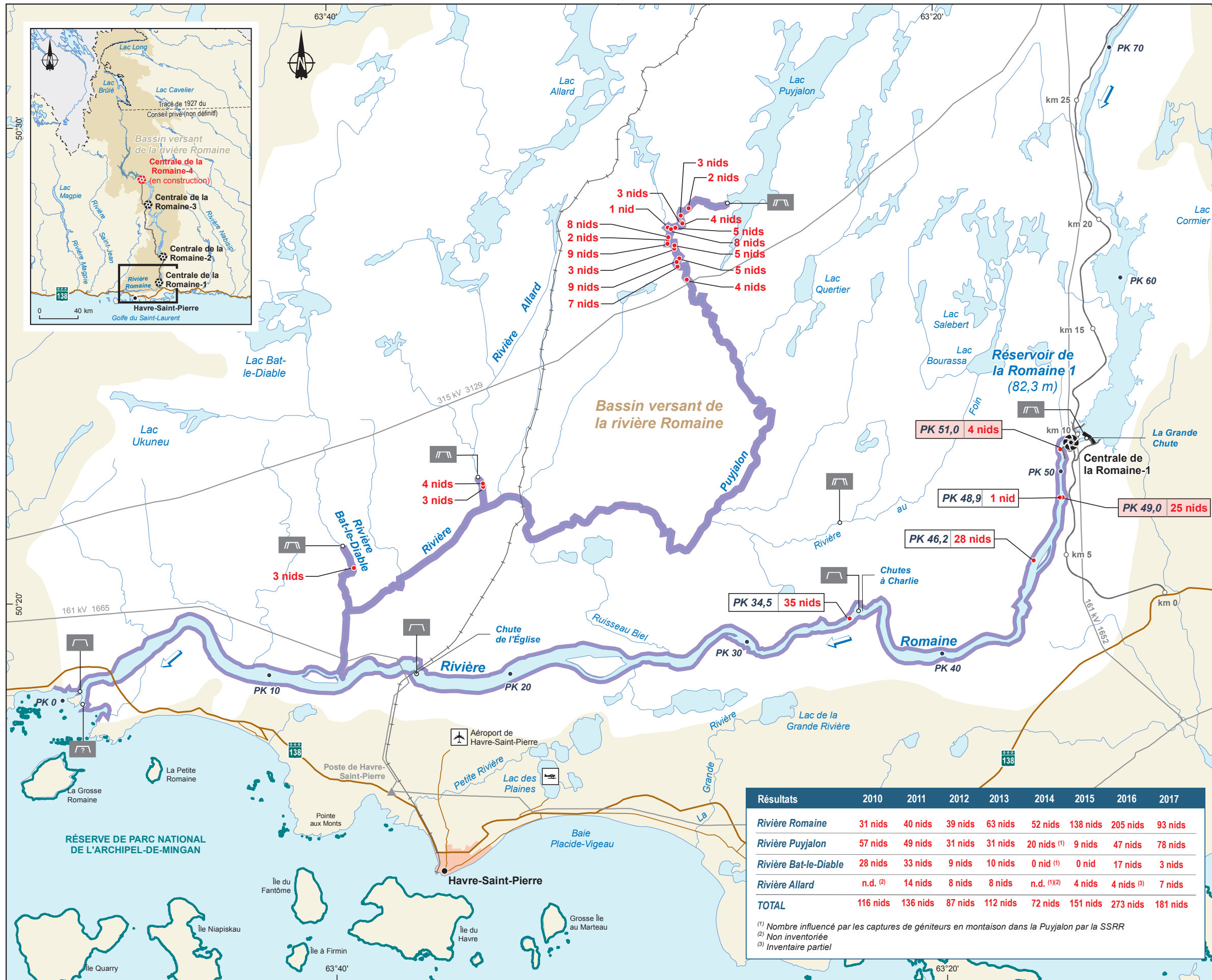
La frayère du PK 48,9 a été inventoriée le 16 novembre, à l'occasion de l'évaluation visuelle de la granulométrie. La température de l'eau à la station ROMA0944 était de 4,4 °C. Cette petite frayère est généralement peu ou pas utilisée par le saumon en raison des faibles profondeurs d'eau et vitesses de courant lorsque les débits sont peu élevés. En 2017, un seul nid y a 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 2017, la visite de suivi du 2 novembre suggérait que la fraie du saumon était complétée. Cette frayère a ainsi été inspectée le 7 novembre à une température de l'eau de 6,9 °C (ROMA0944), puis le 16 novembre, lors de l'évaluation visuelle de la granulométrie. Un total de 25 nids y a été dénombré et aucun saumon adulte n'y a été observé.

L'autre frayère aménagée (PK 51) a été visitée le 16 novembre, en même temps que l'évaluation visuelle de la granulométrie, alors que la température de l'eau à la station ROMA0944 était de 4,4 °C. Quatre nids ont été dénombrés sur cette frayère et aucun saumon n'y a été observé.

Rivière Puyjalon

Après une première tentative le 1^{er} novembre, le décompte des nids dans la rivière Puyjalon a été entièrement refait les 14 et 15 novembre, après une pointe de débit au cours de la deuxième semaine de novembre. Au moment du décompte, la température moyenne journalière de l'eau à la station RPUY0680 était respectivement de 2,9 et de 2,4 °C, ce qui indique que la fraie était vraisemblablement terminée. Un total de 78 nids a été dénombré dans le cours principal de la Puyjalon en 2017. 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). Lors de ces deux journées, huit saumons adultes ont été aperçus.



- Domaine utilisé par le saumon
- Frayères**
- Frayère inventoriée
- 4 nids Nids dénombrés en 2017
- 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
- Aérodrôme
- 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 2017 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, mai 2013
Données de projet, Hydro-Québec, juillet 2016
Inventaires et cartographie : WSP, 2017
Fichier : 0344_suc5_1_geq_1482_sp_180910.mxd

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

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

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

Rivière Bat-le-Diable

Sur la rivière Bat-le-Diable, le dénombrement des nids a été réalisé le 1^{er} novembre, alors que la température de l'eau était de 5,7 ° C. Aucun saumon adulte n'a été aperçu lors du décompte qui a permis de recenser trois nids.

Rivière Allard

Le dénombrement des nids dans la rivière Allard a été réalisé le 31 octobre et le 1^{er} novembre, alors que la température de l'eau était respectivement de 8,3 et de 6,6 °C. Sept nids y ont été dénombrés et trois saumons adultes ont été aperçus pendant le décompte. Le comportement de ceux-ci (évitement) indique toutefois que la fraie était terminée.

5.2.2.2 Comparaison interannuelle

Même si le nombre de nids creusés est influencé par la proportion de madeleineaux, par le sexe-ratio 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.

Les 181 nids de saumons dénombrés en 2017 représentent une baisse par rapport à 2016, mais constituent néanmoins le deuxième plus haut total depuis le début du suivi annuel en 2010 (tableau 5-4). Comparativement à la moyenne des trois années précédentes (165,3 nids), le nombre de nids est en hausse de 9 % en 2017.

Tableau 5-4 Nids de fraie du saumon dénombrés dans les portions accessibles du bassin versant de la Romaine entre 2003 et 2017

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	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

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

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 étéensemencés au printemps 2015.

5 Décompte partiel en raison d'un fort débit.

Il est à souligner qu'en 2017, les montaisons de saumons dans la rivière Trinité représentent le troisième plus faible total depuis 2010, après 2013 et 2014. Par rapport à 2016, les montaisons sont en baisse de 40 %. En considérant la période 2012-2016, les montaisons enregistrées sur la rivière Trinité en 2017 sont plutôt en baisse de 14 %.

La contribution relative du cours principal de la Romaine dans le nombre de nids de saumon a été de 51 % en 2017 (tableau 5-4, figure 5-2). Il s'agit de la cinquième 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 %. Les activités de pêche rapportées dans le bassin de la Puyjalon entre 2013 et 2015 pourraient avoir contribué à augmenter la proportion de nids du cours principal de la Romaine pour cette période (WSP, 2016a).

En 2017, la contribution relative du cours principal est toutefois nettement moins élevée qu'au cours des trois années précédentes où 72 à 91 % des nids dénombrés se trouvaient dans le cours principal. Cette situation traduit une évolution asymétrique du nombre de nids dans la Romaine comparativement aux tributaires. En effet, si le nombre de nids recensés dans le cours principal est en baisse, une hausse marquée est observée dans les tributaires, notamment dans la rivière Puyjalon. En comparaison avec les moyennes des deux années précédentes, on note une diminution de 46 % du nombre de nids pour le cours principal de la Romaine (93 vs 171,5 nids), alors que le nombre de nids dans les trois tributaires est en hausse de 117 % (88 vs 40,5 nids).

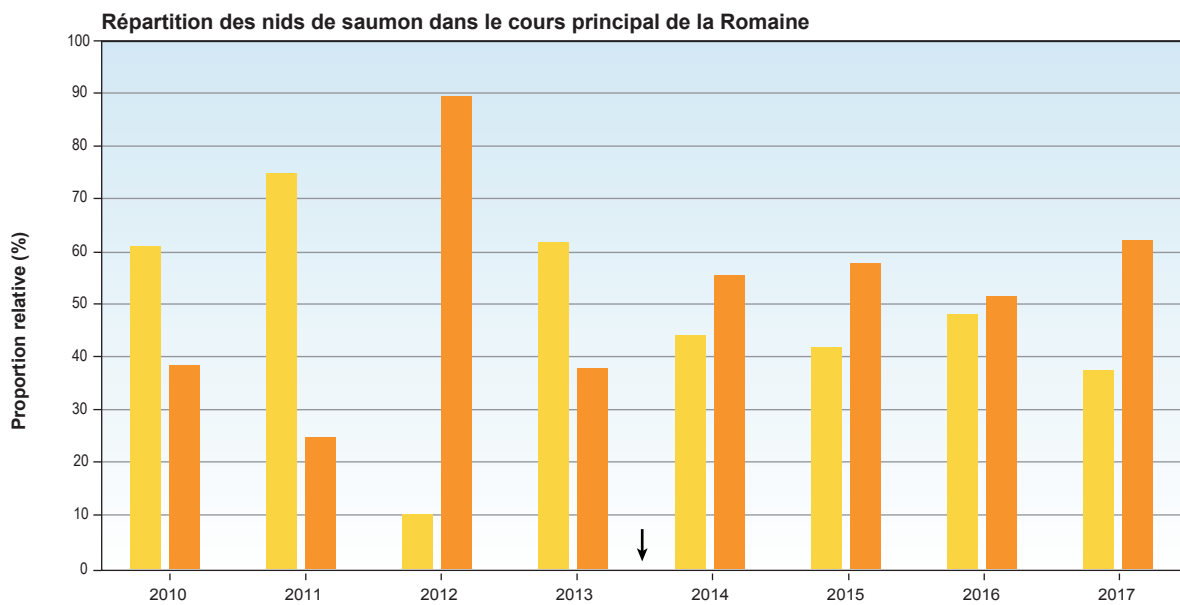
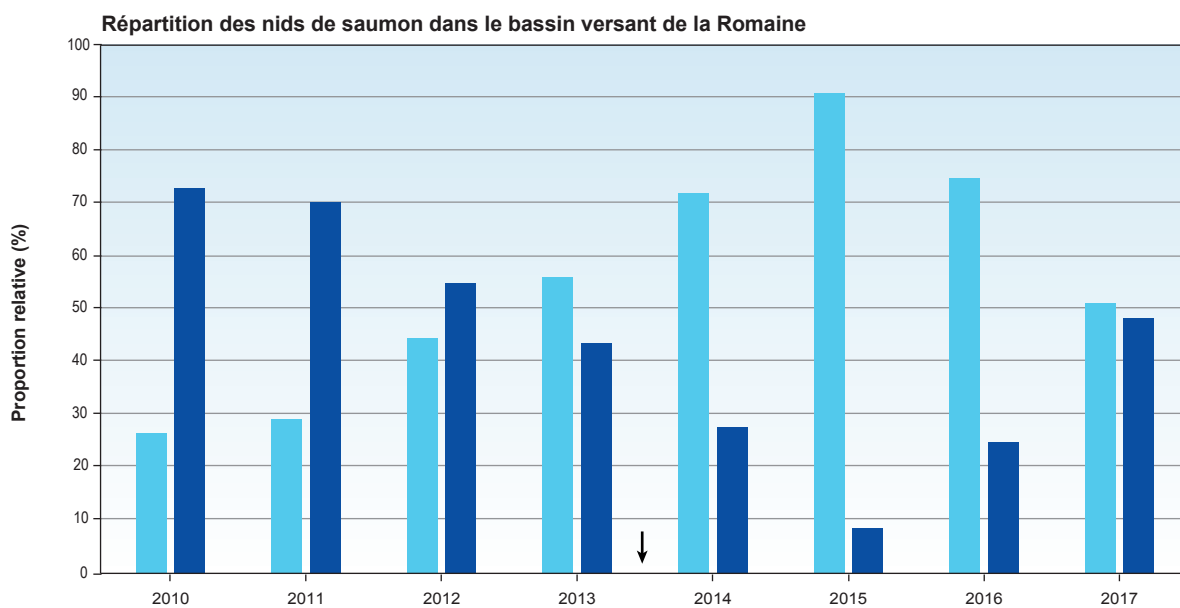
Rivière Romaine

Malgré la baisse importante du nombre de nids recensés dans le cours principal de la Romaine en 2017 ($n = 93$) comparativement à 2016 ($n = 205$), il s'agit du troisième plus haut total de nids depuis le début du décompte annuel en 2010. En comparaison avec les décomptes réalisés au début des années 2000, le nombre de nids en 2017 se compare avantageusement aux années 2003 et 2004, mais est inférieur à 2001 (tableau 5-5).

La diminution marquée du nombre de nids a principalement touché la frayère naturelle du PK 34,5, de même que la frayère aménagée du PK 49. L'importance relative de ces deux frayères dans la distribution des nids du cours principal de la Romaine a d'ailleurs chuté de 10 et 15 % respectivement en 2017. À l'inverse, le nombre de nids recensés sur la frayère naturelle du PK 46,2 est en hausse. La contribution relative de cette frayère en 2017 est donc beaucoup plus élevée qu'en 2016 (30 % vs 6 %) et est du même ordre de grandeur que de 2001 à 2015, à l'exception de 2012 où sa contribution relative avait été exceptionnellement élevée (82 %). Néanmoins, l'utilisation de cette frayère par le saumon est désormais influencée par la présence des frayères aménagées en 2014 aux PK 49 et 51 qui offrent au saumon des sites de fraie alternatifs dans le même secteur de rivière. Ainsi, malgré la baisse marquée de l'utilisation de la frayère du PK 49 en 2017, les deux frayères aménagées ont été, ensemble, utilisées par le saumon de manière équivalente à la frayère naturelle du PK 46,2 (29 nids vs 28 nids). Soulignons à cet effet que les saumons ont le comportement d'explorer un cours d'eau jusqu'à la présence d'un obstacle infranchissable, pour ensuite dévaler vers des habitats propices. Comme ceux des frayères aménagées sont les plus en amont après le passage des chutes à Charlie, qui peut être limitant, leur utilisation importante semble tout à fait normale et était anticipée lors de leur conception.

Pour la deuxième année consécutive, une très faible proportion (environ 1 %) des nids du cours principal a été recensée sur la frayère naturelle du PK 48,9, après que cette frayère ait été inutilisée de 2013 à 2015 (tableau 5-5).

Figure 5-2 Répartition des nids de saumon entre 2010 et 2017 à l'échelle du bassin versant de la Romaine et du cours principal de la Romaine



- Nids de saumon dans le cours principal de la Romaine
- Nids de saumon dans la Puyjalon et ses tributaires
- Nids de saumon dans le cours principal de la Romaine en aval des chutes à Charlie
- Nids de saumon dans le cours principal de la Romaine en amont des chutes à Charlie
- ↓ Influence des aménagements hydroélectriques à partir du printemps 2014

Tableau 5-5 Nids de saumon dénombrés dans les frayères du cours principal de la Romaine entre 2001 et 2017

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

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 (2011a, 2012a, 2013) puis WSP (2014, 2015, 2016a, 2017a), 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 recensés sur la rivière Puyjalon en 2017 (n = 78) est le plus élevé enregistré jusqu'ici (tableau 5-4). La proportion relative de nids dénombrés dans ce tributaire (43 %) par rapport à l'ensemble du bassin versant de la rivière Romaine est également en hausse en 2017 et se compare aux années 2010 à 2012, où le nombre de nids dans la Puyjalon représentait 36 à 49 % du total à l'échelle du bassin versant. À l'inverse, les deux dernières années avaient été caractérisées par une contribution particulièrement faible de ce tributaire (6 et 17 % respectivement en 2015 et 2016). Le faible pourcentage de 2015 pourrait cependant être associé à des pêches non recensées (WSP, 2016a).

Rivière Bat-le-Diable

À l'inverse de la Puyjalon, le nombre de nids recensés sur la rivière Bat-le-Diable est en baisse en 2017, alors que seulement trois nids y ont été dénombrés pour une contribution relative de 2 %. Soulignons que ce tributaire a déjà été un des 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 5-4). 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 est en hausse en 2017 comparativement aux deux années précédentes avec 7 nids dénombrés, soit 4 % du total de nids. Ce tributaire a cependant toujours été relativement peu utilisé par le saumon (tableau 5-4).

5.2.2.3 Franchissabilité des chutes à Charlie

Pour la quatrième année consécutive, c'est-à-dire depuis que les conditions hydrauliques de la Romaine ont commencé à être influencées par le projet hydroélectrique, plus de la moitié des nids du cours principal de la Romaine ont été dénombrés en amont de la chute à Charlie, soit

62 %. Or, une contribution supérieure à 40 % ne s'était produite qu'à une seule reprise sur les sept années pour lesquelles des données sont disponibles entre 2001 et 2013, soit en 2012 (tableau 5-5, figure 5-2).

Depuis 2014, le débit de la Romaine est régularisé pendant la période de montaison du saumon. En 2017, le débit enregistré au PK 46 (station ROMA0944) s'est généralement maintenu entre 400 et 500 m³/s pendant la montaison (juillet-août), alors que deux groupes T/A étaient en fonction la plupart du temps. Toutefois, à plusieurs reprises pendant cette période, un groupe était arrêté pour une courte durée, se traduisant par un débit de l'ordre de 200 à 300 m³/s pour quelques heures à quelques jours, voire même pour environ une semaine vers la mi-août (annexe A1-3). Il est donc probable que les saumons aient traversé les chutes à Charlie pendant ces périodes où le débit était plus favorable au franchissement de l'obstacle. Les chutes à Charlie sont 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 confirme toutefois que cet obstacle est également franchissable à des débits plus faibles, de l'ordre de 200 m³/s (WSP, 2015). Les observations colligées depuis 2014 vont dans le sens de ce qui était anticipé dans l'étude d'impact du complexe de la Romaine, c'est-à-dire qu'il pourrait y avoir une plus grande proportion de nids de fraie en amont, également là où se retrouvent les meilleurs habitats de croissance, car les débits d'exploitation rendraient les chutes à Charlie franchissables plus régulièrement et fréquemment qu'en conditions naturelles (Hydro-Québec, 2007). L'obstacle demeure toutefois toujours important, la frayère au PK 34,5 continuant d'être utilisée de façon soutenue depuis 2014.

5.2.2.4 Estimation du nombre de nids avec œufs

Près de la moitié des nids recensés sur le cours principal de la Romaine (42/93, 45 %) a été fouillée selon le même protocole employé depuis 2010 (ci-après « fouille de base ») pour y vérifier la présence d'œufs de saumon. Dans le bassin de la Puyjalon, seulement 6 % (5/88) des nids ont toutefois été fouillés, en raison des conditions de fouille difficiles dans la rivière Puyjalon. En effet, en raison de la vitesse élevée du courant dans la rivière Puyjalon au moment du décompte, les fouilles de nids en apnée étaient généralement impossibles. Dans ce tributaire, seulement un nid a été fouillé sur les 78 recensés.

À l'échelle du bassin versant de la Romaine, c'est donc 47 nids qui ont été fouillés sur les 181 nids dénombrés (26 %). Sur ce nombre, la fouille de base a permis d'apercevoir des œufs dans 19 cas, soit une proportion de 40,4 % (tableau 5-6). En se basant sur ces données, le nombre estimé de nids avec œufs en 2017 est de 73.

Dans la Romaine, les 28 nids fouillés qui ne contenaient pas d'œufs ont cependant fait l'objet d'une fouille supplémentaire plus profonde, afin d'y vérifier la présence d'œufs enfouis plus profondément dans le substrat. Des œufs ont été trouvés dans six de ces nids, soit une proportion de 21 %. En considérant également ces fouilles, la proportion des nids de saumon avec œufs en 2017 passerait donc de 40,4 % à 53,2 % et le nombre total de nids avec œufs passerait de 73 à 96. Ces résultats indiquent que les fouilles de base donnent un portrait réaliste de la proportion de nids avec œufs bien qu'elles sous-estiment légèrement la proportion réelle.

Tableau 5-6 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
Total de nids (N)	74	130	116	136	87	112	72	151	273	181
Fouilles de base										
Nids fouillés (N)	62	82	21	23	8	16	10	31	116	47
Nids fouillés avec œufs (N)	16	24	9	10	3	3	2	8	51	19
Fouilles profondes ⁴										
Nids fouillés (N)	-	-	-	-	-	-	-	-	50	28
Nids fouillés avec œufs (N)	-	-	-	-	-	-	-	-	6	6
% 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)

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 2017 comprennent les frayères sélectionnées du cours principal de la Romaine ainsi que celles des rivières Allard, Bat-le-Diable et Puyjalon (GENIVAR, 2011a; 2012a; 2013; WSP, 2014; WSP, 2015; WSP, 2016a; WSP, 2017a 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.

En ne considérant que les fouilles de base, la proportion de nids avec œufs en 2017, similaire à celle estimée en 2016 (44,0 %), est supérieure aux années 2013 à 2015 (18,8 à 25,8 %; tableau 5-6). La proportion de nids avec œufs en 2017 est similaire aux proportions relevées de 2010 à 2012 (37,5 à 43,5 %). Le plus grand nombre de nids fouillés au cours des deux dernières années se traduit cependant par une plus grande précision de la proportion de nids avec œufs.

Plusieurs variables d'ordre technique (expérience du plongeur, proportion de nids fouillés) peuvent influencer cette donnée. Il est néanmoins considéré que la représentativité de cette évaluation est constante de 2010 à 2017 en raison du protocole utilisé et de la constance dans l'équipe de plongeurs. Par ailleurs, 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.

6. 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.

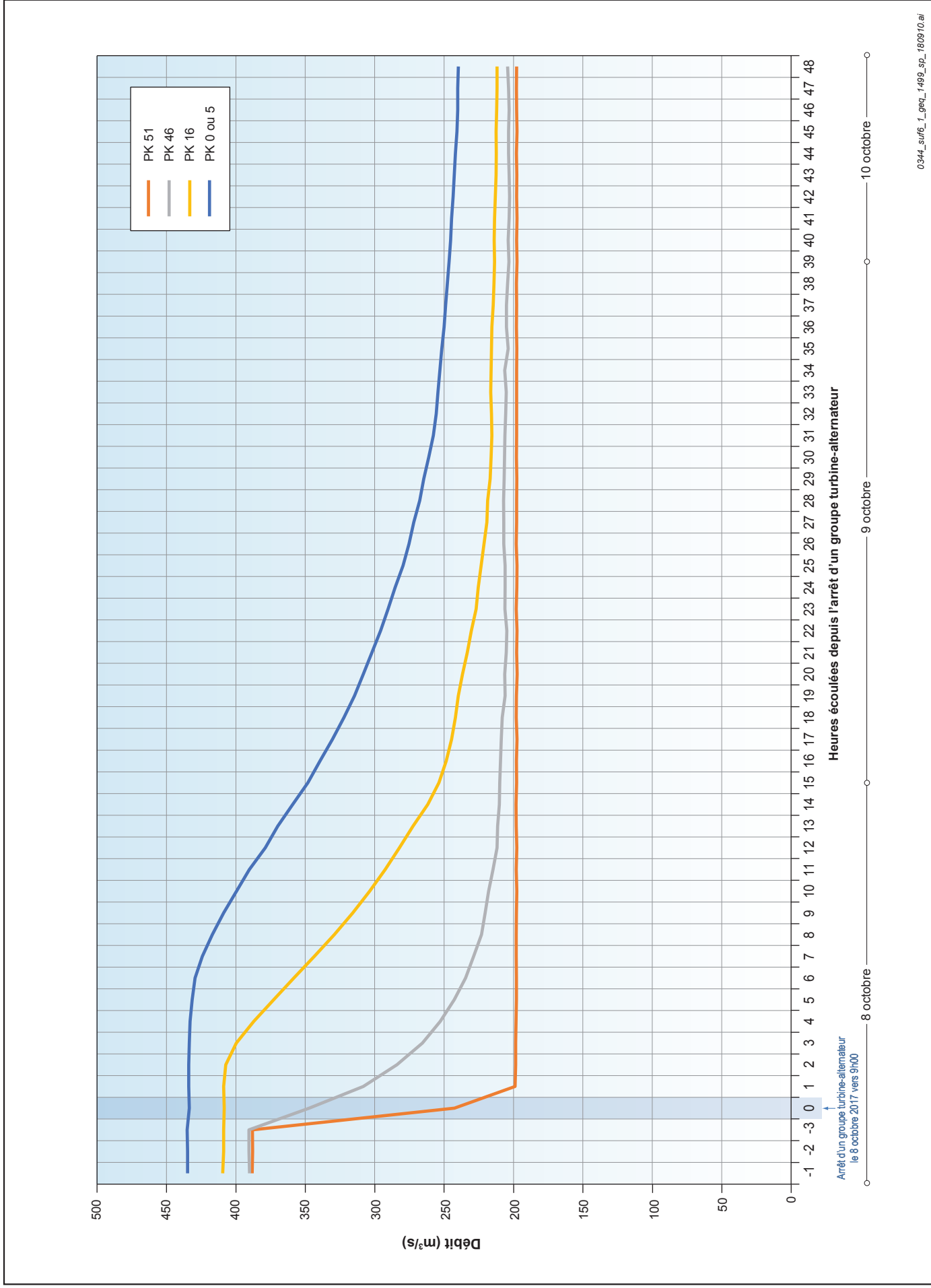
En condition de débit régularisé, le passage de deux à un groupe T/A à la centrale de la Romaine-1 se traduit par une baisse du niveau d'eau de la Romaine dans le tronçon accessible au saumon, notamment dans les aires d'alevinage de cette espèce, entraînant l'exondation de zones peu profondes et la formation de cuvettes. Afin de vérifier si des saumons juvéniles peuvent s'échouer ou demeurer emprisonnés sur les rives de la Romaine lors de telles opérations, un suivi de l'échouage des saumons juvéniles a à nouveau été réalisé en 2017.

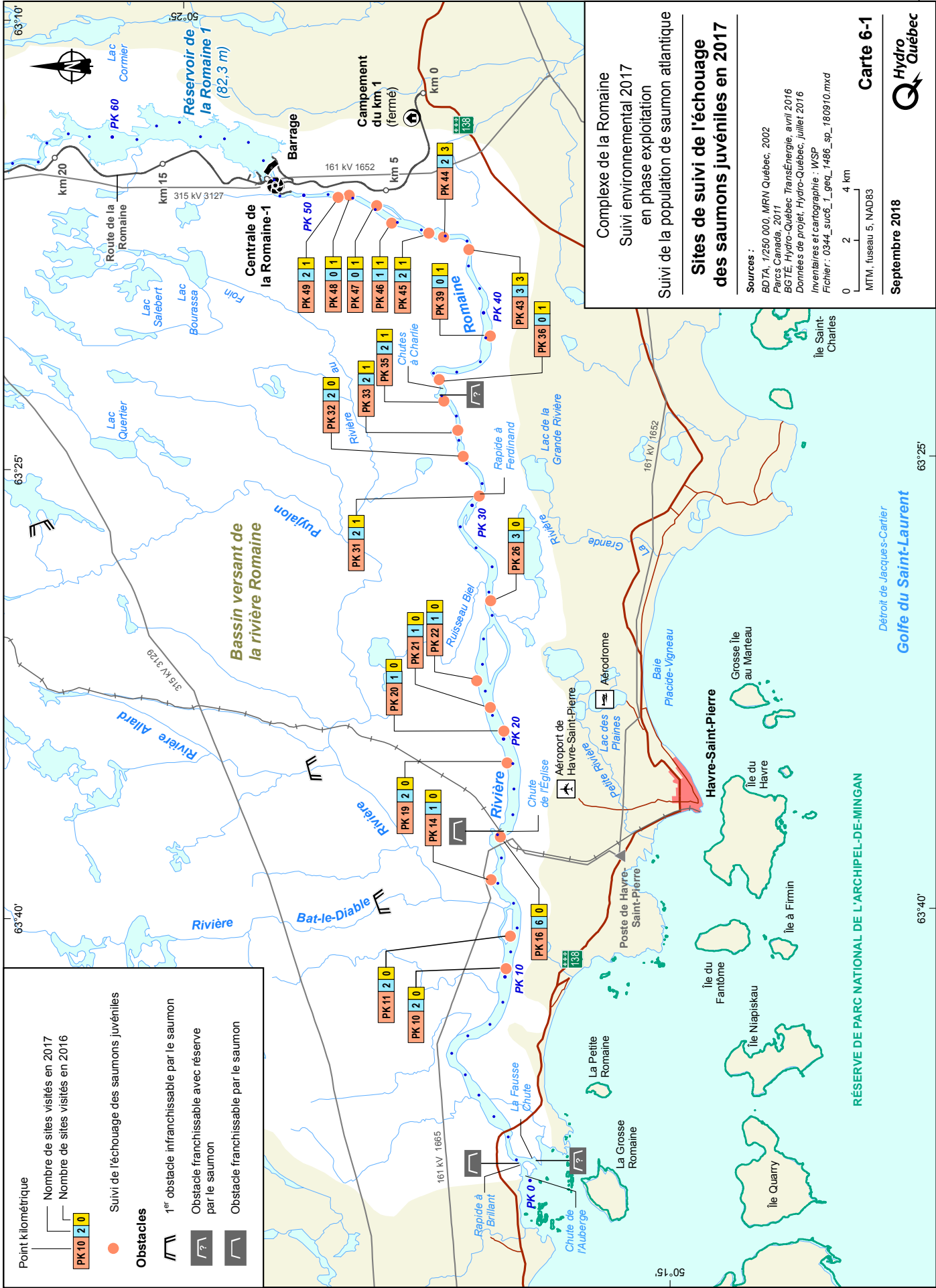
La baisse de niveau d'eau consécutive à l'arrêt d'un groupe est retardée au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la centrale. La figure 6-1 montre le débit à quatre endroits dans la Romaine à la suite de l'arrêt d'un groupe T/A le 8 octobre 2017, vers 9h00 (débit stable à 388 m³/s à 8h00 au PK 51, puis stabilisé à 199 m³/s à 10h00). Au PK 46, environ 5 km en aval de la centrale de la Romaine-1, cette baisse est assez rapide au début, mais l'atteinte d'un débit de 220 m³/s survient environ 9 heures après l'arrêt d'un groupe. Au PK 16, soit légèrement en amont de la confluence avec la rivière Puyjalon, cette baisse devient plus graduelle et un débit similaire (221 m³/s) est obtenu 26 heures après l'arrêt d'un groupe. À l'embouchure de la Romaine, soit en aval de sa confluence avec la rivière Puyjalon dont le débit était stable à environ 20 m³/s les 8 et 9 octobre, le délai est de 36 heures pour l'obtention d'un débit de 250 m³/s.

6.1 Matériel et méthode

L'inventaire des poissons piégés dans des zones sans lien hydrique avec le cours principal de la rivière Romaine vise les sites considérés plus à risque entre les installations de la Romaine-1 et l'embouchure (carte 6-1 et annexe 17). Plusieurs des sites visités en 2016 ont à nouveau été visités en 2017, mais d'autres sites se sont également ajoutés en 2017, notamment en aval des chutes à Charlie. Les sites plus vulnérables sont ceux caractérisés par une faible pente en rive et par la présence de cuvettes pouvant favoriser l'échouage des poissons lors d'une baisse de niveau d'eau associée à l'arrêt du deuxième groupe T/A (annexe 4, photos 21 et 22). Les sites sur le socle rocheux sont ainsi plus susceptibles de receler des cuvettes que les bancs de sable. Une attention particulière est accordée aux sites localisés dans les secteurs connus de plus fortes densités de juvéniles (p. ex. sites d'ensemencement de la SSRR ou sites identifiés par l'équipe de terrain lors de l'étude d'impact). De plus, le suivi de l'échouage doit autant que possible être réalisé à au moins une des périodes 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) ou 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 (vers la mi-novembre).

Figure 6-1 Laminage du débit sur le cours inférieur de la rivière Romaine après un passage de deux à un groupe turbine-alternateur à la centrale de la Romaine-1 en octobre 2017





Point kilométrique

— Nombre de sites visités en 2017
 — Nombre de sites visités en 2016

● Suivi de l'échouage des saumons juvéniles

Obstacles

▮ 1^{er} obstacle infranchissable par le saumon
 ▮ Obstacle franchissable avec réserve par le saumon
 ▮ Obstacle franchissable par le saumon

Complexe de la Romaine
 Suivi environnemental 2017
 en phase exploitation
 Suivi de la population de saumon atlantique

Sites de suivi de l'échouage des saumons juvéniles en 2017

Sources :
 BDTA, 1/250 000, MRN Québec, 2002
 Parcs Canada, 2011
 BGTÉ, Hydro-Québec TransÉnergie, avril 2016
 Données de projet, Hydro-Québec, juillet 2016
 Inventaires et cartographie - WSP
 Fichier : 0344_suc6_1_ged_1486_sp_160910.mxd

0 2 4 km
 MTM, fuseau 5, NAD83

Septembre 2018

Carte 6-1
 Hydro Québec

Déroit de Jacques-Cartier
Golfo du Saint-Laurent
 RÉSERVE DE PARC NATIONAL DE L'ARCHIPEL-DE-MINGAN

En 2017, 37 sites répartis à proximité des PK indiqués sur la carte 6-1 ont été visités au moins une fois lors de l'une ou l'autre des trois campagnes d'inventaire, soit 27 sites en aval des chutes à Charlie (incluant un site vis-à-vis les chutes) et 10 sites en amont. Contrairement à 2016 où une seule visite de terrain avait été faite en raison des conditions hydrauliques non propices, les sites vulnérables ont été visités jusqu'à trois reprises en 2017, soit :

- le 8 juillet, après l'émergence des alevins de la fraie 2016 (3 sites visités);
- le 28 août (24 sites visités);
- les 18 et 20 octobre (27 sites visités)

La gestion des débits au début de novembre n'a pas permis d'effectuer une visite à cette période.

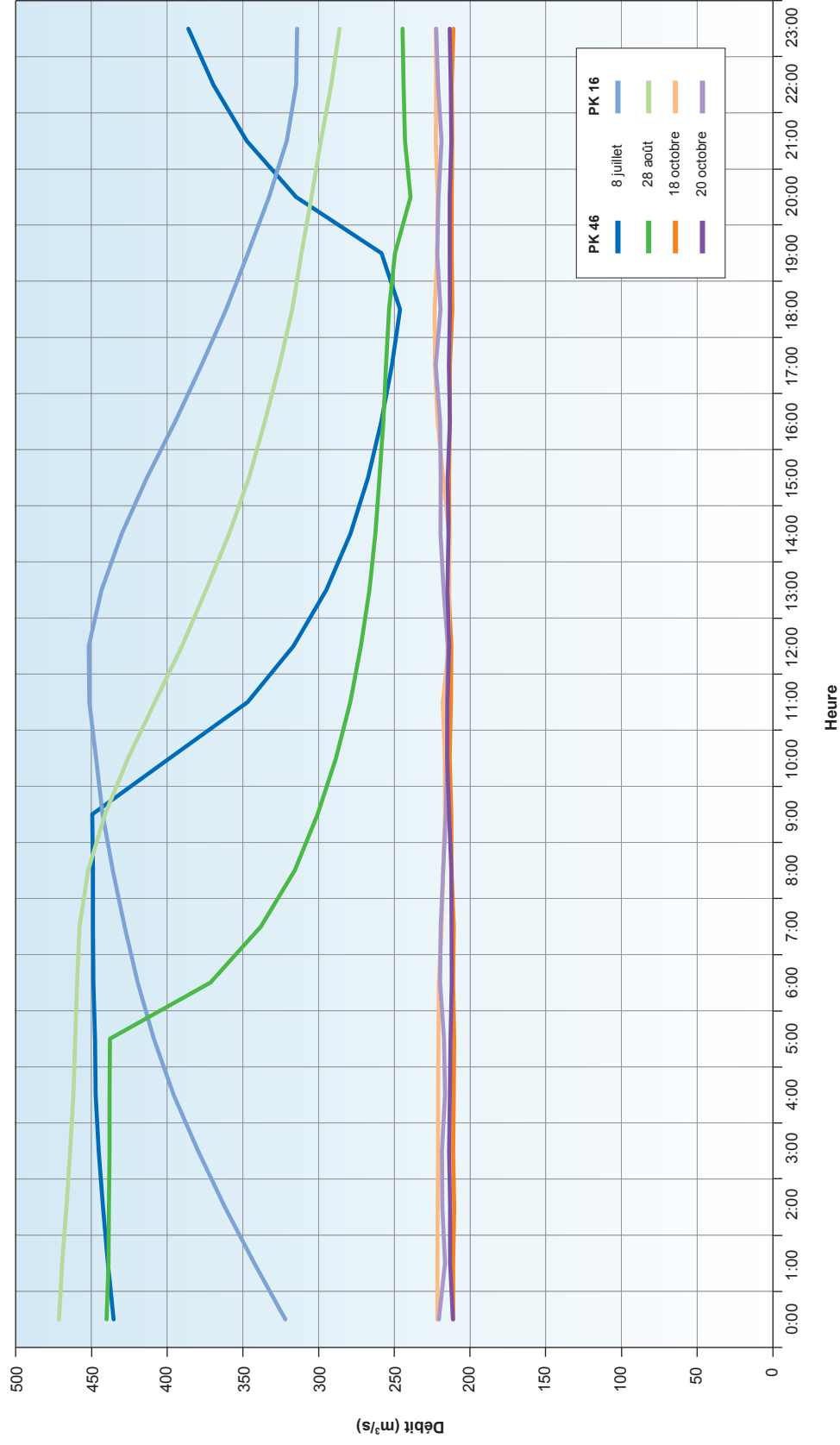
La figure 6-2 montre l'évolution des débits au PK 16 et au PK 46 lors de chacune des quatre journées d'inventaire. Lors des deux premières visites, l'arrêt d'un groupe T/A à la centrale Romaine-1 est survenu le jour même de l'inventaire. Ainsi, le débit de la Romaine s'est abaissé rapidement dans la matinée au PK 46, mais la baisse de débit au PK 16 est survenue plus graduellement et s'est prolongée pendant la nuit, de telle sorte que les sites vulnérables visités en aval des chutes à Charlie (un site le 8 juillet et 17 sites le 28 août) n'étaient que partiellement exondés au moment de ces deux visites. Les deux visites du mois d'octobre ont été faites à la suite de l'arrêt d'un groupe quelques jours plus tôt (11 octobre). Elles ont donc été réalisées à un moment où le débit était stabilisé à environ 200 m³/s sur toute la longueur de la rivière.

Les sites exondés après le passage de deux à un groupe T/A à la centrale Romaine-1 ont généralement été parcourus à pied. Les cuvettes isolées, auxquelles une attention particulière était portée, sont surtout abondantes dans les zones rocheuses longeant la rivière. Elles ont d'abord été inspectées visuellement et, lorsque requis, elles ont été pêchées à l'aide d'une épuisette ou d'une électropêche (annexe 4, photo 23). Les poissons échoués ou isolés dans les cuvettes ont été dénombrés et identifiés à l'espèce. Les saumons juvéniles ont été dénombrés distinctement selon leur stade de développement (tacons ou alevins) (annexe 4, photo 24). Contrairement à 2016, les zones exondées sans cuvette (p. ex. bancs de sable) ont généralement été survolées plutôt que parcourues à pied. Ces zones sont considérées comme étant beaucoup moins vulnérables à l'échouage suite au suivi de 2016, en particulier pour les saumons juvéniles. En effet, bien que plusieurs milliers de mètres carrés de bancs de sable exondés aient été systématiquement parcourus à pied en 2016, aucun poisson échoué n'y avait été recensé. Les poissons identifiés en 2016 étaient plutôt tous prisonniers de cuvettes.

6.2 Résultats et discussion

Les résultats du suivi de l'échouage des saumons juvéniles en 2017 sont résumés au tableau 6-1 alors que les données complètes, par date d'inventaire et par site, sont présentées à l'annexe 18. En considérant les trois visites, l'inventaire a été réalisé pour 1 476 cuvettes, dont 72 ont fait l'objet d'une pêche à l'électricité. En excluant les alevins de meunier et les alevins non identifiés à l'espèce, on a dénombré 142 poissons piégés dans les cuvettes inventoriées, appartenant à 6 espèces différentes. Les familles des catostomidés (meuniers) et des gastérostéidés (épinoches) sont les plus représentées. Un total de 7 alevins de saumons a également été dénombré (aucun tacon). Ces derniers ont été recensés à deux sites différents, et ce, à deux reprises sur chaque site. Il s'agit des sites PK 16c (alevins de saumons observés le 8 juillet et le 28 août) et PK 31b (28 août et 20 octobre) (annexes 17 et 18).

Figure 6-2 Évolution du débit de la Romaine au PK 46 et au PK 16 lors des quatre journées de suivi de l'échouage en 2017



Lors de la visite du 28 août, 15 alevins de saumon additionnels ont été aperçus dans une même cuvette (site PK 33a), mais ceux-ci sont exclus du tableau 6-1, puisque la cuvette n'était alors que partiellement isolée de la rivière (circulation d'eau à travers le substrat grossier). Le déplacement des alevins vers la rivière demeurerait donc possible. Soulignons qu'aucun alevin de saumon n'a été recensé dans cette même cuvette lors de la visite du mois d'octobre, alors que le niveau d'eau était plus faible et que la cuvette était complètement isolée.

À la lumière des résultats de 2016 et de 2017, on peut considérer que les alevins de saumon semblent généralement peu vulnérables à l'échouage lors du passage de deux à un groupe T/A à puissance optimale, soit de 400 m³/s à 200 m³/s, même pour les sites localisés plus en amont dans la rivière où la diminution de niveau d'eau se fait sentir de façon plus marquée (figure 6-1).

Tableau 6-1 Résultat de l'inventaire des poissons échoués ou piégés le long du cours principal de la Romaine en 2017

Date	Nombre de sites visités	Superficie inventoriée (m ²) ¹		Poissons échoués ou piégés ^{3,4}
		Inspection visuelle (nombre de cuvettes) ²	Électropêche (nombre de cuvettes)	
8 juillet	3	386 (51)	85 (3)	3 SASA (alevins), 1 GAAC, 8 PUPU, 7 CACO
28 août	24	1 685 (314)	871 (17)	3 SASA (alevins), 6 GAAC, 2 PUPU, 2 CACO, 1 CACA, 2 788 alevins de meuniers, 2 alevins non identifiés
18-20 octobre	27	6 807 (1 111)	1 667 (52)	1 SASA (alevin), 14 SECO, 37 GAAC, 21 PUPU, 36 CACO, 1 alevin non identifié
<i>Total</i>	<i>54</i> ⁵	<i>8 878 (1 476)</i>	<i>2 623 (72)</i>	<i>7 SASA (alevins), 14 SECO, 44 GAAC, 31 PUPU, 45 CACO, 1 CACA, 2 788 alevins de meuniers, 3 alevins non identifiés</i>

1 La superficie présentée est approximative et vise à donner un ordre de grandeur.

2 Les totaux présentés incluent les superficies pêchées.

3 CACA : meunier rouge (*Catostomus catostomus*); CACO : meunier noir (*Catostomus commersoni*); GAAC : épinoche à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*); PUPU : épinoche à neuf épines (*Pungitius pungitius*); SASA : saumon atlantique (*Salmo salar*); SECO : ouitouche (*Semotilus corporalis*).

4 En raison du grand nombre d'alevins de meuniers dans certaines cuvettes lors de la visite du 28 août, le nombre d'alevins de meuniers a parfois été estimé.

5 Le total présenté tient compte des sites visités à plus d'une reprise. En considérant seulement le nombre de sites uniques visités, les trois campagnes de terrain ont permis de visiter 37 sites différents.

7. 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 à l'étude a ainsi été réalisée à l'automne 2016 et les capsules d'incubation ont été retirées au printemps 2017.

7.1 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 frayères naturelles de la Romaine en 2010-2011 (PK 46,2; GENIVAR, 2012a) et en 2012-2013 (PK 34,5 et 46,2; WSP, 2014). 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 réalisée lors du suivi de 2012-2013 a été appliquée en 2016-2017. Toutefois, quelques ajustements sont à signaler :

- le suivi de la survie des embryons est réalisé dans deux frayères additionnelles en 2016-2017, soit les deux frayères aménagées par Hydro-Québec en 2014 (PK 49 et 51);
- un réseau de câbles pour faciliter la récupération des supports à capsules de la frayère du PK 34,5 est à nouveau utilisé en 2016-2017, mais sans déclencheur acoustique;
- les œufs fécondés ont été transportés plus rapidement vers Havre-Saint-Pierre, en avion plutôt qu'en camion;
- 12 lignées parentales distinctes sont utilisées en 2016-2017 plutôt que 6 et il n'y a pas de réplicat des lignées parentales sur chacun des îlots, mais plutôt une seule capsule de chaque lignée parentale par îlot;
- les œufs du groupe témoin pour les 3 familles d'une des femelles sont incubés à l'incubateur de la SSRR en bordure de la rivière Romaine et des groupes témoins pour trois des femelles (lignées confondues pour les 3 familles/femelle) sont également incubés au Laboratoire de recherche en sciences aquatiques (LARSA) de l'Université Laval à Québec.

7.1.1 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. 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 (annexe 4, photo 26). 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 2016, 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 3 îlots par frayère, soit 6 supports à capsules par frayère.

7.1.2 Approvisionnement en embryons

7.1.2.1 Création des lignées parentales

Quatre femelles (1 à 4) et trois mâles (A, B et C), prélevés dans la rivière Puyjalon par la SSRR en 2014 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 17 novembre 2016. 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.

7.1.2.2 Transport, acclimatation et encapsulation

En 2016, les œufs fécondés ont été transportés en avion vers Havre-Saint-Pierre, le même jour que la fécondation, soit le 17 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 mis dans un bain de désinfection à l'iode puis graduellement acclimatés à la température de l'eau de la Romaine le 17 novembre.

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). À l'automne 2016, la température des œufs à leur arrivée était déjà pratiquement la même que celle de la rivière. Cette façon de faire vise à éviter les changements brusques de température qui peuvent compromettre le développement des œufs.

Comme lors du suivi de 2012-2013, les œufs ont été insérés dans des capsules grillagées (encapsulés) le 17 novembre, à raison de douze œufs par capsule au moyen d'une pipette. L'encapsulage a été effectué sous un abri à l'extérieur. Il a été réalisé autant que possible dans l'eau. Par la suite, les capsules ont été rangées dans des pochettes de gaze et dans les tiroirs des incubateurs. Les capsules ont été insérées dans des supports à capsules contenant six capsules chacun le 18 novembre 2016.

La même journée, les œufs encapsulés ont été transportés par avion de la station piscicole de Havre-Saint-Pierre vers les sites d'implantation dans la Romaine. Ils ont été transportés dans des glacières remplies de l'eau des incubateurs afin de conserver la même température.

7.1.3 Implantation des capsules

7.1.3.1 Plan expérimental

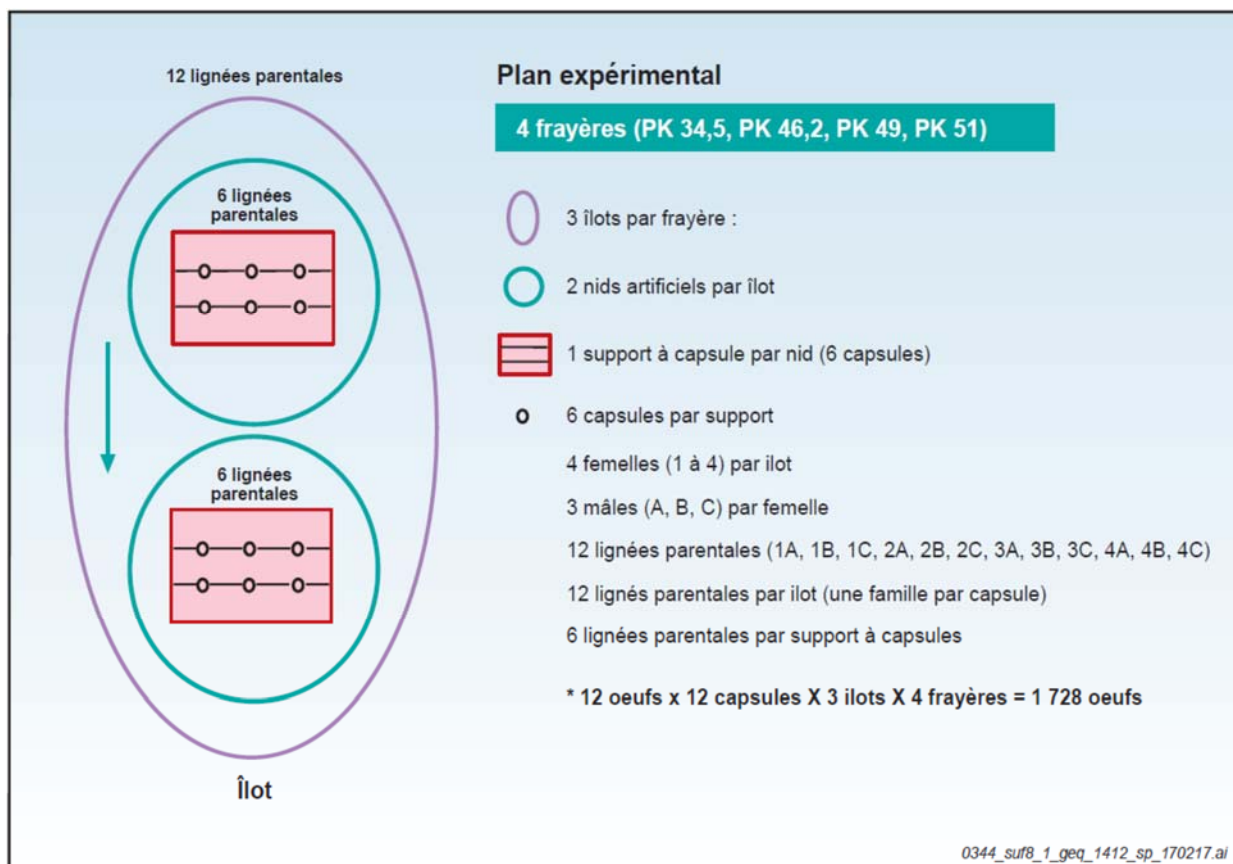
Le plan expérimental pour l'insertion des capsules dans le lit des frayères est présenté à la figure 7-1 ainsi que dans le protocole à l'annexe 19. Dans chacune des capsules, les 12 œufs insérés provenaient d'une seule lignée parentale de façon à ce que six lignées différentes soient représentées dans 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 inclut 12 capsules représentant chacune des 12 lignées parentales d'œufs fécondés. Ainsi, le plan expérimental diffère légèrement de ceux des suivis antérieurs puisqu'il n'y a pas eu de réplicat de chaque lignée parentale sur chacun des îlots.

Chacune des frayères à l'étude comprend 3 îlots distincts. Dans le cas des frayères des PK 34,5 et 46,2, également étudiés lors du suivi précédent en 2012-2013, les îlots ont été positionnés approximativement aux mêmes endroits. Sur l'ensemble des quatre frayères suivies en 2016-2017, on dénombre donc un total de 12 îlots, 24 supports à capsules et 144 capsules (12 de chaque lignée parentale).

Les cartes 7-1 à 7-4 montrent le positionnement des supports à capsules sur les quatre frayères à l'étude. La carte 7-1 donne également un aperçu schématique de l'assemblage de câbles utilisé pour récupérer les capsules sur la frayère du PK 34,5, plus profonde.

7.1.3.2 Piquage et mortalité post-fécondation

Contrairement à ce qui avait été fait lors du suivi précédent, il n'y a pas eu de piquage après le transport puisque l'encapsulation a été effectuée une fois à destination. Un piquage des œufs morts a toutefois été fait avant l'implantation des capsules dans les frayères des PK 49 et 51 le 18 novembre. De plus, les œufs morts observés dans les capsules au moment de l'implantation ont également été notés sans toutefois être retirés des capsules. Dans les frayères des PK 34,5 et 46,2, il n'y a pas eu de piquage avant l'implantation, mais les œufs morts observés dans les capsules au moment de l'implantation ont tous été dénombrés de façon à pouvoir calculer le taux de mortalité post-fécondation.



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 7-1 Plan expérimental pour l'étude de la survie des embryons

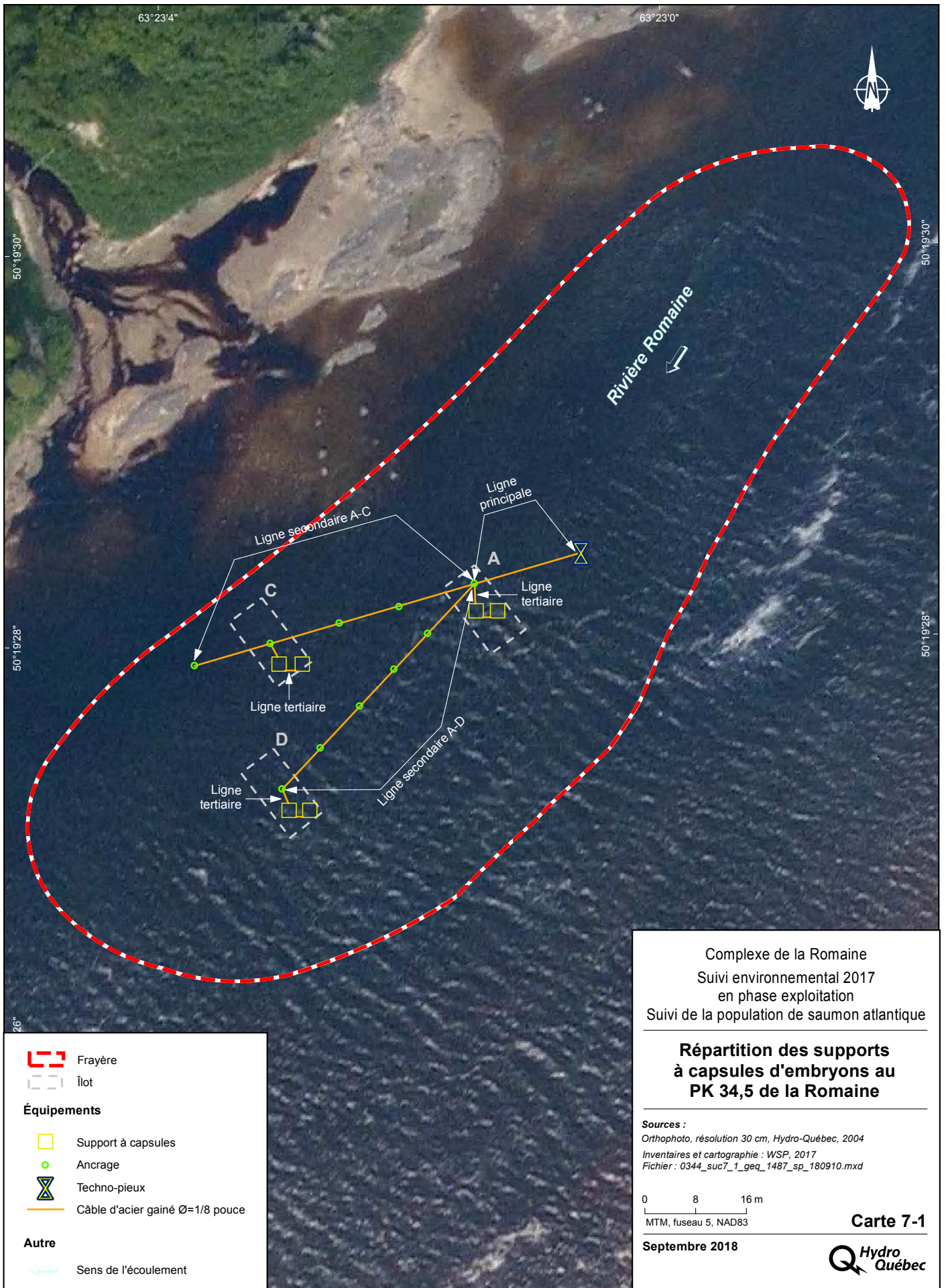
Le taux de mortalité post-fécondation est directement relié à la fécondité des géniteurs. En effet, dans les 24 heures suivant la fécondation, les œufs non fécondés meurent. Les pourcentages de mortalités des embryons issus des différentes femelles mettent en évidence les individus moins féconds. Le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





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

Complexe de la Romaine
 Suivi environnemental 2017
 en phase exploitation
 Suivi de la population de saumon atlantique

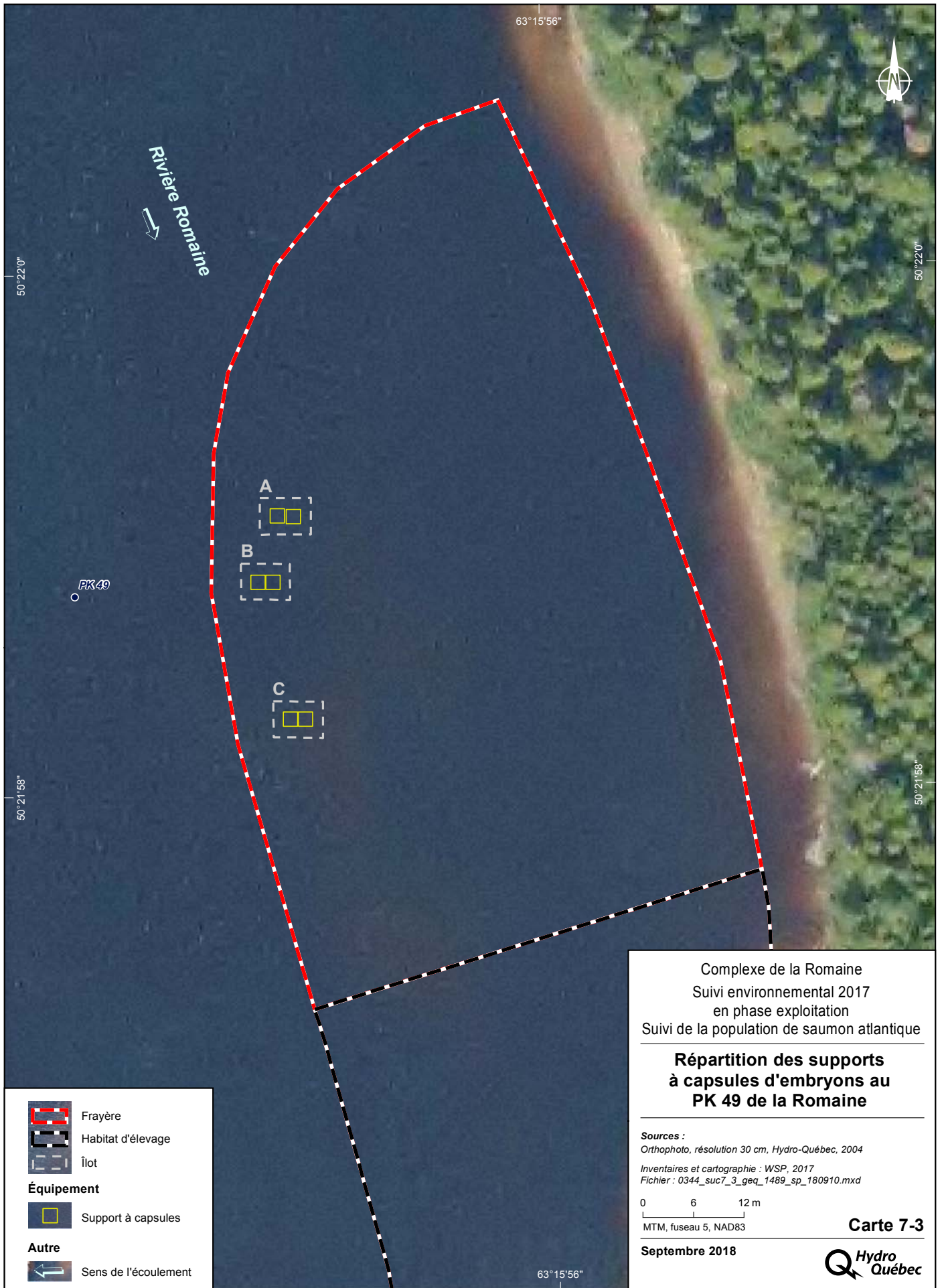
**Répartition des supports
 à capsules d'embryons au
 PK 46,2 de la Romaine**

Sources :
 Orthophoto, résolution 30 cm, Hydro-Québec, 2004
 Inventaires et cartographie : WSP, 2017
 Fichier : 0344_suc7_2_geq_1488_sp_180910.mxd

0 5 10 m
 MTM, fuseau 5, NAD83

Septembre 2018

Carte 7-2

63° 16' 0"



Rivière Romaine



50° 22' 58"

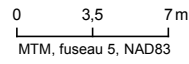
50° 22' 58"



Complexe de la Romaine
Suivi environnemental 2017
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, 2017
Fichier : 0344_suc7_4_geq_1490_sp_180910.mxd



Septembre 2018

Carte 7-4



Frayère

Îlot

Équipement

Support à capsules

Autre

Sens de l'écoulement

63° 16' 0"

7.1.3.3 Implantation

Sur chacun des douze îlots répartis dans les quatre frayères à l'étude, l'aménagement de deux nids artificiels et l'implantation dans chacun d'un support contenant six capsules avec les œufs fécondés a été réalisés le 18 novembre 2016, soit le lendemain de la fécondation des œufs. Les supports à capsules ont été enfouis à environ 20 cm sous la surface des frayères. 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.

7.1.4 Retrait des capsules

Selon le protocole, les capsules doivent être retirées du substrat au printemps 2017, 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). Au besoin, les données du PK 34 (ROMA0943) peuvent aussi être utilisées.

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 2016 de même que le régime thermique désormais modifié de la Romaine ont une influence sur le moment d'éclosion des œufs. Sur la base des observations réalisées sur les groupes témoins à la station piscicole de la SSRR, la date où environ 50 % des œufs auraient éclos a été estimée de façon préliminaire au début mai 2017, à l'aide des températures enregistrées au PK 46 en conditions aménagées (2016 et 2017), afin que le retrait des capsules soit fait au moment opportun. La date prédite où environ 50 % des œufs auraient éclos correspondait alors au 20 mai 2017.

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. De plus, en raison de la plus grande profondeur de la frayère du PK 34,5 qui peut complexifier la récupération des capsules au printemps alors que le niveau d'eau de la Romaine est élevé, les supports à capsules ont été attachés à un réseau de câbles comme en 2012-2013 (carte 7-1). L'extrémité d'un câble a été fixée au lit de la rivière à l'aide de pieux dans un secteur peu profond et facilement accessible. Pour les trois autres frayères, moins profondes, un tel dispositif n'est pas requis. Les supports à capsules sont tous récupérés en plongée.

7.1.5 Taux de survie des embryons

Les taux de survie ont été calculés en fonction de la proportion du nombre d'alevins ou d'embryons vivants ou morts retrouvés au printemps 2017 dans les capsules (excluant donc les mortalités postfécondation). Aux fins de la présente étude, il est assumé que les embryons vivants au moment du retrait des capsules auraient éclos étant donné que leur développement est pratiquement complété.

L'équation est la suivante :

$$\text{Survie} = ((N \text{ alv vivants} + N \text{ alv morts} + N \text{ emb. vivants}) / N \text{ initial œufs vivants}) * 100$$

où :

alv = alevin
emb = embryon
N = nombre

Les taux de survie ont fait l'objet de comparaisons entre les différentes familles et îlots afin de vérifier si ces facteurs influencent la survie.

7.1.6 Analyses statistiques

Des tests de Kruskal-Wallis sont employés pour mettre en évidence les différences au niveau de la mortalité postfécondation entre les femelles. Le même type de test est aussi utilisé pour vérifier si le taux de survie des embryons est différent d'une frayère à l'autre ou entre les années de suivi pour une frayère donnée.

Ces tests sont aussi employés pour vérifier si le taux de survie des œufs fécondés diffère selon les femelles ou selon les familles. Enfin, les données par capsule sont également utilisées afin de vérifier si une composante spatiale (îlot) influence le taux de survie.

Lorsqu'un test de Kruskal-Wallis est réalisé pour comparer trois groupes de données ou plus (p. ex. trois îlots dans une frayère donnée) et que celui-ci met en lumière une différence significative, un test de Tukey sur les valeurs converties en rang doit être réalisé afin de comparer les groupes deux par deux de façon à préciser quels groupes affichent une différence significative.

7.2 Résultats et discussion

7.2.1 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 6,9 et 44,4 % pour une moyenne de 22,0 % (tableau 7-1, annexe 20). À la pisciculture de la SSRR, la mortalité post-fécondation moyenne pour l'ensemble des lignées parentales a été évaluée à 5 % (Marie-Philip Leclerc, coordonnatrice, station piscicole de la SSRR, comm. pers.). La plus forte mortalité post-fécondation observée dans les capsules est probablement due aux manipulations plus importantes subies par ces embryons (transfert dans les capsules, transport). Les mortalités par capsule ont varié de 0 à 92 %. Ce sont les lignées parentales « demi-frères » issues de la femelle 3 qui affichent la mortalité post-fécondation la plus faible avec 13,4 % en moyenne, comparativement à 21,8 % à 26,6 % pour les trois autres femelles.

Tableau 7-1 Mortalité post-fécondation (24 heures après la fraie) des œufs implantés dans les frayères de la Romaine le 18 novembre 2016

Lignée parentale	Mortalité totale postfécondation (%)
1 A	28,5 ^{de}
1 B	44,4 ^c
1 C	6,9 ^h
2 A	13,2 ^{fgh}
2 B	13,9 ^{fgh}
2 C	38,2 ^{cd}
3 A	18,8 ^{efgh}
3 B	11,8 ^{fgh}
3 C	9,7 ^{gh}
4 A	25,0 ^{def}
4 B	22,2 ^{efg}
4 C	31,9 ^{cde}
Moyenne (femelle 1)	26,6 ^a
Effectif ¹	36
Écart-type	23,6
Médiane	25,0
Moyenne (femelle 2)	21,8 ^{ab}
Effectif ¹	36
Écart-type	21,8
Médiane	16,7
Moyenne (femelle 3)	13,4 ^b
Effectif ¹	36
Écart-type	11,1
Médiane	8,3
Moyenne (femelle 4)	26,4 ^a
Effectif ¹	36
Écart-type	19,7
Médiane	25,0
Moyenne (4 femelles)	22,0
Effectif ¹	144
Écart-type	11,9
Médiane	20,5

¹ L'effectif est formé des capsules, soit 12 par lignée parentale (4 femelles x 3 mâles = 12 lignées).

* 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).

7.2.2 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 7-2. Les capsules ont toutes été implantées conformément au plan expérimental. Au total, 144 capsules contenant 1 347 embryons vivants ont ainsi été enfouies dans les quatre frayères à l'étude. L'installation des capsules dans les frayères de la Romaine a été réalisée le 18 novembre par une équipe de plongeurs.

Tableau 7-2 Nombre d'embryons vivants implantés dans les frayères de la Romaine en 2016

Frayère	Îlot	Nombre de capsules	Nombre d'embryons vivants
PK 34,5 (naturelle)	A	12	120
	C	12	119
	D	12	114
<i>Sous-total</i>		36	353
PK 46,2 (naturelle)	A	12	112
	B	12	112
	C	12	122
<i>Sous-total</i>		36	346
PK 49 (aménagée)	A	12	103
	B	12	96
	C	12	97
<i>Sous-total</i>		36	296
PK 51 (aménagée)	A	12	116
	B	12	124
	C	12	112
<i>Sous-total</i>		36	352
Total		144	1 347

1 Voir cartes 7-1 à 7-4 pour la localisation des îlots.

Le 30 novembre 2016, alors que le débit de la rivière Romaine (160,4 m³/s au PK 46) était similaire à celui qui prévalait au moment de l'implantation des capsules dans les frayères (154,3 m³/s le 18 novembre), la vitesse a été mesurée au-dessus des îlots de la frayère du PK 46,2. Les résultats sont détaillés au tableau 7-3.

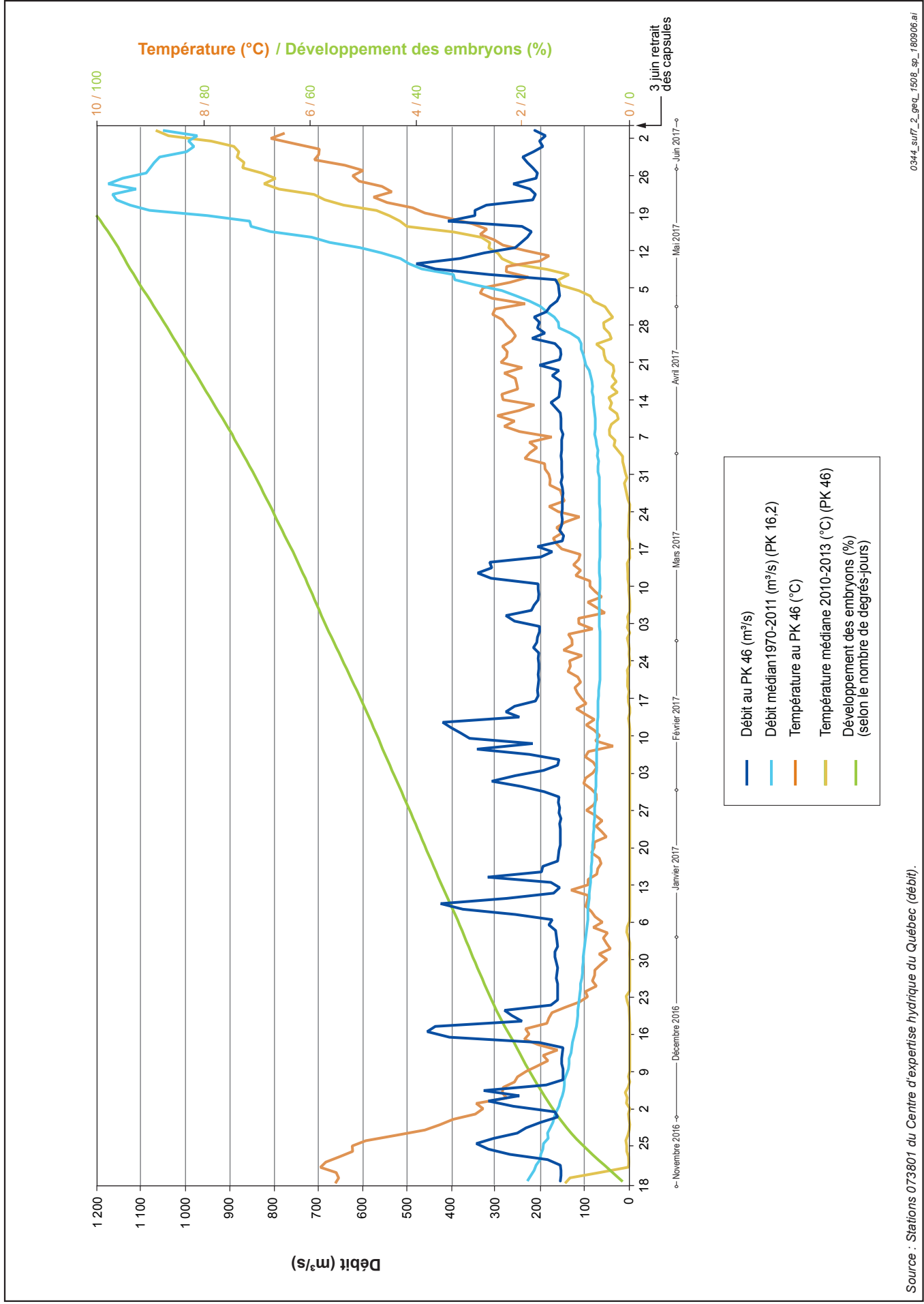
Tableau 7-3 Profondeur d'eau et vitesse mesurées le 30 novembre 2016 au-dessus des îlots de la frayère du PK 46,2

Îlot	Profondeur (m)	Vitesse par rapport à la position dans la colonne d'eau (m/s)		
		0,8 h	0,2 h	Fond
A	2,7	0,63	0,55	0,40
B	0,7	0,78	0,72	0,68
C	1,5	0,82	0,76	0,32

7.2.3 Développement embryonnaire et retrait des dispositifs

La figure 7-2 présente les températures de l'eau et les débits moyens journaliers de la Romaine au PK 46 (station ROMA0944) ainsi que le pourcentage médian cumulatif d'éclosion au cours de la période d'incubation des embryons de saumon, soit du 18 novembre 2016 au 3 juin 2017.

Figure 7-2 Températures et débits moyens journaliers de la Romaine (PK 46), de novembre 2016 à juin 2017, et développement des embryons pendant leur incubation



Source : Stations 073801 du Centre d'expertise hydrique du Québec (débit).

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

Pendant la période d'incubation des alevins, le débit journalier moyen de la Romaine au PK 46 s'est généralement maintenu entre 150 et 200 m³/s, mais on note ponctuellement des pointes de l'ordre de 350 à 450 m³/s (figure 7-2). Ainsi, le débit a été légèrement supérieur au débit médian en conditions naturelles (1970-2011, PK 16) pour la majeure partie de l'hiver, mais il a été nettement plus bas pendant la crue printanière.

La température de l'eau au PK 46 était supérieure à 6 °C pendant la première semaine de la période d'incubation, mais elle s'est ensuite abaissée rapidement pour descendre à moins de 2 °C le 9 décembre 2016. Elle est ensuite demeurée sous cette valeur jusqu'au début d'avril 2017, avant d'osciller entre environ 2 et 2,5 °C jusqu'à la mi-mai. L'eau de la rivière s'est par la suite réchauffée rapidement, passant au-dessus de 6 °C le 1^{er} juin. Rappelons que les températures hivernales de l'eau de la Romaine sont plus élevées depuis l'hiver 2014-2015 en raison de l'inertie thermique associée à la présence de réservoirs dans la portion amont du bassin versant (voir annexe A1-1 et figure 7-2). En conditions naturelles, la température de l'eau descendait en effet plus tôt à l'automne sous 2 °C, soit vers la mi-novembre et le demeurait jusqu'au milieu du printemps. Par la suite, la température de l'eau augmentait plus rapidement qu'en conditions aménagées.

Le pourcentage d'éclosion est un pourcentage théorique basé sur le nombre de degrés-jour de développement calculé à partir de la température de l'eau (section 7.1.4). Le détail du calcul en fonction des températures de l'eau enregistrées pendant l'incubation est présenté à l'annexe 21. La date théorique où environ 50 % des alevins ont éclos en 2017 correspond au 19 mai.

En considérant ce qui précède, le retrait des supports à capsules a été réalisé en plongée les 2 et 3 juin 2017, soit quelques jours après le moment théorique où environ 50 % des alevins avaient éclos. Le débit de la Romaine au PK 46 était alors d'environ 200 m³/s. La totalité des 24 supports à capsules (144 capsules) implantés dans quatre frayères de la Romaine à l'automne 2016 a été récupérée.

7.2.4 Taux de survie

Le tableau 7-4 présente les taux de survie moyens à l'éclosion des embryons implantés dans les quatre frayères de la Romaine. La base de données complète incluant les données relatives à chacune des capsules implantées est présentée à l'annexe 20, alors qu'une version plus détaillée du tableau 7-4 incluant les résultats par frayère et par femelle est présentée à l'annexe 22.

Deux taux de survie sont présentés, en considérant ou non les mortalités post-fécondation. Aux fins des comparaisons interannuelles, il est recommandé d'exclure les mortalités post-fécondation pour tenir compte uniquement des conditions de développement des œufs dans le substrat des frayères. Cela permet aussi de réduire l'influence sur le taux de survie en cas de différence de viabilité des œufs entre saumons femelles.

7.2.4.1 Taux de survie dans le lot témoin

Les embryons des groupes témoins ont été répartis entre deux sites d'incubation, soit celui du LARSA à l'Université Laval et celui de la SSRR au Havre-Saint-Pierre. Le taux de survie moyen jusqu'à l'éclosion du lot témoin conservé au LARSA (familles 1A, 2B et 3C) est de 88,3 % et varie entre 80,8 % et 93,1 % en fonction de la famille (en incluant les mortalités post-fécondation). Ces mêmes familles conservées à la pisciculture de la rivière Romaine opérée par la SSRR affichent un taux de survie jusqu'à l'éclosion variant entre 63,9 et 85,0 % pour une moyenne de 72,5 % (annexe 22).

Tableau 7-4 Taux de survie à l'éclosion des embryons de saumon implantés dans quatre frayères naturelles (PK 34,5 et PK 46,2) et aménagées (PK 49 et PK 51) de la Romaine

Statistique descriptive	Quatre frayères ensemble	
	Sans MPF 1	Avec MPF 1
Quatre femelles ensemble		
Nombre d'œufs	1347	1728
Effectif 2	144	144
Nombre d'embryons vivants 3	101	101
Taux de survie :		
Moyenne (%)	7,5	5,8
Écart-type	16,2	14,7
Intervalle de confiance (95 %)	2,7	2,4
Minimum	0	0
Maximum	75,0	75,0
Médiane	0	0

1 MPF : Mortalités post-fécondation (œufs morts avant l'implantation des capsules).

2 L'effectif correspond au nombre de capsules.

3 Les alevins morts ou vivants sont inclus, car ils avaient survécu au stade embryonnaire.

7.2.4.2 Taux de survie dans le lot expérimental

Répartition des embryons par stade

Le tableau 7-5 montre le portrait global de ce qui a été récupéré dans les 144 capsules implantées dans les quatre frayères de la Romaine. Sur un total de 1 347 œufs implantés vivants, 101 alevins ont été retrouvés, soit 20 alevins morts et 81 alevins vivants. Aucun embryon vivant n'a été retrouvé lors du retrait des capsules au printemps. Les mortalités totalisaient 1 253 œufs ou embryons morts récoltés. Ce total inclut cependant des œufs morts au moment de l'implantation dans les frayères et n'ayant pas été retirés des capsules (ces 195 œufs morts s'ajoutent aux 1 347 œufs implantés vivants pour un total de 1 542 œufs implantés dans les frayères). Enfin, 188 œufs n'ont pas été retrouvés. Ceux-ci sont considérés morts et décomposés. Les photos 28 à 30 de l'annexe 4 montrent quelques exemples du contenu des capsules retirées des frayères de la Romaine après la période d'incubation.

Tableau 7-5 Stade de développement et état des œufs implantés dans les frayères de la Romaine lors de leur récupération au printemps 2017

Stade et état	Effectif (%)				
	PK 34,5	PK 46,2	PK 49	PK 51	Total
Œufs implantés vivants ¹	353	346	296	352	1347
Embryons vivants	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Alevins vésiculés morts	3 (0,8 %)	1 (0,3 %)	3 (1,0 %)	13 (3,7 %)	20 (1,5 %)
Alevins vésiculés vivants	7 (2,0 %)	15 (4,3 %)	27 (9,1 %)	32 (9,1 %)	81 (6,0 %)
Œufs ou embryons morts ²	396	334	259	264	1253
Non retrouvés ³	26	82	37	43	188

1 Œufs vivants au moment de l'implantation des capsules (excluant les MPF non retirées des capsules).

2 Pouvant inclure les MPF non retirées des capsules lors de l'implantation.

3 Les effectifs manquants sont considérés être morts et décomposés.

Taux de survie des embryons par capsule

Le taux de survie des embryons pour chacune des 144 capsules implantées est présenté en détail à l'annexe 20. Le taux de survie (sans MPF) a varié entre 0 et 75 % pour les différentes capsules implantées, mais il a été nul dans une majorité de cas, soit dans 115 des 144 capsules.

Taux de survie des embryons par frayère

Les taux de survie par frayère sont présentés à l'annexe 22. Les frayères naturelles des PK 34,5 et 46,2 affichent respectivement des taux de survie globaux (sans MPF) de 2,8 % et de 4,6 %, comparativement à 10,1 % et 12,8 % pour les frayères aménagées des PK 49 et 51. Il n'y a toutefois pas de différence statistique significative ($p < 0,05$) entre les frayères.

Pour chacune des quatre frayères, on retrouve une majorité de capsules ayant un taux de survie nul, soit 89 % des capsules au PK 34,5 (32/36), 86 % au PK 46,2 (31/36) et 72 % aux PK 49 et PK 51 (26/36 dans les deux cas).

Les taux de survie présentés ici peuvent être utilisés comme des indicateurs des conditions d'incubation qui prévalent dans les différentes frayères étudiées en conditions aménagées. Cependant, ils ne reflètent pas fidèlement les conditions naturelles de fécondation et d'incubation des œufs de saumon de la Romaine. Plusieurs facteurs sont en effet différents du milieu naturel : fécondation en milieu contrôlé, transport et l'acclimatation des œufs sur le terrain, encapsulation, insertion dans un nid artificiel, etc.

À l'instar des résultats de la présente étude, les résultats obtenus lors d'autres études scientifiques portant sur la survie des embryons de salmonidés présentent aussi une grande variabilité. La revue de la documentation scientifique faite en 2012 indiquait des taux de survie à l'éclosion variant de 0 à 98 % et un taux de survie à l'émergence variant de 0 à 84 % (GENIVAR, 2012a).

Taux de survie des embryons par femelle

Les taux de survie par femelle sont également présentés à l'annexe 22. Les œufs des femelles 1 à 4 affichent respectivement des taux de survie (sans MPF) de 3,2 %, 13,6 %, 11,5 % et à peine 0,6 % dans le cas de la femelle 4. Il y a une différence significative ($p < 0,05$) entre les femelles 2 et 3 qui ont un taux plus élevé que les femelles 1 et 4.

Soulignons par ailleurs que ces résultats vont dans le sens de ce qui avait été observé au niveau de la mortalité post-fécondation (tableau 7-1). Les femelles 1 et 4 qui affichaient les taux de mortalité post-fécondation les plus élevés sont également celles qui présentent les taux de survie les plus faibles.

Taux de survie des embryons par lignée parentale

Les taux de survie par lignée parentale sont présentés au tableau 7-6. L'examen de ce tableau fait ressortir que les meilleurs taux de survie sont associés aux combinaisons des femelles 2 et 3 avec les mâles A et B (taux de survie variant entre 11,9 et 20,3 %). Les autres combinaisons affichent des taux de survie se situant entre 0 et 8 %.

Taux de survie des embryons par îlot

Pour chacune des frayères, une analyse a été faite pour vérifier si les taux de survie des embryons étaient significativement différents en fonction de l'îlot. Aucune différence statistique significative n'a été observée, les niveaux de probabilité étant nettement supérieurs à 0,05 ($p = 0,45$ à $0,98$).

Tableau 7-6 Taux de survie des embryons par lignée parentale dans les frayères de la Romaine au printemps 2017

Lignée parentale ¹	Taux de survie (%)
1 A	0 ^c
1 B	4,6 ^{bc}
1 C	3,6 ^{bc}
2 A	14,6 ^{ab}
2 B	20,3 ^a
2 C	1,2 ^c
3 A	11,9 ^{abc}
3 B	12,3 ^{abc}
3 C	8,0 ^{abc}
4 A	0 ^c
4 B	1,4 ^c
4 C	0 ^c

¹ Les embryons de chaque lignée parentale sont répartis dans 12 capsules, soit trois capsules par frayère.

* Des comparaisons statistiques ont été effectuées entre les lignées parentales et des lettres différentes indiquent une différence significative ($p < 0,05$).

7.2.5 Comparaison interannuelle

Pour la frayère du PK 34,5, le taux de survie a été d'environ deux fois plus faible en 2016-2017 comparativement à 2012-2013 (tableau 7-7), sans que cette différence ne soit statistiquement significative ($p < 0,05$). Rappelons que les capsules implantées dans cette frayère à l'automne 2010 n'avaient pas pu être récupérées au printemps suivant.

Tableau 7-7 Taux de survie des embryons encapsulés de saumon implantés dans les frayères de la Romaine et conservés en pisciculture (témoin)

Frayère	2010-2011	2012-2013	2016-2017
Frayère du PK 34,5 (naturelle)			
Nombre de capsules récupérées	0	36	36
Taux de survie moyen (\pm I.C.) (sans MPF)	-	6,3 % \pm 4,2	2,8 % \pm 3,2
Taux de survie médian	-	0 %	0 %
Frayère du PK 46,2 (naturelle)			
Nombre de capsules récupérées	27	30	36
Taux de survie moyen (\pm I.C.) (sans MPF)	50,1 % \pm 12,6	31,1 % \pm 12,4	4,6 % \pm 3,9
Taux de survie médian	55,6 %	16,7 %	0 %
Frayère du PK 49 (aménagée)			
Nombre de capsules récupérées	-	-	36
Taux de survie moyen (\pm I.C.) (sans MPF)	-	-	10,1 % \pm 6,2
Taux de survie médian	-	-	0 %
Frayère du PK 51 (aménagée)			
Nombre de capsules récupérées	-	-	36
Taux de survie moyen (\pm I.C.) (sans MPF)	-	-	12,8 % \pm 7,2
Taux de survie médian	-	-	0 %
Groupe témoin			
Nombre de familles	6	6	12 ¹
Taux de survie moyen (\pm I.C.) (sans MPF)	95,6 % \pm 3,9	93,6 % \pm 1,7	76,3 %
Taux de survie médian	99,1 %	94,2 %	-

¹ Les 12 familles sont ici représentées de façon inégale et asymétrique dans 6 tiroirs de la pisciculture de la rivière Romaine (voir annexe 22).

Quant à la frayère du PK 46,2, le taux de survie observé en 2016-2017 est nettement le plus faible jusqu'ici. Ce taux avait atteint 50,1 % en 2010-2011, puis 31,1 % en 2012-2013, alors qu'il n'est que de 4,6 % en 2016-2017. Ces trois taux sont significativement différents ($p < 0,05$).

Il est difficile de statuer sur l'influence des aménagements hydroélectriques en raison du faible taux de survie observé avant 2014 à la frayère du PK 34,5 et de la grande variabilité observée à la frayère du PK 46,2 pour les deux suivis effectués avant 2014. Néanmoins, il importe de souligner que les frayères ont été partiellement recouvertes de sédiments fins et d'algues depuis la première mise en eau (WSP, 2016a, 2017a). Elles ont été temporairement nettoyées au cours de l'été en 2017, mais les algues et une certaine proportion de sédiments fins les ont de nouveau affectées à l'automne (sections 2.2.3.3 et 4.1.2). Par ailleurs, malgré ces apports en sédiments fins et en algues, les femelles parviennent à nettoyer le substrat lors du creusage des nids (WSP, 2017a). Notons que le suivi portant spécifiquement sur la qualité granulométrique des frayères naturelles permettra entre autres de décrire la variation temporelle de la teneur en particules fines dans le substrat de fraie et permettra d'ajouter des informations complémentaires à ces résultats afin d'en bonifier l'analyse (WSP, 2019).

7.2.6 Facteurs influençant la survie

La survie des embryons est un premier indicateur de la qualité des frayères et d'un cours d'eau en général. Le développement embryonnaire dépend d'interactions complexes de l'environnement, dont la qualité de l'eau interstitielle (Lacroix, 1985; Peterson et Quinn, 1996; Malcolm et coll., 2003; Malcolm et coll., 2004), le taux de renouvellement de l'eau (Hamor et Garside, 1976), la température de l'eau (Crisp, 1988; Stonecypher et coll., 1994) et la composition granulométrique du substrat (Levasseur et coll., 2006; Julien et Bergeron, 2006). Cependant, évaluer la survie en nature et mesurer l'impact de ces différents facteurs environnementaux sur celle-ci constituent des défis d'envergure, car il est très difficile d'isoler un de ces facteurs pour mesurer son effet (Beaufour, 2007).

Le grand écart dans les taux de survie mesurés dans les deux principales frayères à saumon de la Romaine avant les aménagements hydroélectriques (avant 2014) reflète vraisemblablement leurs caractéristiques différentes, notamment en ce qui a trait à leur profondeur, au type de substrat qu'on y trouve et aux apports en matériel fin qu'elles subissent. Ces résultats soulignent l'importance que les deux frayères soient considérées de façon indépendante dans l'analyse des données de suivi.

Il n'y a pas de différence avant et après aménagement pour la frayère du PK 34,5. Cependant, on observe une différence significative dans le cas de l'autre frayère naturelle (PK 46,2). Il y a également une différence significative dans les taux de survie avant aménagement (2012-2013 vs 2010-2011) pour cette frayère. Cette différence interannuelle peut en partie s'expliquer par les conditions en rivière qui varient d'une année à l'autre (p. ex. débit, température, frasil, glace, etc.), rendant plus difficile une comparaison pré et post-aménagement. Les suivis subséquents permettront de vérifier si les tendances observées sur les deux frayères se maintiennent et d'identifier les facteurs qui les expliquent, le cas échéant.

8. 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 2017 montre un patron atypique similaire à ceux de 2015 et 2016, avec l'absence de pics marqués d'abondance et un prolongement de cette migration jusqu'à la mi-juillet. Les résultats des analyses génétiques indiquent une plus grande proportion de smolts issus de l'affluent Puyjalon (77 %), comme en 2016. Par ailleurs, il y a eu 12 % des smolts provenant des ensemencements et ils constituent la majorité de l'ensemble des dévalaisons en juillet.

En ce qui concerne la dévalaison, l'approche CMR (Petersen modifié) permet d'estimer la population de smolts de la Puyjalon à 8 843 spécimens et celle de la Romaine à 5 928. L'incohérence de ces résultats serait due au fait que, dans la Romaine, la taille de l'échantillon est insuffisante pour avoir une estimation raisonnablement précise. Dans ce contexte, il est apparu préférable d'utiliser une méthode d'estimation similaire à celle employée en 2013, c'est-à-dire d'évaluer la population de smolts du bassin versant de la Romaine en extrapolant le nombre de smolts estimé pour la Puyjalon à l'aide des résultats d'analyses génétiques. De cette façon, la population de smolts du bassin versant de la Romaine a été évaluée à 11 479 spécimens et celle du cours principal de la Romaine à 2 637 spécimens, dont environ la moitié provient de la reproduction naturelle et l'autre moitié des ensemencements. Les résultats de 2017 confirment la tendance à la baisse de la population de smolts de la rivière Romaine depuis 2014. Les causes précises de cette tendance ne sont pas connues pour le moment. Les prochains suivis permettront vraisemblablement de les identifier.

La présence d'algues dans la rivière, associée à la mise en eau de réservoirs, a culminé en 2016. Elle a diminué au printemps 2017, est disparue à la fin de l'été puis est revenue à l'automne 2017, vraisemblablement en raison de la mise en eau du réservoir de la Romaine 3 au printemps 2017. Ces algues entraînent le colmatage des ailes des trappes qui doivent être nettoyées quotidiennement.

L'analyse des smolts capturés en 2017 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 2,04 ans et de 2,73 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. Par ailleurs, une diminution de la longueur rétrocalculée au stade alevin est observée pour les deux rivières depuis 2011, particulièrement pour la Puyjalon.

Contrairement aux alevins, la longueur rétrocalculée au stade de tacons d'un an affiche une augmentation pour les deux rivières. Ces constatations indiquent que des facteurs autres que ceux liés aux aménagements hydroélectriques pourraient influencer la croissance des saumons juvéniles.

Le suivi de détection télémétrique au PK 49 s'est poursuivi en 2017 et 119 émetteurs ont été implantés sur des juvéniles de saumon. Tel que mentionné précédemment, les résultats de cette activité feront l'objet d'un rapport séparé de l'INRS-ETE.

Les observations réalisées en apnée sur les aménagements réalisés pour favoriser la croissance et la survie des saumons juvéniles confirment qu'ils sont utilisés. Cependant, les densités observées sont faibles, ce qui indique que les aménagements sont encore peu utilisés, en particulier les aires d'élevage situées au PK 49 aval et au PK 51 qui sont moins utilisées que ceux aménagés au PK 49 amont. De fait, les densités de juvéniles affichent une tendance à la baisse depuis le début des inventaires en 2015.

Comme en 2015 et en 2016, les habitats aménagés étaient partiellement recouverts de sable lors du suivi à l'automne 2017. Le sable était cependant moins présent que l'année précédente au PK 51, alors qu'à l'inverse, sa présence était plus marquée sur les aménagements du PK 49, mais demeurait nettement sous les 20 % de recouvrement.

Les observations indiquent que le saumon a, comme en 2016, frayé un peu plus tardivement (fin octobre début novembre) qu'en conditions naturelles dans le cours principal de la Romaine. Dans la Puyjalon, la fraie a également été tardive, comme en 2016, se terminant dans la 2^e semaine de novembre.

L'inventaire des nids de fraie à l'automne a permis d'en compter 181 dans le bassin versant de la Romaine, soit 93 dans le cours principal et 89 dans la Puyjalon et ses tributaires. Le nombre de nids de fraie dans le cours principal de la Romaine, bien qu'élevé, est plus faible qu'en 2016, la meilleure année depuis le début des suivis. Pour la troisième année consécutive, le nombre de nids est plus élevé en amont des chutes à Charlie qu'en aval, ce qui suggère que le régime de débit mis en place depuis 2014 favorise son franchissement par les saumons adultes.

Le suivi de l'échouage des juvéniles lors du passage de deux à un groupe T/A à puissance optimale, soit l'équivalent de 400 m³/s à 200 m³/s, a pu être effectué trois fois en 2017. La très grande majorité des poissons emprisonnés dans des cuvettes sont des juvéniles et des alevins, surtout de meuniers. Il y a eu 7 juvéniles de saumon observés sur deux sites.

Des embryons ont été implantés sur les frayères en 2016 et les résultats de 2017 indiquent un taux de survie variant de 2,8 à 12,8 % selon la frayère, sans différence significative. Il n'y en a pas non plus entre les îlots. Il n'y en a pas non plus entre les années à la frayère du PK 34,5. Par contre, malgré une variabilité élevée en conditions naturelles, il y a eu une diminution significative du taux de survie à la frayère du PK 46,2 (50 % et 31 % vs 5 %). Notons que le suivi portant spécifiquement sur la qualité granulométrique des frayères naturelles permettra entre autres de décrire la variation temporelle de la teneur en particules fines dans le substrat de fraie et permettra d'ajouter des informations complémentaires à ces résultats afin d'en bonifier l'analyse.

9. 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 pages 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.

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.

BEAUFOUR, A. 2007. *Utilisation d'œufs de truite commune (Salmo trutta) en tant qu'indicateur biologique : étude de l'impact des facteurs physicochimiques du milieu et de l'origine maternelle des œufs sur le développement embryonnaire*. Mémoire de Master 2 présenté à l'Université de Rennes, 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 ichtyenne*. Rapport du Groupe conseil GENIVAR à la direction Environnement et Services techniques d'Hydro-Québec. 134 p. et annexes.

BLOTT, S.J.. PYE, K. 2001. Gradstat : A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 26, p. 1237-1248.

CAUCHON, V. et J. APRIL. 2018. *Suivi des populations témoins de saumon atlantique au Québec : rapport scientifique 2017*, 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, 55 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.

CRISP, D.T. 1988. Prediction, from temperature, of eying, hatching, and 'swim-up' times of salmonid embryos. *Freshwater Biology* 19: 41-48.

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 Nivelles. *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.

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. 2011a. *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, 2011b. *Complexe de la Romaine – Dynamique sédimentaire à l'échelle du nid de saumon atlantique – Période d'incubation 2009-2010*. Rapport d'étape. Hardy, F., Belzile, L., Therrien, J. GENIVAR inc. pour Hydro-Québec Équipement et services partagés. 61 p. et annexe.

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.

HAMOR, T., GARSIDE, T. 1976. Developmental rates of embryos of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in response to various levels of temperature, dissolved oxygen, and water exchange. *Can. J. Zool.* 54: 1912-1917.

- 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
- JULIEN, H.P., BERGERON, N.E. 2006. Effect of fine sediment infiltration during the incubation period on Atlantic salmon (*Salmo salar*) embryo survival. *Hydrobiologia* 56: 61-71.
- LACROIX, G. L. 1985. Survival of eggs and alevins of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in relation to the chemistry of interstitial water in redds in some acidic streams of Atlantic Canada. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 292-299.
- LAVALLÉE, C., CAUCHON, V., GAGNÉ, N., CAYER-BLAIS, W. et J. APRIL. 2018. *Suivi de la population de saumon atlantique de la rivière du Vieux Fort, saison 2017.* Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune Côte-Nord et Direction de l'expertise sur la faune aquatique, 32 p.
- LEVASSEUR, M., BÉRUBÉ, F., BERGERON, N.E. 2006. A field method for the concurrent measurement of fine sediment content and embryo survival in artificial redds. *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 31 : 526-530.
- MALCOLM I.A, YOUNGSON A.F., SOULSBY, C. 2003. Survival of salmonid eggs in a degraded gravel-bed stream : effects of groundwater-surface water interactions. *River Res. Applic* 19: 303-316.
- MALCOLM, I.A., SOULSBY, C., YOUNGSON, A.F., HANNAH, D.M., MCLAREN, I.S., THORNE, A. 2004. Hydrological influences on hyporheic water quality: implications for salmon egg survival. *Hydrol. Process.* 18: 1543-1560.
- MAPAQ. 1999. *Transport des œufs et des poissons vivants. Élevage des salmonidés,* Fascicule 9. 47 pages.
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP). 2018. *Bilan de l'exploitation du saumon au Québec en 2017,* ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Secteur de la faune, 302 p.
- PERREAULT-PAYETTE, A., BOUGAS, B, BERNATCHEZ, L. 2017. *Assignment populationnelle et parentale de saumoneaux de la rivière Romaine.* Rapport de l'IBIS (Institut de Biologie Intégrative et des Systèmes), Université Laval. 27 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.

PETERSON, R.H., 1978. Physical characteristics of Atlantic salmon spawning gravels in some New Brunswick streams. St-Andrew (NB), Fisheries and Oceans Canada, 28 pages.

PETERSON, N.P., QUINN, T.P. 1996. Persistence of egg pocket architecture in redds of chum salmon *Oncorhynchus keta*. *Environmental Biology of Fishes* 46: 243-253.

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.

STONECYPHER R.W. JR., HUBERT W.A., GERN, W.A. 1994. Effect of reduced incubation temperatures on survival of trout embryos. *The Progressive Fish Culturist* 56: p.180-184.

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.*

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.

WENTWORTH, C.K., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, vol. 30, p. 377-392.

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. 2016a. *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. 2016b. *Programme de restauration du saumon de la rivière Romaine – Pêche de saumons juvéniles dans la Romaine – Rapport d'activités 2015*. Version finale. Rapport de WSP à la Société saumon de la rivière Romaine. 24 p. 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.

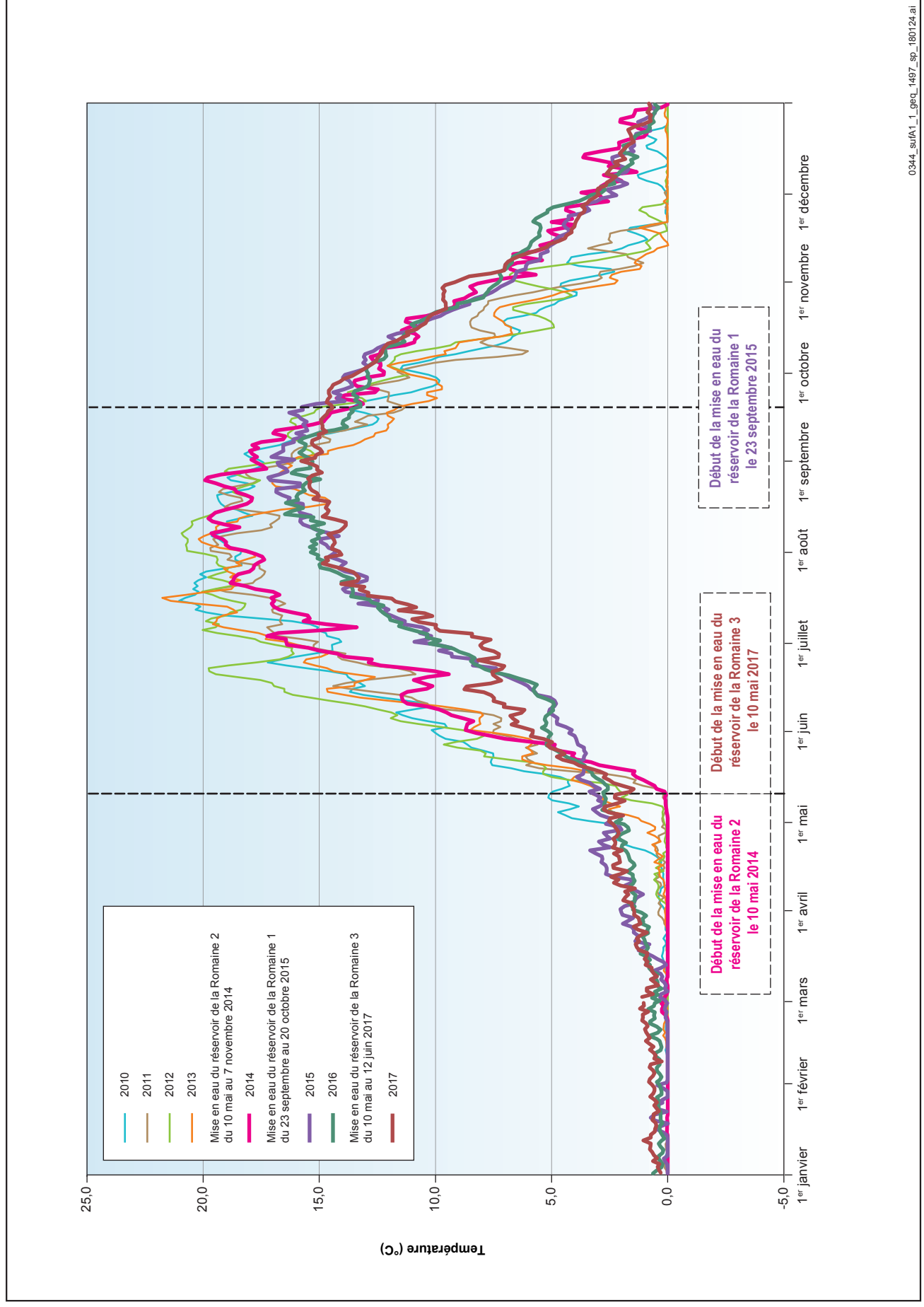
WSP. 2017b. *Programme de restauration du saumon de la rivière Romaine. Pêche de saumons juvéniles dans les rivières Romaine et Puyjalon – Rapport d’activités 2016*. Rapport de WSP à la Société saumon de la rivière Romaine. 21 pages et annexes.

WSP. 2019. *Complexe de la Romaine. Suivi environnemental en phase exploitation. Suivi de la qualité granulométrique des frayères à saumon naturelles. Suivi 2016-2017*. Rapport en version finale produit pour Hydro-Québec. 64 pages et annexes.

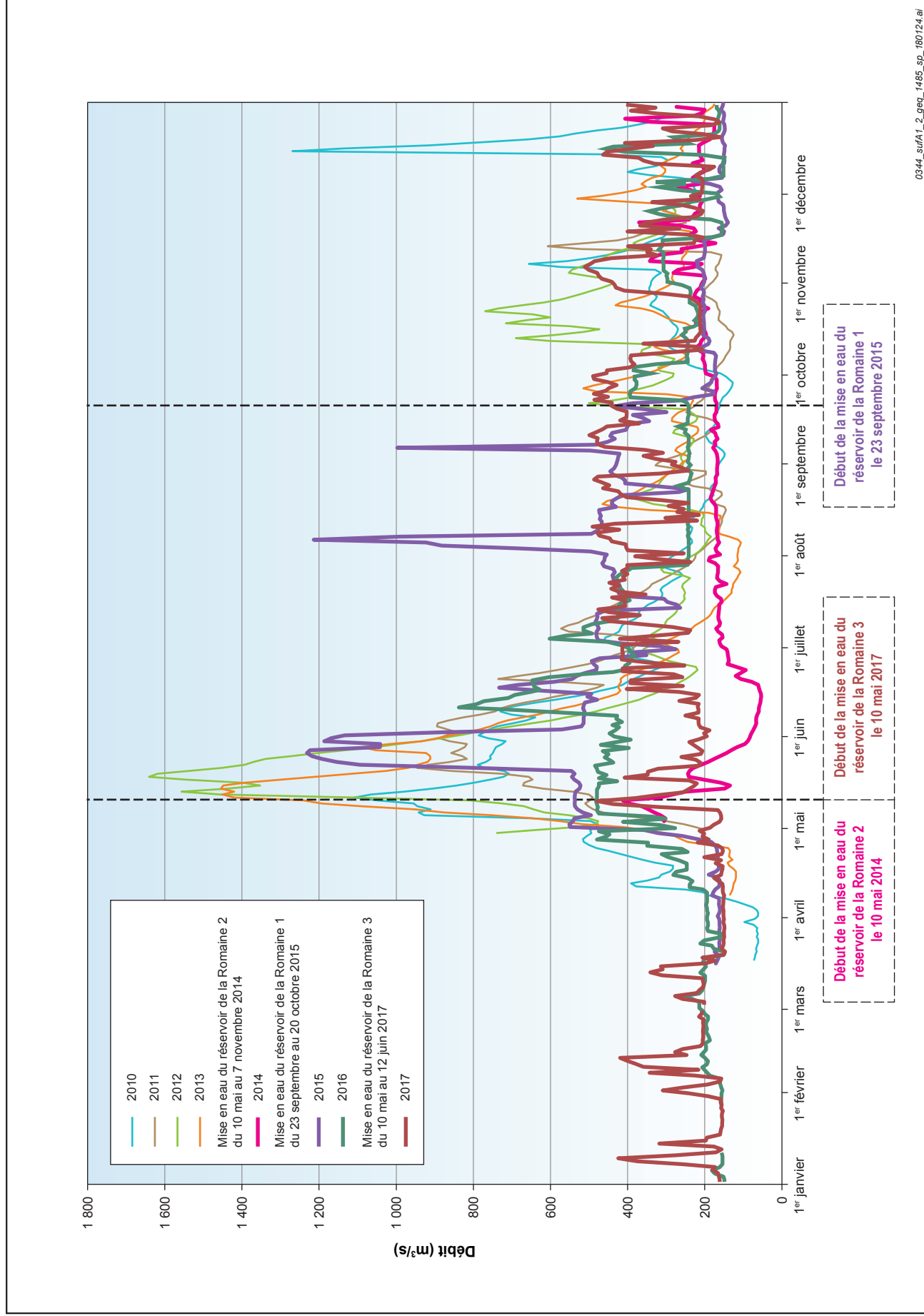
ZAR, J. H. 1984. *Biostatistical Analysis*. 2nd. ed. Prentice-Hall, New-Jersey. 718 p.

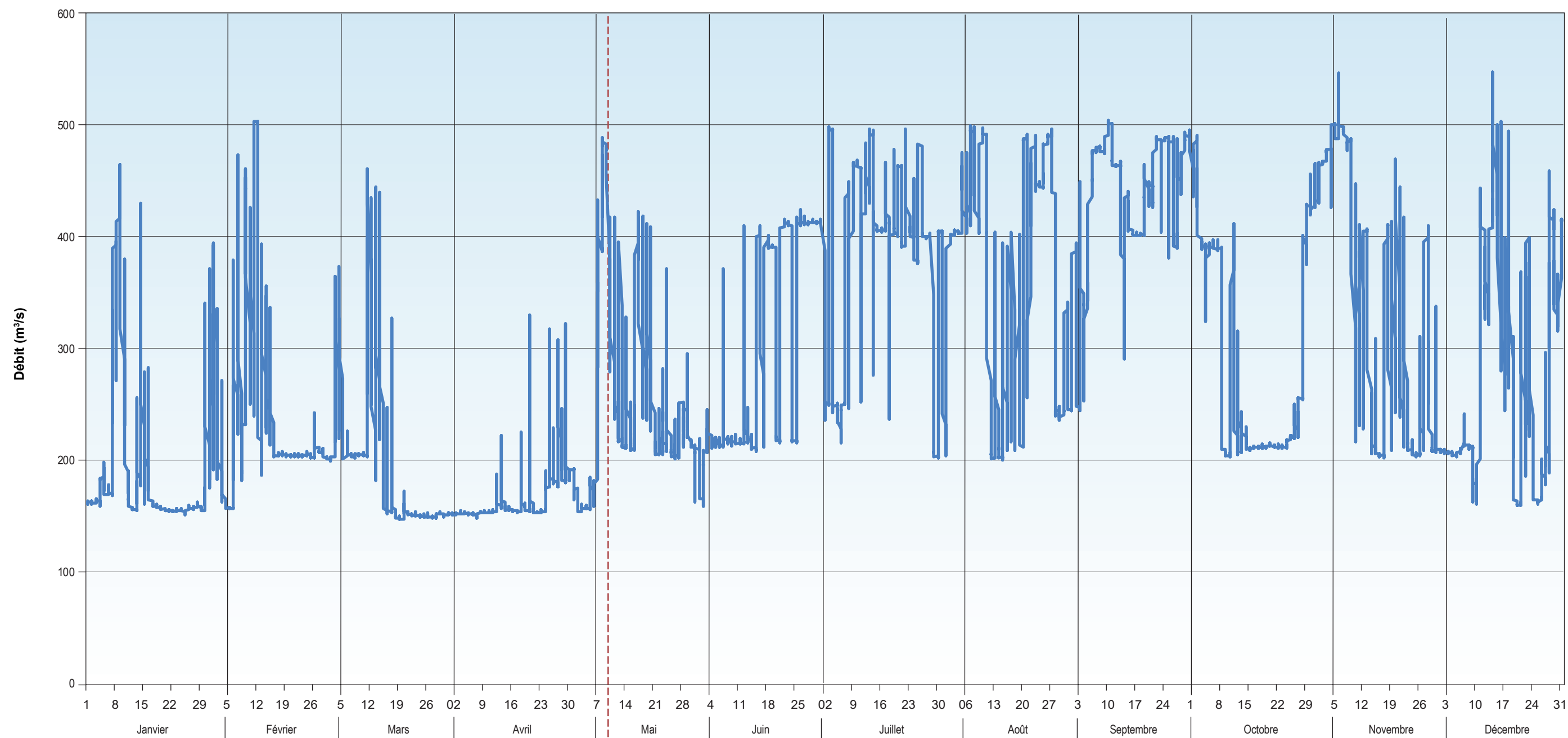
ANNEXE 1 Débits moyens journaliers et températures moyennes journalières de l'eau de la Romaine au PK 46 de 2010 à 2017 et débits horaires en 2017

Annexe A1-1 Températures moyennes journalières de l'eau de la Romaine au PK 46 de 2010 à 2017



Annexe A1-2 Débits moyens journaliers de la Romaine au PK 46 de 2010 à 2017





Début de la mise en eau du réservoir de la Romaine 3 le 10 mai 2017

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

Annexe 2 Conditions d'autorisation du MDDELCC (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 desensemencements 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 :

- 5.1.2.1. 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 5.1.4. 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 2017 (Perreault-Payette et coll., 2017)



UNIVERSITÉ
LAVAL

Assignation populationnelle et parentale de saumoneaux de la rivière Romaine

Alysse Perreault-Payette, Bérénice Bougas 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, 250 saumoneaux et un alevin, échantillonnés en 2017 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 2017, la proportion assignée avec certitude à la rivière Romaine est de 11.6% alors qu'elle est de 86% à la rivière Puyjalon. L'assignation parentale a permis d'identifier 33 individus provenant de la reproduction artificielle. Plus précisément, le père et la mère de 32 saumoneaux et d'un alevin sur les 251 échantillonnés en 2017 a pu être déterminé avec un niveau de confiance élevé (80-95%). Au total, 93 mâles et 158 femelles ont été identifiés parmi les 251 saumons. Plus précisément, on compte 13 mâles et 16 femelles parmi les individus assignés à la rivière Romaine et 78 mâles et 137 femelles parmi les individus assignés à la rivière Puyjalon.

Table des matières

Résumé.....	2
1. Objectifs.....	5
2. Méthodologie.....	5
2.1 Échantillonnage.....	5
2.2 Analyses de laboratoire.....	5
2.2.1 Sélection des marqueurs génétiques.....	5
2.2.2 Extraction de l'ADN.....	6
2.2.3 Amplification des loci microsatellites.....	6
2.2.4 Migration et détermination du génotype.....	6
2.2.5 Détermination du sexe.....	7
2.3 Analyses des données.....	7
2.3.1 Assignation populationnelle.....	7
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 2017. Les individus pour lesquels l'assignation 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. Dans le cas où l'individu a été assigné à la reproduction artificielle, la mention «oui» est inscrite sous la colonne «Reproduction artificielle». Les individus avec un Astérisx (*) ont été assignés à une population de référence en se basant sur la population d'origine des parents assignés. Dans le cas où les parents provenaient de deux populations d'origine différente, la mention «Puyjalon/Romaine» a été utilisée.....	11
Références bibliographiques.....	18
Annexe 1 : Protocole d'extraction de l'ADN des échantillons.....	20
Annexe 2 : Protocole de l'amplification et de migration sur capillaires des loci microsatellites.....	22
Annexe 3 : Protocole de détermination du sexe.....	25

Annexe 4 : Résultats d'assignation parentale. 26

Tableau 3. Individus assignés avec succès à la reproduction artificielle. Une valeur de vraisemblance est attribuée à chaque mâle et femelle candidat. Une valeur de vraisemblance ainsi qu'un niveau de confiance est aussi attribuée à chaque couple. Plus la valeur de vraisemblance est élevée, plus la probabilité est que ce soit les vrais parents est élevé. Les parents mâle et femelle sont identifiés par leur «Pit Tag» respectif..... 26

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 250 saumoneaux et un alevin échantillonnés dans la rivière Romaine en 2017. 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 2017 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 250 saumoneaux et d'un alevin d'origine inconnue ont été échantillonnés dans la rivière Romaine à l'été 2017. 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 exportées 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). Ce programme assigne un couple de parent potentiel 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 simulé 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.

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.

3. Résultats

3.1 Assignation populationnelle

L'assignation des échantillons inconnus aux populations de référence a été accomplie 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 251 saumons d'origine inconnue échantillonnés dans la rivière Romaine en 2017. Au total, 215 saumons sur 251 (86.00%) ont été assignés, avec confiance ($D > 1$), à la rivière Puyjalon et 29 saumons sur 251 (11.60%) ont été assignés, avec confiance, à la rivière Romaine. Sept individus (2.80%) n'ont pas été assignés avec confiance à l'une ou l'autre des populations. De ceux-ci, cinq (2.00%) ont eu un seuil de confiance inférieur à 1 ($D < 1$) et deux (0.8%) n'ont pas été analysés avec succès.

3.2 Assignation parentale

L'assignation parentale des échantillons inconnus à des géniteurs sauvages ou provenant de la reproduction artificielle a été effectuée à l'aide du logiciel Cervus. Les résultats des assignations parentales sont présentés dans le tableau 2 et l'annexe 4. 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%). Sur les 251 échantillons testés, un total de 33 individus a été assignés à des géniteurs provenant de la reproduction artificielle. La majorité d'entre eux (32 individus) ont été assignés avec un niveau de confiance de 95% et un individu a été assigné avec un niveau de confiance de 80%. La reproduction artificielle représente donc 13% des individus capturés. Trente-deux des saumoneaux assignés proviennent de la reproduction effectuée en 2014 à la station piscicole Baldwin etensemencée en 2015. L'alevin provient de la reproduction effectuée au LARSA en 2016 etensemencée en 2017.

3.3 Détermination du sexe

L'identification du sexe des 251 saumons capturés en 2017 dans la rivière Romaine est présentée dans le tableau 2. Au total, 93 mâles (37.05%) et 158 femelles (62.95%) ont été identifiés sur les 251 saumons analysés. Plus précisément, parmi les individus assignés avec confiance à la rivière Romaine (N=29), 13 ont été identifiés comme mâle (44.83%) et 16 identifiés comme femelle (55.17%). Parmi les individus assignés avec confiance à la rivière Puyjalon (N=215), 78 (36.28%) ont été identifiés comme mâle et 137 (63.72%) identifiés comme femelle.

4. Conclusion

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

1. Parmi les 251 saumons d'origine inconnue, 29 saumons ont été assignés avec confiance à la rivière Romaine et 215 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 251 saumoneaux analysés, 33 ont été assignés à la reproduction artificielle, soit 13%. Plus précisément, 32 ont été assignés à la reproduction artificielle effectuée à la station piscicole Baldwin en 2014 etensemencée en 2015. Le seul alevin analysé a été assigné à la reproduction effectuée au LARSA en 2016 etensemencée en 2017.
3. L'analyse de détermination du sexe des 251 saumons a permis d'identifier 93 mâles et 158 femelles. Une proportion semblable de mâle et de femelle assignée à la rivière Romaine a été identifiée. Par contre, 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 : AGGTGGGTCTCCAAAGCTAC b : ACCCGCTCCTCACTTAATC*	HEX (Vert)	58	(Oreilly et coll., 1996)
Ssa171	a : TTATTATCCAAAGGGTCAAAA b : GAGGTCGTGGGGTTACTAT	NED (Jaune)	58	(Oreilly et coll., 1996)
Ssa197	a : GGGTTGAGTAGGGAGGCTTG b : TGGCAGGGATTTGACATAAC*	VIC (Vert)	58	(Oreilly et coll., 1996)
Ssa202	a : CTTGGAATATCTAGAATATGGC b : TTCATGTGTTAATGTTGGCTTG	VIC (Vert)	58	(Oreilly et coll., 1996)
SsaD58	F : TAGAGTTTGTCTCTGGCTTTG R : AGACCCTAGGACTGGCTACTG	HEX (Vert)	58	(King et coll., 2005)
SsaD71	F : AACGTGAACATAAAATCGATGG* R : TAAGAAATGGTTGCCATAG	PET (Rouge)	58	(King et coll., 2005)
SsaD85	F : CTTGGCTGTTTCAGGTATGAC* R : CACTGCTTACAACAGAAAGTCTC	FAM (Bleu)	58	(King, comm. pers.)
SsaD144	F : TTGTGAAGGGCTGACTAAC* R : TCAATGTTGGGTGCACATAG	FAM (Bleu)	58	(King et coll., 2005)
SsaD486	F : TCGTGTGTA TCAGTATTTTGG R : ACTCGGATAACACTCACAGGTC	FAM (Bleu)	58	(King et coll., 2005)
Ssos1417	F : TTGTTCAAGTATATGTGCCAT* R : GATCTCACTGCCACCTATGACC	FAM (Bleu)	58	(Slettan et coll., 1995)
SsspG7	F : CTGGTCCCGTTCITACGACAACC* R : TGCACGGCTGTTGGTCCTTG	NED (Jaune)	58	(Paterson et coll., 2004)
Sssp1605	F : CGCAATGGAAGTCAGTGGACTGG* R : CTGATTTAGCTTTTTAGTGCCCAATGC	NED (Jaune)	58	(Paterson et coll., 2004)
Sssp2201	F : TTTAGATGGTGGGATCTGGGAGGC* R : CGGGAGCCCCATAACCCCTACTAATAAC	NED (Jaune)	58	(Paterson et coll., 2004)
Sssp2210	F : AAGTATTCATGCACACACATTCACCTGC* R : CAAGACCCTTTTTCCAATGGGATTC	FAM (Bleu)	58	(Paterson et coll., 2004)
Sssp2215	F : ACTAGCCAGGTGCTGCGGGTIC* R : AGGGTCAGTCAGTCACACCCATGCC	NED (Jaune)	58	(Paterson et coll., 2004)
Sssp2216	F : GGCCACAGACAGATAAACAAACACGC* R : GCCAACAGCAGCATCTACACCCAG	VIC (Vert)	58	(Paterson et coll., 2004)
MST-3	1 : CCCTGGTTTGACTTTGICTCA* 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 2017. Les individus pour lesquels l'assignation 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. Dans le cas où l'individu a été assigné à la reproduction artificielle, la mention «oui» est inscrite sous la colonne «Reproduction artificielle». Les individus avec un Astérix (*) ont été assignés à une population de référence en se basant sur la population d'origine des parents assignés. Dans le cas où les parents provenaient de deux populations d'origine différente, la mention «Puyjalon/Romaine» a été utilisée.

Individu	Valeur de vraisemblance (Log10)		<i>D</i>	Assignation	Sexe	Reproduction artificielle
	Romaine	Puyjalon				
R0002	51,018	37,862	13,156	Puyjalon	F	
R0004	37,922	45,648	7,726	Romaine	F	
R0005	55,600	45,286	10,314	Puyjalon	F	
R0006	50,054	38,964	11,090	Puyjalon	M	oui
R0007	57,303	40,739	16,564	Puyjalon	F	
R0008	38,256	44,255	5,999	Romaine	F	
R0009	43,431	49,609	6,178	Romaine	M	
R0010	53,532	37,433	16,099	Puyjalon	F	
R0012	40,793	38,120	2,673	Puyjalon	F	
R0013	47,326	38,380	8,946	Puyjalon	F	oui
R0014	37,571	51,883	14,312	Romaine	F	
R0015	43,187	50,933	7,746	Romaine	M	
R0017	54,061	41,070	12,991	Puyjalon	F	
R0018	44,175	57,187	13,012	Romaine	F	
R0020	51,070	35,339	15,731	Puyjalon	M	
R0021	38,823	47,837	9,014	Romaine	M	
R0022	43,633	38,940	4,693	Puyjalon	F	
R0023	34,451	47,684	13,233	Romaine	M	
R0024	58,813	38,124	20,689	Puyjalon	F	
R0029	49,671	48,074	1,597	Puyjalon	F	
R0031	43,241	50,111	6,870	Romaine	F	
R0032	48,342	34,953	13,389	Puyjalon	F	
R0033	54,640	39,097	15,543	Puyjalon	F	
R0034	50,953	37,920	13,033	Puyjalon	F	
R0035	44,105	37,784	6,321	Puyjalon	F	
R0036	44,470	49,431	4,961	Romaine	F	
R0037	NA	NA	NA	Indéterminé	F	
R0038	34,165	41,161	6,996	Romaine	F	
R0039	52,176	36,703	15,473	Puyjalon	F	

R0040	48,556	37,173	11,383	Puyjalon	M	
R0041	42,326	34,094	8,232	Puyjalon	M	
R0042	56,395	44,783	11,612	Puyjalon	F	
R0045	40,022	53,656	13,634	Romaine	M	
R0046	49,298	38,845	10,453	Puyjalon	F	
R0056	57,120	38,123	18,997	Puyjalon	F	
R0058	49,017	39,077	9,940	Puyjalon	F	
R0061	56,667	39,982	16,685	Puyjalon	F	
R0063	55,299	50,617	4,682	Puyjalon	M	
R0065	44,788	37,416	7,372	Puyjalon	F	
R0067	41,787	46,644	4,857	Romaine	M	
R0071	38,748	38,544	0,204	Indéterminé	F	
R0072	47,156	37,040	10,116	Puyjalon	F	
R0073	54,177	37,569	16,608	Puyjalon	F	
R0074	52,694	41,724	10,970	Puyjalon	F	oui
R0075	45,561	37,097	8,464	Puyjalon	F	
R0076	52,282	47,158	5,124	Puyjalon	M	
R0077	47,345	38,989	8,356	Puyjalon	M	
R0078	47,657	37,925	9,732	Puyjalon	F	
R0079	46,829	38,358	8,471	Puyjalon	F	
R0080	40,911	37,500	3,411	Puyjalon	F	
R0081	53,524	39,846	13,678	Puyjalon	M	
R0082	53,052	41,600	11,452	Puyjalon	F	
R0083	53,139	38,801	14,338	Puyjalon	M	
R0084	47,213	43,126	4,087	Puyjalon	F	
R0085	53,524	39,784	13,740	Puyjalon	F	
R0086	59,690	38,261	21,429	Puyjalon	F	
R0087	47,861	46,484	1,377	Puyjalon	M	
R0088	39,291	35,953	3,338	Puyjalon	F	
R0089	45,002	39,955	5,047	Puyjalon	M	
R0090	45,327	36,312	9,015	Puyjalon	F	
R0091	50,492	38,268	12,224	Puyjalon	M	
R0092	42,956	34,204	8,752	Puyjalon	F	
R0094	35,727	43,068	7,341	Romaine	F	
R0096	46,618	41,705	4,913	Puyjalon	M	oui
R0098	50,840	38,374	12,466	Puyjalon	F	
R0100	50,473	35,760	14,713	Puyjalon	F	oui
R0102	43,787	35,961	7,826	Puyjalon	M	
R0104	45,342	37,366	7,976	Puyjalon	F	oui
R0106	50,621	40,295	10,326	Puyjalon	F	
R0108	47,059	41,784	5,275	Puyjalon	M	
R0110	51,691	41,127	10,564	Puyjalon	F	oui
R0112	39,316	55,256	15,940	Romaine	F	

R0114	52,537	39,980	12,557	Puyjalon	F	
R0116	45,543	39,861	5,682	Puyjalon	M	
R0118	44,830	37,890	6,940	Puyjalon	M	
R0120	47,397	37,843	9,554	Puyjalon	M	
R0122	37,416	43,713	6,297	Romaine	M	
R0124	40,246	32,699	7,547	Puyjalon	M	
R0126	55,204	41,661	13,543	Puyjalon	F	
R0128	51,497	35,457	16,040	Puyjalon	M	
R0132	54,720	38,245	16,475	Puyjalon	M	
R0136	44,792	38,568	6,224	Puyjalon	F	
R0138	41,370	37,633	3,737	Puyjalon	M	
R0145	52,422	39,903	12,519	Puyjalon	F	
R0146	43,706	37,835	5,871	Puyjalon	F	
R0147	42,443	35,940	6,503	Puyjalon	F	
R0148	48,024	37,395	10,629	Puyjalon	F	
R0149	45,220	33,578	11,642	Puyjalon	M	
R0150	44,442	38,122	6,320	Puyjalon	M	
R0151	56,134	40,806	15,328	Puyjalon	F	
R0153	41,374	38,527	2,847	Puyjalon	F	
R0154	54,725	45,496	9,229	Puyjalon	M	
R0158	46,845	41,366	5,479	Puyjalon	F	oui
R0160	38,210	37,224	0,986	Indéterminé	F	
R0162	52,892	41,605	11,287	Puyjalon	F	
R0164	49,525	42,011	7,514	Puyjalon	F	oui
R0166	46,604	36,492	10,112	Puyjalon	M	
R0168	48,020	35,873	12,147	Puyjalon	F	
R0172	50,641	37,200	13,441	Puyjalon	F	
R0174	42,074	36,521	5,553	Puyjalon	F	
R0176	48,802	35,878	12,924	Puyjalon	F	
R0178	49,395	40,301	9,094	Puyjalon	M	oui
R0180	47,697	35,405	12,292	Puyjalon	M	
R0182	40,186	34,531	5,655	Puyjalon	M	
R0185	47,693	38,371	9,322	Puyjalon	M	
R0186	44,429	34,457	9,972	Puyjalon	M	
R0187	44,210	35,343	8,867	Puyjalon	F	
R0188	57,616	39,518	18,098	Puyjalon	F	
R0189	35,459	42,722	7,263	Romaine	F	
R0190	48,341	38,145	10,196	Puyjalon	F	
R0191	43,318	34,958	8,360	Puyjalon	M	
R0192	42,794	38,087	4,707	Puyjalon	M	
R0193	57,091	36,734	20,357	Puyjalon	F	
R0194	47,032	37,339	9,693	Puyjalon	M	
R0196	49,642	38,711	10,931	Puyjalon	F	

R0198	53,784	37,409	16,375	Puyjalon	F	
R0200	NA	NA	NA	Indéterminé	M	
R0202	51,723	38,685	13,038	Puyjalon	F	
R0203	51,146	37,303	13,843	Puyjalon	M	
R0204	49,490	37,577	11,913	Puyjalon	M	
R0205	51,871	37,746	14,125	Puyjalon	M	
R0206	52,434	42,931	9,503	Puyjalon	F	oui
R0207	35,113	45,994	10,881	Romaine	M	
R0208	56,102	40,418	15,684	Puyjalon	F	
R0209	50,960	38,851	12,109	Puyjalon	F	
R0210	48,962	43,743	5,219	Puyjalon	F	
R0211	56,449	39,206	17,243	Puyjalon	F	
R0213	40,964	34,699	6,265	Puyjalon	F	
R0215	55,548	39,583	15,965	Puyjalon	F	
R0217	49,445	37,477	11,968	Puyjalon	F	
R0218	55,155	36,310	18,845	Puyjalon	M	oui
R0219	51,216	39,776	11,440	Puyjalon	F	
R0220	44,365	35,666	8,699	Puyjalon	M	
R0221	48,363	38,072	10,291	Puyjalon	F	
R0222	48,458	39,286	9,172	Puyjalon	M	
R0223	42,502	34,669	7,833	Puyjalon	M	
R0224	49,407	38,292	11,115	Puyjalon	F	
R0225	41,330	35,362	5,968	Puyjalon	F	
R0226	45,752	41,102	4,650	Puyjalon	F	
R0227	47,296	37,645	9,651	Puyjalon	M	
R0228	47,093	35,544	11,549	Puyjalon	F	
R0230	59,039	37,421	21,618	Puyjalon	F	
R0232	48,794	38,354	10,440	Puyjalon	F	
R0234	39,489	47,662	8,173	Romaine	F	
R0236	46,713	38,821	7,892	Puyjalon	M	
R0238	51,893	38,306	13,587	Puyjalon	F	
R0240	45,560	35,302	10,258	Puyjalon	F	
R0242	47,919	38,758	9,161	Puyjalon	M	
R0244	54,158	39,069	15,089	Puyjalon	F	
R0246	41,506	37,336	4,170	Puyjalon	F	
R0248	52,057	39,670	12,387	Puyjalon	F	
R0252	53,354	38,172	15,182	Puyjalon	F	
R0253	43,768	37,638	6,130	Puyjalon	M	
R0254	45,219	39,231	5,988	Puyjalon	F	
R0255	53,076	41,433	11,643	Puyjalon	F	
R0256	49,148	39,372	9,776	Puyjalon	M	
R0257	53,595	41,031	12,564	Puyjalon	F	
R0258	50,063	38,932	11,131	Puyjalon	F	

R0259	41,876	34,457	7,419	Puyjalon	F
R0260	46,517	35,011	11,506	Puyjalon	F
R0261	50,060	39,378	10,682	Puyjalon	F
R0263	31,546	42,911	11,365	Romaine	M
R0265	40,781	43,568	2,787	Romaine	M
R0267	47,273	37,233	10,040	Puyjalon	F
R0269	55,511	40,927	14,584	Puyjalon	M
R0271	49,037	36,085	12,952	Puyjalon	F
R0273	47,642	36,752	10,890	Puyjalon	F
R0276	52,118	39,022	13,096	Puyjalon	F
R0277	46,226	38,798	7,428	Puyjalon	M
R0278	51,910	37,221	14,689	Puyjalon	M
R0279	56,660	40,306	16,354	Puyjalon	F
R0280	48,381	38,357	10,024	Puyjalon	F
R0281	39,648	45,367	5,719	Romaine	M
R0282	40,250	33,217	7,033	Puyjalon	F
R0283	48,702	41,076	7,626	Puyjalon	M
R0284	55,196	38,150	17,046	Puyjalon	F
R0285	43,047	39,195	3,852	Puyjalon	M
R0286	47,890	35,786	12,104	Puyjalon	M
R0287	26,606	23,771	2,835	Puyjalon	F
R0288	51,643	39,269	12,374	Puyjalon	M
R0292	56,986	40,450	16,536	Puyjalon	F
R0293	53,664	38,441	15,223	Puyjalon	F
R0295	42,379	34,322	8,057	Puyjalon	F
R0298	48,403	37,814	10,589	Puyjalon	F
R0299	48,025	36,783	11,242	Puyjalon	F
R0300	46,284	37,710	8,574	Puyjalon	M
R0301	48,804	33,234	15,570	Puyjalon	F
R0302	49,157	38,516	10,641	Puyjalon	F
R0303	55,433	43,260	12,173	Puyjalon	M
R0304	43,133	34,462	8,671	Puyjalon	M
R0305	50,022	45,503	4,519	Puyjalon	M
R0306	45,954	35,419	10,535	Puyjalon	M
R0307	47,526	35,250	12,276	Puyjalon	M
R0309	49,226	38,205	11,021	Puyjalon	F
R0310	45,901	37,363	8,538	Puyjalon	F
R0311	52,586	36,650	15,936	Puyjalon	M
R0312	58,140	41,098	17,042	Puyjalon	M
R0313	43,727	32,120	11,607	Puyjalon	M
R0314	44,509	40,983	3,526	Puyjalon	F
R0315	55,327	37,616	17,711	Puyjalon	F
R0317	40,988	34,227	6,761	Puyjalon	M

R0318	50,453	35,063	15,390	Puyjalon	F	
R0319	46,490	37,593	8,897	Puyjalon	F	
R0321	58,823	38,973	19,850	Puyjalon	M	
R0323	50,377	42,333	8,044	Puyjalon	F	
R0325	47,359	36,941	10,418	Puyjalon	F	
R0327	48,651	36,542	12,109	Puyjalon	F	
R0329	54,731	38,526	16,205	Puyjalon	F	
R0331	33,295	40,989	7,694	Romaine	F	
R0334	49,864	37,806	12,058	Puyjalon	F	
R0337	53,166	38,804	14,362	Puyjalon	M	
R0343	50,355	38,236	12,119	Puyjalon	M	
R0344	46,151	37,374	8,777	Puyjalon	F	
R0345	54,246	39,866	14,380	Puyjalon	M	
R0346	46,806	35,884	10,922	Puyjalon	F	oui
R0347	46,357	34,111	12,246	Puyjalon	F	
R0348	46,371	37,301	9,070	Puyjalon	M	oui
R0350	46,724	39,434	7,290	Puyjalon	F	
R0351	44,099	38,888	5,211	Puyjalon	M	oui
R0353	56,544	43,809	12,735	Puyjalon	F	oui
R0354	51,091	39,756	11,335	Puyjalon	F	
R0356	32,461	36,897	4,436	Romaine	M	
R0357	48,690	38,453	10,237	Puyjalon	F	
R0366	51,730	41,511	10,219	Puyjalon	F	oui
R0367	48,672	39,114	9,558	Puyjalon	F	
R0368	49,699	48,877	0,822	Puyjalon/Romaine*	F	oui
R0369	47,716	40,311	7,405	Puyjalon	F	
R0371	46,489	37,557	8,932	Puyjalon	M	
R0372	42,425	37,266	5,159	Puyjalon	M	
R0373	45,255	36,040	9,215	Puyjalon	M	
R0386	49,572	36,468	13,104	Puyjalon	F	oui
R0391	54,284	37,940	16,344	Puyjalon	F	oui
R0396	36,358	49,267	12,909	Romaine	F	
R0397	51,813	45,411	6,402	Puyjalon	F	oui
R0403	52,808	41,857	10,951	Puyjalon	F	
R0404	48,939	41,383	7,556	Puyjalon	M	
R0406	48,284	43,152	5,132	Puyjalon	M	oui
R0407	45,084	41,630	3,454	Puyjalon	M	oui
R0408	40,360	42,811	2,451	Romaine	F	
R0410	59,770	49,472	10,298	Puyjalon	M	oui
R0413	48,662	42,030	6,632	Puyjalon	F	oui
R0414	52,230	37,421	14,809	Puyjalon	F	
R0415	52,481	49,241	3,240	Puyjalon	F	oui
R0417	42,145	42,303	0,158	Puyjalon/Romaine*	M	oui

R0418	46,313	47,036	0,723	Puyjalon/Romaine*	F	oui
R0419	41,426	38,391	3,035	Puyjalon	M	oui
R0421	43,361	44,772	1,411	Romaine	M	oui
R0422	38,516	47,948	9,432	Romaine	F	
R0423	47,687	46,704	0,983	Puyjalon	F	oui
R0425	49,285	43,258	6,027	Puyjalon	M	oui
R6000	39,748	62,513	22,765	Romaine	F	oui

Références bibliographiques

- 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
- 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 (μ l)
Multiplex PCR kit		5
Amorce SsaD144	-R -F	0,6
Amorce Sssp1605	-R -F	0,5
Amorce Sssp2210	-R -F	0,1
Amorce Sssp2215	-R -F	0,25
Amorce Sssp2216	-R -F	0,05
ADN		2

PCR Multiplex 3

Réactif		Volume (μ l)
Multiplex PCR kit		5
Amorce Sssp2201	-R -F	0,9
Amorce SsspG7	-R -F	0,1
Amorce MST-3	-R -F	0,25
Amorce Ssa85	-R -F	0,03
Amorce SsaD58	-R -F	0,8
Amorce SsaD486	-R -F	0,025
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 : Résultats d'assignation parentale.

Tableau 3. Individus assignés avec succès à la reproduction artificielle. Une valeur de vraisemblance est attribuée à chaque mâle et femelle candidat. Une valeur de vraisemblance ainsi qu'un niveau de confiance est aussi attribuée à chaque couple. Plus la valeur de vraisemblance est élevée, plus la probabilité est que ce soit les vrais parents est élevé. Les parents mâle et femelle sont identifiés par leur «Pit Tag» respectif.

Individu	Femelle		Mâle		Couple		Confiance (%)
	Identifiant	Valeur de vraisemblance	Identifiant	Valeur de vraisemblance	Valeur de vraisemblance	Confiance (%)	
R006	3D6.0015AA16B8	1.05778789895438E+0001	3D6.0015A807A9	1.71333696368478E+0001	3.38044064789579E+0001	95	
R0013	3D6.0015A80850	1.71235998887305E+0001	3D6.0015A80A29	1.49285622024861E+0001	3.49671717554036E+0001	95	
R0074	3D6.0015AA0C46	1.39986264898090E+0001	3D6.0015A807A7	2.06872141960279E+0001	4.46102693632514E+0001	95	
R0096	3D6.0015A80850	1.08313094024170E+0001	3D6.0015A2CF07	2.27714104492749E+0001	4.02969790558929E+0001	95	
R0100	3D6.0015A80897	1.61782843303097E+0001	3D6.0015A80A29	-1.31443200559736E+0001	4.88143485163009E+0000	80	
R0104	3D6.0015AA16B8	1.79967421873771E+0001	3D6.0015A807A9	1.50294391245759E+0001	3.93497303090172E+0001	95	
R0110	3D6.0015AA16B8	1.24605337921135E+0001	3D6.0015A807A9	1.97387558665773E+0001	4.18822464696002E+0001	95	
R0158	3D6.0015A80897	1.23555799521214E+0001	3D6.0015A7F5DD	1.80753948640918E+0001	3.99064889597825E+0001	95	
R0164	3D6.0015AA16B8	8.90000507028678E+0000	3D6.0015A2CF07	2.11917593383797E+0001	3.71631867176563E+0001	95	
R0178	3D6.0015A80897	1.21841491174645E+0001	3D6.0015A7F5DD	1.72514482491275E+0001	3.81373359033921E+0001	95	
R0206	3D6.0015AA16B8	1.26567321477091E+0001	3D6.0015A2CF07	2.43116177560680E+0001	4.63128885539705E+0001	95	
R0218	3D6.0015A80897	1.91150308995177E+0001	3D6.0015A80A29	1.42730352919283E+0001	3.92926553623241E+0001	95	
R0346	3D6.0015A80897	1.13154533223118E+0001	3D6.0015A807A9	1.74059457839337E+0001	3.62830385051763E+0001	95	
R0348	3D6.0015A80897	1.36753603100452E+0001	3D6.0015A80A29	1.39417331075824E+0001	3.52115269998334E+0001	95	
R0351	3D6.0015AA16B8	1.06275315619343E+0001	3D6.0015A807A9	1.69756997276473E+0001	3.47688307218642E+0001	95	
R0353	3D6.0015AA16B8	1.44086503314850E+0001	3D6.0015A2CF07	1.99395962621204E+0001	4.34953342261595E+0001	95	
R0366	3D6.0015AA16B8	9.80836089414481E+0000	3D6.0015A2CF07	2.12640214482495E+0001	3.90301213752515E+0001	95	
R0368	3D6.0015AA0C46	1.97106166290776E+0001	3D6.0015A7F5DD	2.02662340325530E+0001	4.92274955402246E+0001	95	
R0386	3D6.0015AA16B8	1.01529878048285E+0001	3D6.0015A807A9	1.55910994736495E+0001	3.28070061093697E+0001	95	
R0391	3D6.0015A80897	1.38267918332772E+0001	3D6.0015A807A9	1.67717862941905E+0001	3.95818981488441E+0001	95	
R0397	3D6.0015A80897	1.36057858673768E+0001	3D6.0015A7F5DD	2.35479660678674E+0001	4.65275408744590E+0001	95	
R0406	3D6.0015A80897	9.18075681094049E+0000	3D6.0015A7F5DD	2.16459337965363E+0001	4.02415345425846E+0001	95	
R0407	3D6.0015A80897	1.21747951321988E+0001	3D6.0015A7F5DD	1.99440602280705E+0001	4.13297558357174E+0001	95	
R0410	3D6.0015A80897	1.63768024127368E+0001	3D6.0015A7F5DD	2.43318038710551E+0001	5.14174047692540E+0001	95	
R0413	3D6.0015AA0C46	1.64561623747223E+0001	3D6.0015A807A7	1.93326409059349E+0001	4.48889322058237E+0001	95	
R0415	3D6.0015AA16B8	1.02346343023602E+0001	3D6.0015A7F5DD	2.72581052461828E+0001	4.43776154230082E+0001	95	

R0417	3D6.0015A809C8	1.48774846106329E+0001	3D6.0015A80A29	1.09248258966827E+0001	3.26699889419743E+0001	95
R0418	3D6.0015A809C8	2.05928033921257E+0001	3D6.0015A807A9	1.58637659919114E+0001	4.58075338555123E+0001	95
R0419	3D6.0015A809C8	1.00166357387931E+0001	3D6.0015A80A29	1.20413400945719E+0001	2.74541407993685E+0001	95
R0421	3D6.0015A809C8	1.70705547762230E+0001	3D6.0015A807A9	1.54470417496427E+0001	4.02613827774322E+0001	95
R0423	3D6.0015A809C8	2.35742775932492E+0001	3D6.0015A807A7	2.55381815508557E+0001	5.49468231944062E+0001	95
R0425	3D6.0015AA0C46	2.16868079097605E+0001	3D6.0015A807A9	1.32349991890752E+0001	4.56227677570449E+0001	95
R6000	985120012203637	2.798115419691118E+0001	985161000963963	2.86271382909897E+0001	5.97110906177083E+0001	95

ANNEXE 4 Répertoire photographique



Photo 1 – Vue aérienne de la trappe 11A installée sur la Puyjalon en 2017.



Photo 2 – Levée de la trappe 11A sur la Puyjalon.



Photo 3 – Accumulation d’algues filamenteuses sur l’aile d’une trappe dans la Romaine (PK 5).



Photo 4 – Nettoyage des algues filamenteuses accumulées sur l’aile d’une trappe.



Photo 5 – Prélèvement d'écaillés sur un smolt.



Photo 6 – Smolts dans une glacière de transport avec diffuseur d'air.

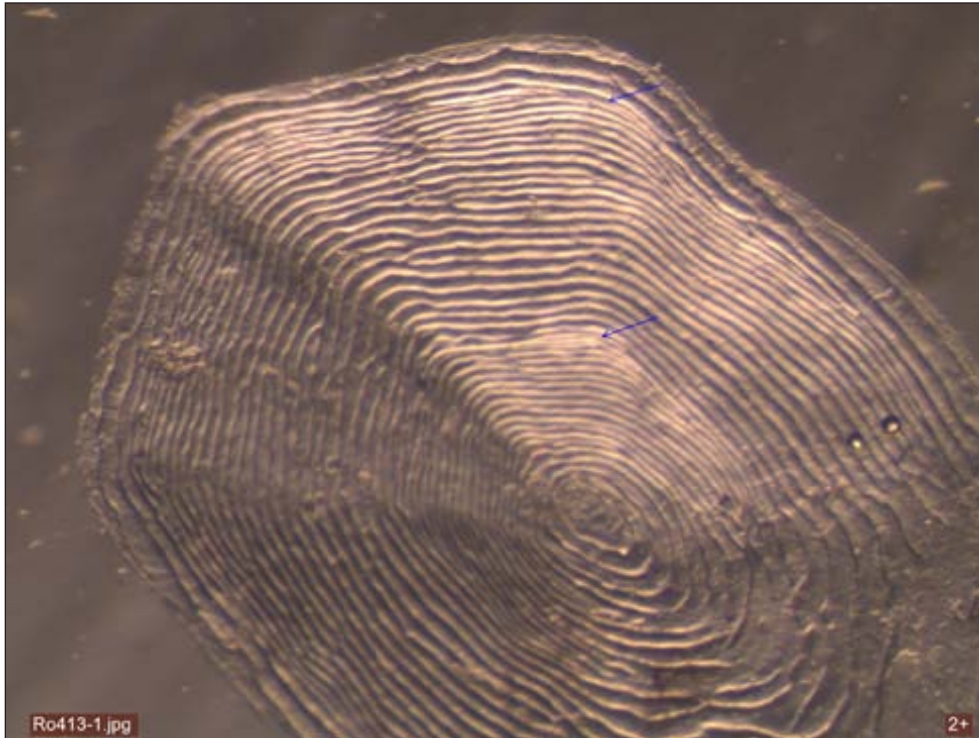


Photo 7 – Lecture d'âge sur une écaille d'un smolt issu des ensemencements (2+).

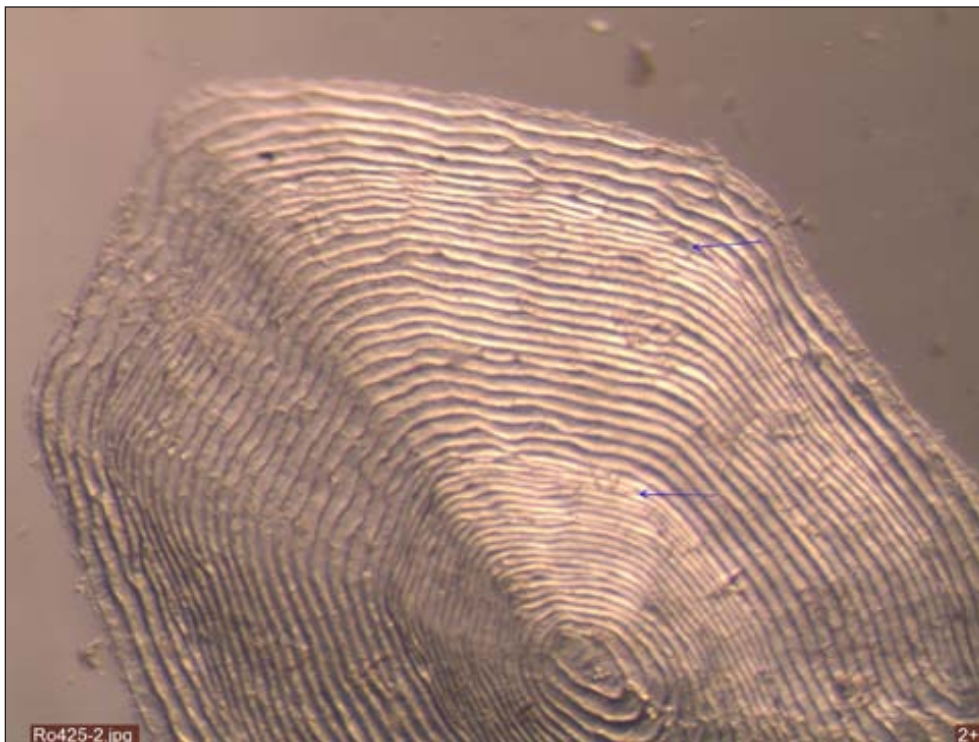


Photo 8 – Lecture d'âge sur une écaille d'un smolt issu des ensemencements (2+).

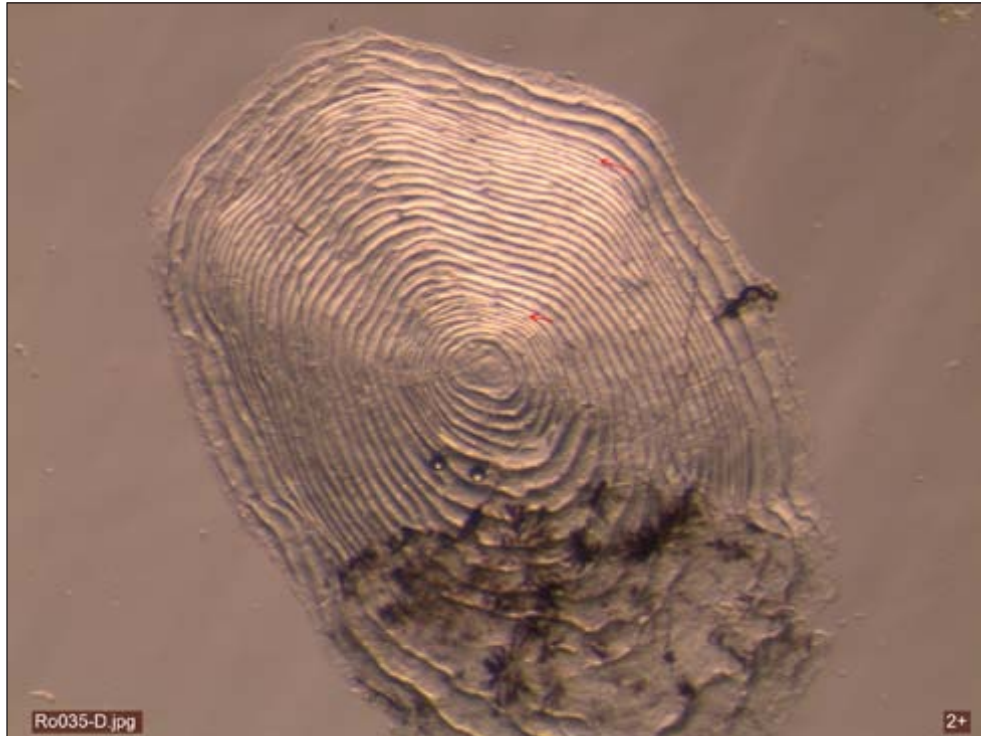


Photo 9 – Lecture d'âge sur une écaille d'un smolt issu de la reproduction naturelle (2+).

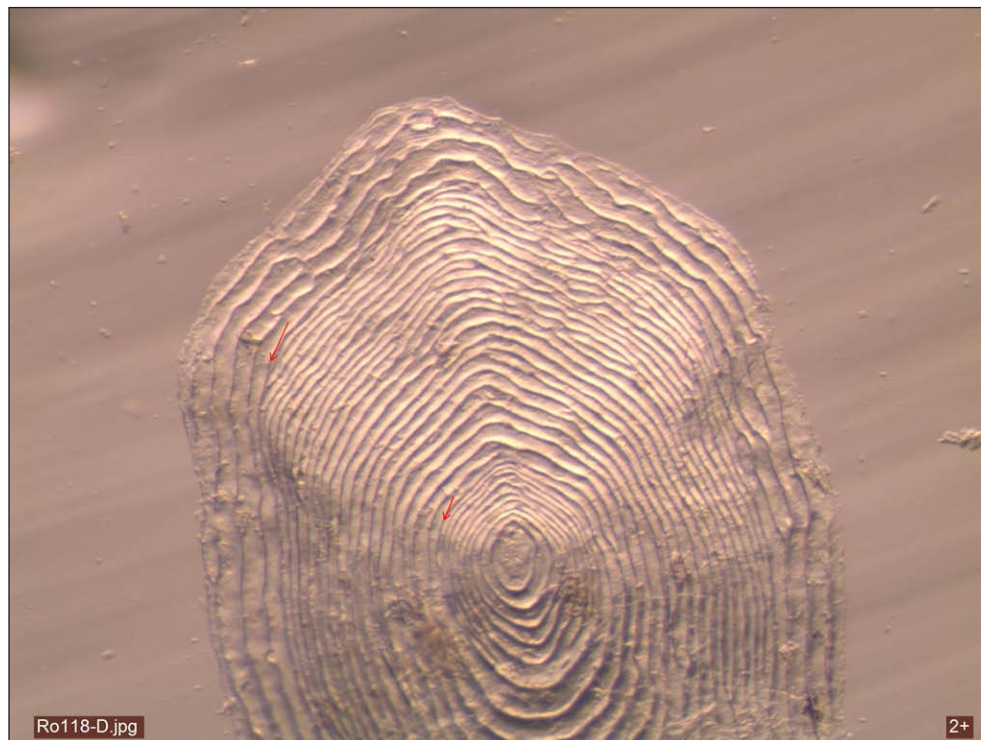


Photo 10 – Lecture d'âge sur une écaille d'un smolt issu de la reproduction naturelle (2+).

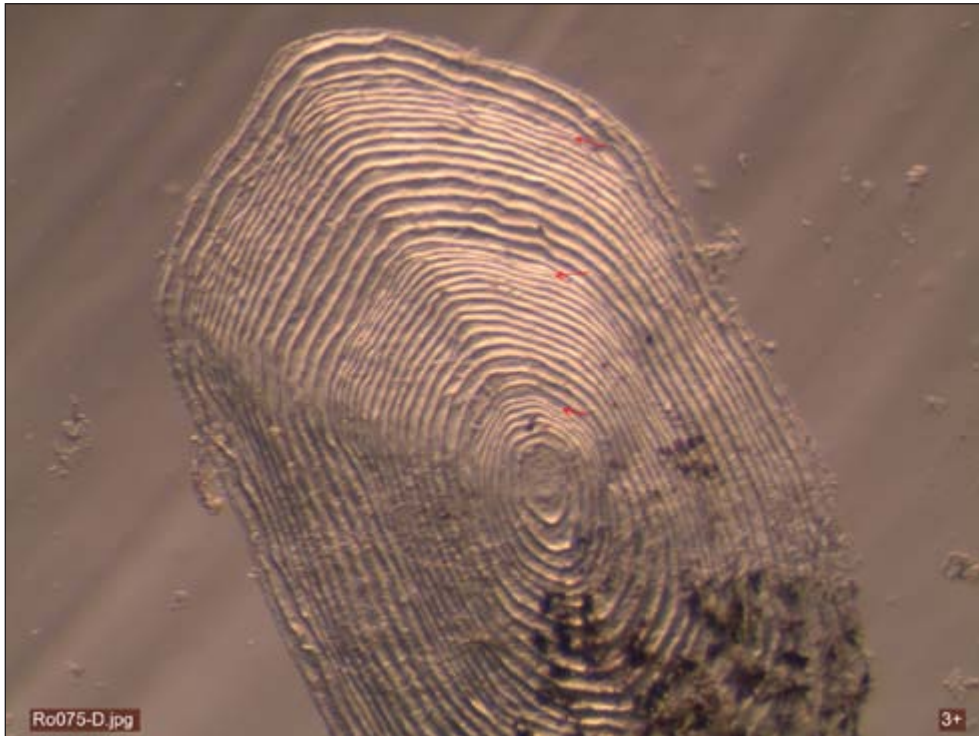


Photo 11 – Lecture d'âge sur une écaille d'un smolt issu de la reproduction naturelle (3+).

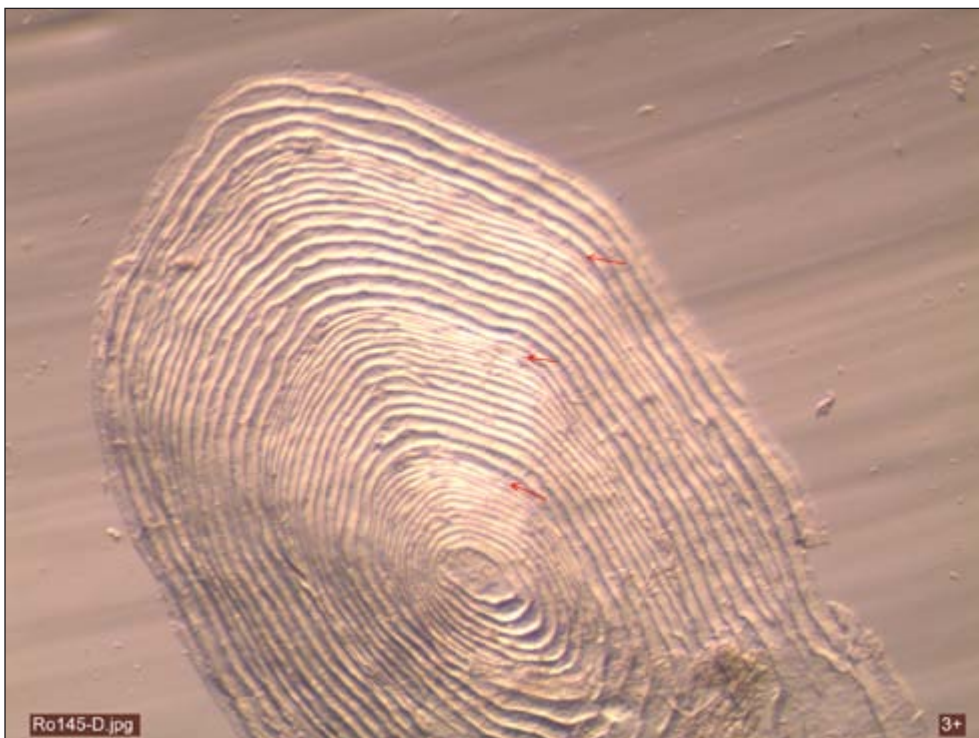


Photo 12 – Lecture d'âge sur une écaille d'un smolt issu de la reproduction naturelle (3+).



Photo 13 – Pêche de saumons juvéniles à la seine dans la Romaine.



Photo 14 – Campement temporaire installé le long de la Romaine (PK 49).



Photo 15 – Implantation d'un transpondeur sur un saumon juvénile.



Photo 16 – Détection mobile de saumons juvéniles dans la Romaine (PK 49)



Photo 17 – Évaluation visuelle de la granulométrie de surface sur les habitats aménagés (aire d'élevage du PK 49).



Photo 18 – Évaluation visuelle de la granulométrie de surface sur les habitats aménagés (aire d'élevage du PK 51).



Photo 19 – Dénombrement en apnée des nids de saumons dans la rivière Allard.



Photo 20 – Saumon adulte aperçu sur la frayère du PK 46 de la Romaine pendant le dénombrement des nids.



Photo 21 – Cuvettes isolées le long de la Romaine à la suite de l'arrêt d'un groupe turbine-alternateur.



Photo 22 – Cuvettes isolées le long de la Romaine à la suite de l'arrêt d'un groupe turbine-alternateur.



Photo 23 – Pêche à l'électricité dans une cuvette isolée le long de la Romaine.



Photo 24 – Alevins de saumon capturés dans une cuvette isolée.



Photo 25 – Site d'enfouissement d'un support à capsules dans le substrat de la frayère aménagée du PK 49 de la Romaine.

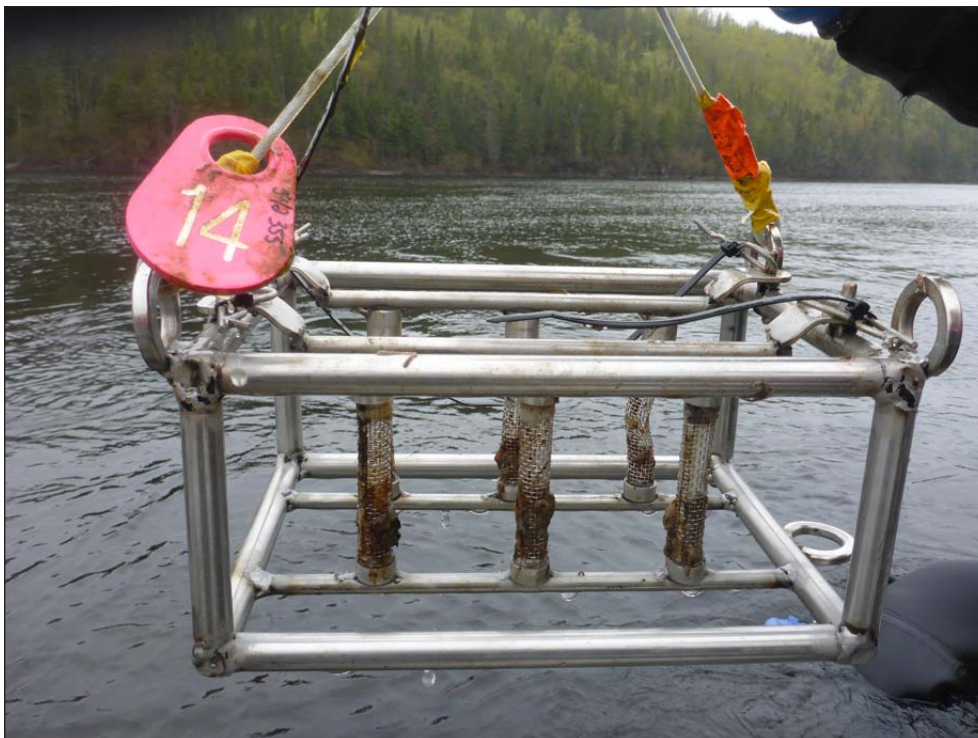


Photo 26 – Support à capsules au moment de son retrait,



Photo 27 – Calsule à embryons après son retrait de la Romaine.



Photo 28 – Aperçu du contenu d'une capsule à embryons.



Photo 29 – Aperçu du contenu d'une capsule à embryons.

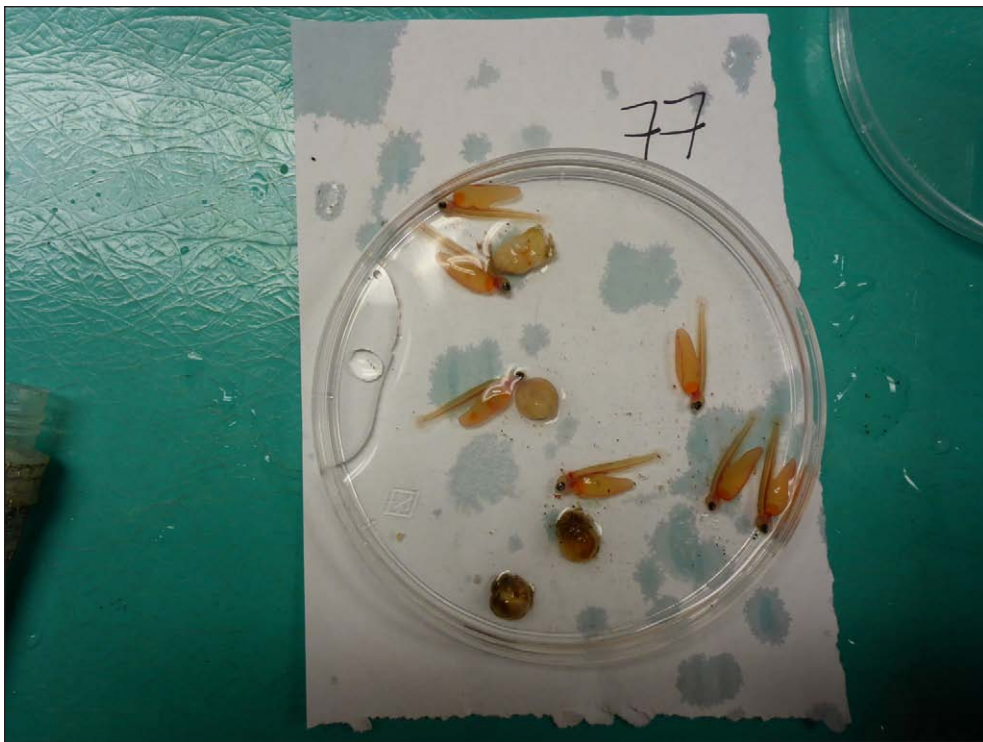


Photo 30 – Aperçu du contenu d'une capsule à embryons.

ANNEXE 5 Données brutes de captures dans la Romaine et dans la Puyjalon en 2017

Rivière	n° trappe	Date de pose	Heure de pose	Date de levée	Heure de levée	Capturé mort	Capturé marqué	Capturé vivant non marqué	Recapturé mort	Recapturé vivant ¹	Recapturé total ¹	Captures totales (smolts)	Captures (autres espèces)
Romaine	4A	2017-06-16	11:30	2017-06-16	16:20	0	4	0	0	0	0	4	0
Romaine	4A	2017-06-16	16:40	2017-06-17	09:20	0	0	0	0	0	0	0	2
Romaine	5A	2017-06-16	12:00	2017-06-16	16:45	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	5A	2017-06-16	17:00	2017-06-17	09:45	0	1	0	0	0	0	1	1
Romaine	1A	2017-06-17	08:20	2017-06-17	15:00	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	1A	2017-06-17	15:20	2017-06-18	07:50	0	2	0	0	0	0	2	3
Romaine	2A	2017-06-17	08:40	2017-06-17	15:30	0	1	0	0	0	0	1	0
Romaine	2A	2017-06-17	15:50	2017-06-18	08:25	0	3	0	0	0	0	3	4
Romaine	3A	2017-06-17	09:15	2017-06-17	15:50	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	3A	2017-06-17	16:15	2017-06-18	08:50	0	2	0	0	0	0	2	0
Romaine	4A	2017-06-17	09:40	2017-06-17	16:15	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	4A	2017-06-17	16:35	2017-06-18	09:15	0	2	0	0	0	0	2	1
Romaine	5A	2017-06-17	10:30	2017-06-17	16:35	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	5A	2017-06-17	16:50	2017-06-18	09:40	0	1	0	0	0	0	1	0
Romaine	1A	2017-06-18	08:20	2017-06-18	12:45	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	1A	2017-06-18	14:00	2017-06-19	08:00	0	12	0	1	1	2	14	13
Romaine	2A	2017-06-18	08:45	2017-06-19	08:40	0	4	0	0	0	0	4	0
Romaine	3A	2017-06-18	09:10	2017-06-19	09:20	0	14	0	0	1	1	15	2
Romaine	4A	2017-06-18	09:35	2017-06-19	10:20	2	22	0	0	0	0	24	1
Romaine	5A	2017-06-18	10:00	2017-06-19	11:00	0	1	0	0	1	1	2	1
Romaine	1A	2017-06-19	08:30	2017-06-19	14:15	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	1A	2017-06-19	14:30	2017-06-20	07:50	0	6	0	1	0	1	7	9
Romaine	2A	2017-06-19	09:10	2017-06-19	14:35	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	2A	2017-06-19	14:45	2017-06-20	08:20	0	6	0	0	0	0	6	0
Romaine	3A	2017-06-19	10:15	2017-06-19	14:50	0	1	0	0	0	0	1	0
Romaine	3A	2017-06-19	15:05	2017-06-20	08:40	0	5	0	0	0	0	5	3
Romaine	4A	2017-06-19	11:00	2017-06-19	15:10	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	4A	2017-06-19	15:25	2017-06-20	09:15	0	12	0	0	1	1	13	1
Romaine	5A	2017-06-19	11:30	2017-06-19	15:30	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	5A	2017-06-19	15:40	2017-06-20	09:55	0	6	0	0	0	0	6	0
Romaine	1A	2017-06-20	08:15	2017-06-20	15:00	0	0	0	0	1	1	1	0
Romaine	1A	2017-06-20	15:30	2017-06-21	07:30	0	13	0	0	1	1	14	1
Romaine	2A	2017-06-20	08:35	2017-06-20	15:35	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	2A	2017-06-20	15:55	2017-06-21	08:10	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	3A	2017-06-20	09:10	2017-06-20	16:00	0	2	0	0	0	0	2	0
Romaine	3A	2017-06-20	16:30	2017-06-21	08:25	0	1	0	0	0	0	1	1
Romaine	4A	2017-06-20	09:50	2017-06-20	16:35	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	4A	2017-06-20	16:45	2017-06-21	08:45	0	1	0	1	0	1	2	0
Romaine	5A	2017-06-20	10:20	2017-06-20	16:50	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	5A	2017-06-20	17:00	2017-06-21	09:15	0	2	0	0	0	0	2	1
Romaine	1A	2017-06-21	08:05	2017-06-22	07:30	0	4	0	0	0	0	4	2
Romaine	2A	2017-06-21	08:20	2017-06-22	08:00	1	1	0	0	0	0	2	1
Romaine	3A	2017-06-21	08:40	2017-06-22	08:30	0	1	0	0	0	0	1	2
Romaine	4A	2017-06-21	09:10	2017-06-22	08:50	0	6	0	0	0	0	6	7
Romaine	5A	2017-06-21	09:35	2017-06-22	09:15	0	3	0	0	0	0	3	1
Romaine	1A	2017-06-22	07:55	2017-06-23	07:55	0	11	0	0	2	2	13	5
Romaine	2A	2017-06-22	08:25	2017-06-23	08:25	0	6	0	0	0	0	6	0
Romaine	3A	2017-06-22	08:45	2017-06-23	08:50	0	4	0	0	1	1	5	0
Romaine	4A	2017-06-22	09:10	2017-06-23	09:20	0	2	0	0	0	0	2	4
Romaine	5A	2017-06-22	09:35	2017-06-23	09:40	0	7	0	0	0	0	7	0
Romaine	1A	2017-06-23	08:20	2017-06-24	07:30	0	13	0	0	0	0	13	8
Romaine	2A	2017-06-23	08:45	2017-06-24	07:55	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	3A	2017-06-23	09:15	2017-06-24	08:15	1	3	0	0	1	1	5	2
Romaine	4A	2017-06-23	09:40	2017-06-24	08:45	0	2	0	0	0	0	2	0
Romaine	5A	2017-06-23	09:55	2017-06-24	09:10	0	5	0	0	0	0	5	0
Romaine	1A	2017-06-24	07:50	2017-06-25	07:40	1	3	0	0	1	1	5	1
Romaine	2A	2017-06-24	08:10	2017-06-25	08:15	0	4	0	0	0	0	4	1
Romaine	3A	2017-06-24	08:40	2017-06-25	08:45	0	1	0	0	0	0	1	1
Romaine	4A	2017-06-24	09:05	2017-06-25	09:10	0	3	0	0	0	0	3	0
Romaine	5A	2017-06-24	09:25	2017-06-25	09:30	0	1	0	0	1	1	2	0
Romaine	1A	2017-06-25	08:10	2017-06-26	07:20	0	1	0	0	1	1	2	2
Romaine	2A	2017-06-25	08:40	2017-06-26	07:50	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	3A	2017-06-25	09:05	2017-06-26	08:25	0	1	0	0	0	0	1	1
Romaine	4A	2017-06-25	09:30	2017-06-26	08:50	0	2	0	0	1	1	3	0
Romaine	5A	2017-06-25	09:45	2017-06-26	09:25	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	1A	2017-06-26	07:45	2017-06-27	14:50	0	4	0	0	0	0	4	0
Romaine	1A	2017-06-26	15:20	2017-06-27	07:40	1	2	0	0	0	0	3	2
Romaine	2A	2017-06-26	08:30	2017-06-27	09:15	0	0	0	0	0	0	0	2
Romaine	3A	2017-06-26	08:45	2017-06-27	09:50	0	1	0	0	0	0	1	0
Romaine	4A	2017-06-26	09:20	2017-06-27	10:15	0	3	0	0	1	1	4	0
Romaine	5A	2017-06-26	09:40	2017-06-27	10:50	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	1A	2017-06-27	09:10	2017-06-28	09:25	0	10	0	0	0	0	10	0
Romaine	2A	2017-06-27	09:45	2017-06-28	09:50	0	6	0	0	0	0	6	0
Romaine	3A	2017-06-27	10:10	2017-06-28	10:15	0	8	0	0	0	0	8	0
Romaine	4A	2017-06-27	10:45	2017-06-28	10:50	0	1	0	0	0	0	1	1
Romaine	5A	2017-06-27	11:15	2017-06-28	11:15	0	3	0	0	0	0	3	0
Romaine	1A	2017-06-28	09:45	2017-06-29	09:10	0	3	0	0	5	5	8	1
Romaine	2A	2017-06-28	10:15	2017-06-29	09:45	0	3	0	0	0	0	3	0
Romaine	3A	2017-06-28	10:45	2017-06-29	10:05	0	1	0	0	1	1	2	1
Romaine	4A	2017-06-28	11:15	2017-06-29	10:35	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	5A	2017-06-28	11:40	2017-06-29	11:00	0	3	0	0	1	1	4	1
Romaine	1A	2017-06-29	09:40	2017-06-30	08:25	0	0	0	0	0	0	0	10
Romaine	2A	2017-06-29	10:00	2017-06-30	09:05	0	0	0	0	0	0	0	5
Romaine	3A	2017-06-29	10:30	2017-06-30	09:25	0	1	0	0	0	0	1	2
Romaine	4A	2017-06-29	10:55	2017-06-30	09:40	0	1	0	0	0	0	1	2
Romaine	5A	2017-06-29	12:05	2017-06-30	10:10	0	1	0	0	0	0	1	1
Romaine	1A	2017-06-30	09:00	2017-07-01	07:45	0	0	0	0	0	0	0	8
Romaine	2A	2017-06-30	09:20	2017-07-01	08:25	0	0	1	0	0	0	1	1
Romaine	3A	2017-06-30	09:35	2017-07-01	09:00	0	0	2	0	1	1	3	0
Romaine	4A	2017-06-30	10:00	2017-07-01	09:40	0	0	3	0	0	0	3	1
Romaine	5A	2017-06-30	10:35	2017-07-01	10:30	0	0	0	0	0	0	0	1
Romaine	1A	2017-07-01	08:20	2017-07-02	08:05	0	3	0	0	0	0	3	4
Romaine	2A	2017-07-01	09:00	2017-07-02	08:10	0	1	0	0	0	0	1	0
Romaine	3A	2017-07-01	09:40	2017-07-02	08:15	0	0	0	1	0	1	1	0
Romaine	4A	2017-07-01	10:25	2017-07-02	08:30	0	2	0	0	0	0	2	0

Rivière	n° trappe	Date de pose	Heure de pose	Date de levée	Heure de levée	Capturé mort	Capturé marqué	Capturé vivant non marqué	Recapturé mort	Recapturé vivant ¹	Recapturé total ¹	Captures totales (smolts)	Captures (autres espèces)
Romaine	5A	2017-07-01	11:00	2017-07-02	08:40	0	0	0	0	0	0	0	1
Romaine	1A	2017-07-02	09:05	2017-07-03	07:50	0	2	0	0	0	0	2	3
Romaine	2A	2017-07-02	09:25	2017-07-03	08:15	0	0	0	0	0	0	0	1
Romaine	3A	2017-07-02	09:40	2017-07-03	08:35	0	0	0	0	0	0	0	1
Romaine	4A	2017-07-02	09:55	2017-07-03	08:55	0	1	0	0	1	1	2	2
Romaine	5A	2017-07-02	10:05	2017-07-03	09:15	0	1	0	0	0	0	1	0
Romaine	1A	2017-07-03	08:15	2017-07-04	09:40	0	0	3	0	0	0	3	10
Romaine	2A	2017-07-03	08:35	2017-07-04	10:20	0	0	2	0	0	0	2	4
Romaine	3A	2017-07-03	08:55	2017-07-04	10:30	0	0	3	0	0	0	3	3
Romaine	4A	2017-07-03	09:15	2017-07-04	10:45	0	0	0	0	0	0	0	6
Romaine	5A	2017-07-03	09:30	2017-07-04	11:00	0	0	0	0	0	0	0	3
Romaine	1A	2017-07-04	10:15	2017-07-05	08:10	0	0	0	0	0	0	0	5
Romaine	2A	2017-07-04	12:15	2017-07-05	08:45	0	0	0	0	0	0	0	2
Romaine	3A	2017-07-04	12:30	2017-07-05	09:10	0	0	0	0	0	0	0	1
Romaine	4A	2017-07-04	12:50	2017-07-05	09:45	0	1	0	0	0	0	1	4
Romaine	5A	2017-07-04	13:10	2017-07-05	10:15	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	1A	2017-07-05	08:40	2017-07-06	07:45	0	1	0	0	0	0	1	3
Romaine	2A	2017-07-05	09:05	2017-07-06	08:10	0	3	0	0	0	0	3	6
Romaine	3A	2017-07-05	09:40	2017-07-06	08:30	0	0	0	0	0	0	0	1
Romaine	4A	2017-07-05	10:10	2017-07-06	08:55	0	2	0	0	1	1	3	8
Romaine	5A	2017-07-05	10:35	2017-07-06	09:20	0	1	0	0	0	0	1	3
Romaine	1A	2017-07-07	08:10	2017-07-08	08:30	0	1	0	0	0	0	1	6
Romaine	2A	2017-07-07	08:30	2017-07-08	08:55	1	0	0	0	0	0	1	13
Romaine	3A	2017-07-07	08:55	2017-07-08	09:35	0	0	0	0	0	0	0	4
Romaine	4A	2017-07-07	09:20	2017-07-08	10:05	0	1	0	0	0	0	1	9
Romaine	5A	2017-07-07	09:40	2017-07-08	10:45	0	0	0	0	0	0	0	8
Romaine	1A	2017-07-08	08:55	2017-07-09	08:40	0	0	0	0	1	1	1	3
Romaine	2A	2017-07-08	09:35	2017-07-09	09:05	1	1	0	0	0	0	2	1
Romaine	3A	2017-07-08	10:05	2017-07-09	09:45	0	1	0	0	0	0	1	1
Romaine	4A	2017-07-08	10:45	2017-07-09	10:05	0	0	2	0	0	0	2	8
Romaine	5A	2017-07-08	11:20	2017-07-09	10:45	0	0	0	0	0	0	0	5
Romaine	1A	2017-07-09	09:00	2017-07-10	08:05	0	0	0	0	0	0	0	13
Romaine	2A	2017-07-09	09:40	2017-07-10	08:35	0	0	0	0	0	0	0	2
Romaine	3A	2017-07-09	10:05	2017-07-10	09:00	0	1	0	0	0	0	1	2
Romaine	4A	2017-07-09	10:40	2017-07-10	09:30	0	0	0	0	0	0	0	4
Romaine	5A	2017-07-09	11:10	2017-07-10	10:00	0	1	1	0	0	0	2	2
Romaine	1A	2017-07-10	08:30	2017-07-11	09:20	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	2A	2017-07-10	09:00	2017-07-11	09:55	0	0	0	0	0	0	0	9
Romaine	3A	2017-07-10	09:25	2017-07-11	10:30	0	1	0	0	0	0	1	0
Romaine	4A	2017-07-10	09:55	2017-07-11	11:00	0	0	0	0	0	0	0	2
Romaine	5A	2017-07-10	10:15	2017-07-11	11:30	0	0	0	0	0	0	0	1
Romaine	1A	2017-07-11	09:50	2017-07-12	09:45	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	2A	2017-07-11	10:25	2017-07-12	10:15	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	3A	2017-07-11	10:50	2017-07-12	10:40	0	0	0	0	0	0	0	2
Romaine	4A	2017-07-11	11:25	2017-07-12	11:40	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	5A	2017-07-11	11:50	2017-07-12	11:50	0	0	0	0	0	0	0	1
Romaine	1A	2017-07-12	10:00	2017-07-13	07:55	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	2A	2017-07-12	10:34	2017-07-13	08:40	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	3A	2017-07-12	10:55	2017-07-13	09:15	0	0	0	0	0	0	0	1
Romaine	4A	2017-07-12	11:45	2017-07-13	NA	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	5A	2017-07-12	11:55	2017-07-13	09:50	0	0	0	0	0	0	0	1
Romaine	1A	2017-07-13	12:00	2017-07-14	07:55	0	0	0	0	0	0	0	13
Romaine	2A	2017-07-13	09:10	2017-07-14	09:55	0	0	0	0	0	0	0	3
Romaine	3A	2017-07-13	09:45	2017-07-14	10:00	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	4A	2017-07-13	12:00	2017-07-14	10:45	0	0	1	0	0	0	1	1
Romaine	5A	2017-07-13	10:20	2017-07-14	11:10	0	0	0	0	0	0	0	0
Romaine	1A	2017-07-14	09:50	2017-07-15	07:30	0	0	0	0	0	0	0	6
Romaine	2A	2017-07-14	10:00	2017-07-15	08:05	0	0	0	0	0	0	0	2
Romaine	3A	2017-07-14	10:40	2017-07-15	08:40	0	1	0	0	0	0	1	1
Romaine	4A	2017-07-14	11:05	2017-07-15	09:05	0	0	0	0	0	0	0	2
Romaine	5A	2017-07-14	11:30	2017-07-15	09:35	0	0	0	0	0	0	0	1
Romaine	1A	2017-07-15	08:00	2017-07-16	07:40	0	0	0	0	0	0	0	2
Romaine	2A	2017-07-15	08:35	2017-07-16	08:20	0	0	0	0	0	0	0	3
Romaine	3A	2017-07-15	09:00	2017-07-16	08:55	0	0	0	0	0	0	0	3
Romaine	4A	2017-07-15	09:30	2017-07-16	09:15	0	0	0	0	0	0	0	3
Romaine	5A	2017-07-15	09:55	2017-07-16	09:40	0	0	0	0	0	0	0	1
Romaine	1A	2017-07-16	10:25	2017-07-17	07:45	0	0	0	0	0	0	0	6
Romaine	2A	2017-07-16	08:45	2017-07-17	08:15	0	0	0	0	0	0	0	4
Romaine	3A	2017-07-16	09:10	2017-07-17	08:45	0	1	0	0	0	0	1	1
Romaine	4A	2017-07-16	09:35	2017-07-17	09:35	0	0	0	0	0	0	0	4
Romaine	5A	2017-07-16	10:00	2017-07-17	10:00	0	0	0	0	0	0	0	6
Romaine	1A	2017-07-17	08:13	2017-07-18	07:50	0	0	0	0	0	0	0	15
Romaine	2A	2017-07-17	08:40	2017-07-18	08:20	0	0	0	0	0	0	0	2
Romaine	3A	2017-07-17	09:30	2017-07-18	08:45	0	1	1	0	0	0	2	8
Romaine	4A	2017-07-17	09:55	2017-07-18	09:25	0	0	1	0	0	0	1	5
Romaine	5A	2017-07-17	10:25	2017-07-18	09:55	0	0	0	0	0	0	0	4
Romaine	1A	2017-07-18	08:15	2017-07-19	09:00	0	0	1	0	0	0	1	4
Romaine	2A	2017-07-18	08:50	2017-07-19	12:00	0	0	1	0	0	0	1	12
Romaine	3A	2017-07-18	09:15	2017-07-19	09:30	0	0	0	0	0	0	0	2
Romaine	4A	2017-07-18	09:50	2017-07-19	10:00	0	0	0	0	0	0	0	9
Romaine	5A	2017-07-18	10:25	2017-07-19	10:35	0	0	0	0	0	0	0	3
Romaine	1A	2017-07-19	09:30	2017-07-20	08:20	0	0	0	0	0	0	0	4
Romaine	3A	2017-07-19	10:00	2017-07-20	08:30	0	0	0	0	0	0	0	9
Romaine	4A	2017-07-19	10:30	2017-07-20	08:40	0	0	2	0	0	0	2	5

¹ Les recaptures comptabilisées pour la Romaine incluent ici 10 smolts initialement marqués dans la Pujalon (non marqués dans la Romaine).

ANNEXE 6 Données brutes des smolts capturés en 2017

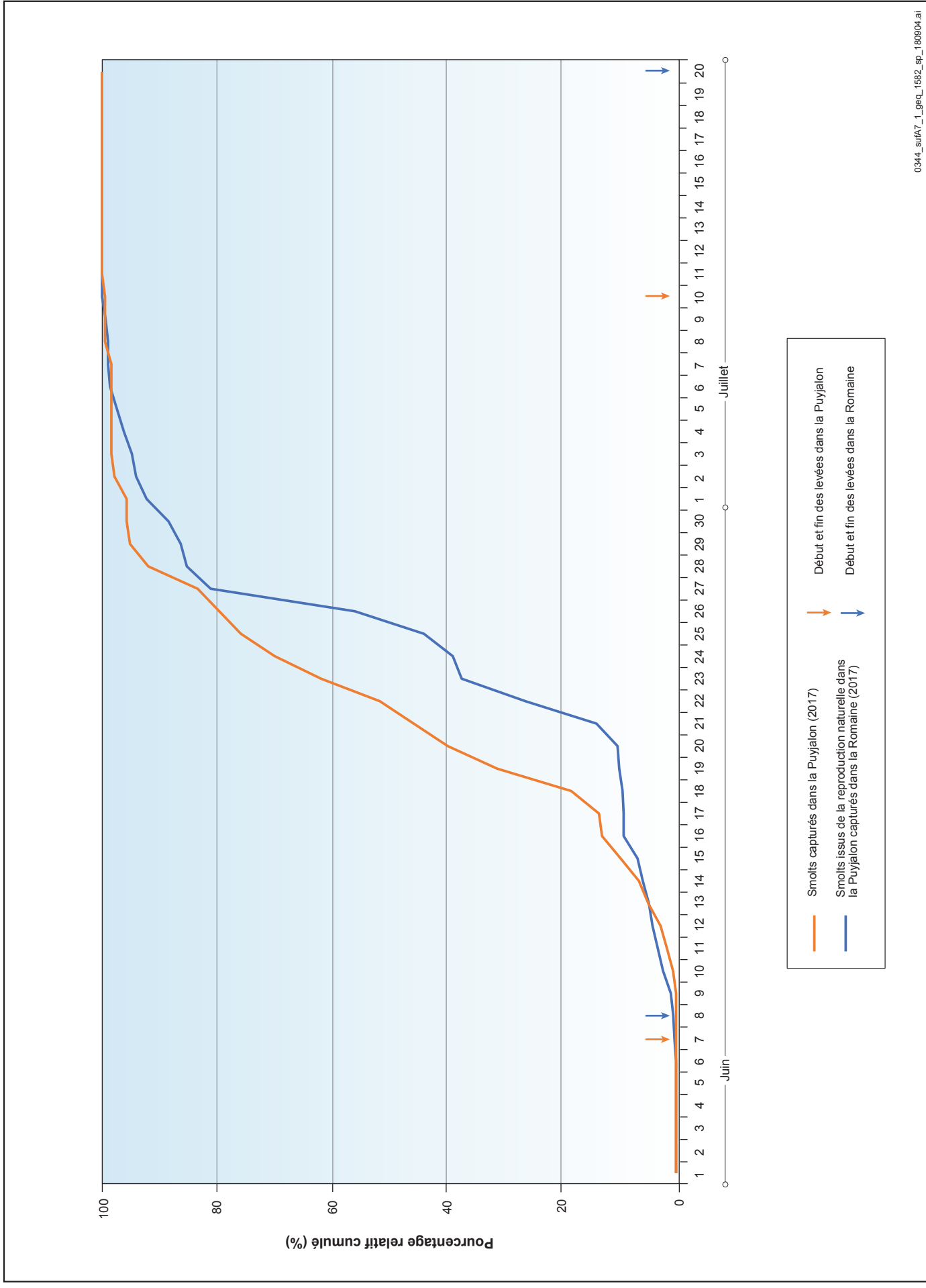
n° spécimen (WSP)	Date de levée	Moment de la levée (AM ou PM)	Capturé mort	Capturé marqué	Capturé non marqué vivant (microbiote)	Capturé non marqué vivant (autres)	Recapturé mort	Recapturé vivant	Marqués dans la Puyjalon et recapturé mort dans la Romaine	Marqués dans la Puyjalon et recapturé vivant dans la Romaine	Longueur totale (mm)	Longueur à la fourche (mm)	Poids (g)	Facteur de condition (Fulton)	Maturité	Lecture d'âge retenue	Âge	Sexe	Reproduction naturelle ou artificielle (analyse génétique)	Assignation populationnelle (analyse génétique)	Caudale prélevée	Adipeuse prélevée	Écaille prélevée	n° spécimen (mercure)	n° spécimen (microbiote)	Smolt transféré à la SSRR	Remarques			
P0602	01-juil	PM		1																										
P0603	01-juil	PM		1																										
P0604	01-juil	PM		1																										
P0605	01-juil	PM		1																										
P0606	01-juil	PM		1																										
P0607	01-juil	PM		1																										
P0608	01-juil	PM		1																										
P0609	01-juil	PM		1																										
P0610	01-juil	PM	1								161	150	30,9	0,74042462	1															
P0611	01-juil	PM					1				144	137	23	0,770265346	1															
P0612	02-juil	AM	1								136	126	17,3	0,687748066	1															
P0613	02-juil	AM		1							150																			
P0614	02-juil	AM		1							158																			
P0615	02-juil	AM		1							164																			
P0616	02-juil	AM		1							153																			
P0617	02-juil	AM		1							212																			
P0618	02-juil	AM		1																										
P0619	02-juil	AM						1																						
P0620	02-juil	AM		1																										
P0621	02-juil	AM		1																										
P0622	02-juil	AM		1																										
P0623	02-juil	AM		1																										
P0624	03-juil	AM		1							165																			
P0625	03-juil	AM		1																										
P0626	03-juil	AM					1																							
P0627	03-juil	AM		1																										
P0628	03-juil	AM		1																										
P0629	04-juil	PM		1							155																			
P0630	04-juil	PM		1																										
P0631	04-juil	PM		1																										
P0632	04-juil	PM		1																										
P0633	04-juil	PM				1																								
P0634	04-juil	PM		1																										
P0635	04-juil	PM		1							148																			
P0636	04-juil	PM		1																										
P0636-A	04-juil	PM		1																										
P0637	05-juil	PM		1																										
P0638	05-juil	PM		1																										
P0639	05-juil	PM		1							165																			
P0640	05-juil	PM					1				160		31,9	0,778808594	1															
P0641	05-juil	PM		1																										
P0641-A	05-juil	PM		1																										
P0642	05-juil	PM		1																										
P0643	05-juil	PM		1																										
P0644	06-juil	PM		1							142																			
P0645	06-juil	PM		1																										
P0645-A	06-juil	PM		1																										
P0646	06-juil	PM		1																										
P0647	06-juil	PM	1								152	140	23	0,654933299	1															
P0648	06-juil	PM		1																										
P0649	06-juil	PM		1																										
P0650	06-juil	PM		1																										
P0651	07-juil	AM		1																										
P0652	07-juil	AM		1																										
P0653	09-juil	PM		1				1			154																			
P0654	09-juil	PM		1																										
P0655	09-juil	PM		1																										
P0656	10-juil	PM		1																										
P0657	10-juil	PM		1																										
P0658	10-juil	PM		1							145																			
P0659	10-juil	PM		1																										
R0001	09-juin	AM		1							160	148																		
R0002	10-juin	AM		1							151	143				3.	3	F	Naturelle	Puyjalon										
R0003	11-juin	AM		1							136	127				2+	2	F	Naturelle	Romaine										
R0004	11-juin	AM		1							157	148				2+	2	F	Naturelle	Puyjalon										
R0005	11-juin	AM		1							147	135				2+	2	F	Naturelle	Puyjalon										
R0006	11-juin	AM		1							172	161				2+	2	M	Artificielle	Puyjalon										
R0007	11-juin	AM		1							163	151				3+	3	F	Naturelle	Puyjalon										
R0008	11-juin	AM		1							145	133				2+	2	F	Naturelle	Romaine										
R0009	11-juin	AM		1							164	152				3+	3	M	Naturelle	Romaine										
R0010	12-juin	AM		1							148	137				4+	4	F	Naturelle	Puyjalon										
R0011	12-juin	AM		1							145	132																		
R0012	12-juin	AM		1							142	131				2+	2	F	Naturelle	Puyjalon										
R0013	12-juin	AM		1							182	175				2+	2	F	Artificielle	Puyjalon										
R0014	12-juin	AM		1							163	152				2+	2	F	Naturelle	Romaine										
R0015	12-juin	AM		1							171	158				2+	2	M	Naturelle	Romaine										
R0016	12-juin	AM		1							179	168																		
R0017	13-juin	AM		1							173	162				3+	3	F	Naturelle	Puyjalon										
R0018	13-juin	AM		1							186	167				2+	2	F	Naturelle	Romaine										
R0019	13-juin	AM		1							170	156																		
R0020	13-juin	AM		1							160	146				4+	4	M	Naturelle	Puyjalon										
R0021	13-juin	AM		1																										

n° spécimen (WSP)	Date de levée	Moment de la levée (AM ou PM)	Capturé mort	Capturé marqué	Capturé non marqué vivant (microbiote)	Capturé non marqué vivant (autres)	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	Lecture d'âge retenue	Âge	Sexe	Reproduction naturelle ou artificielle (analyse génétique)	Assignation populationnelle (analyse génétique)	Caudale prélevée	Adipeuse prélevée	Écaille prélevée	n° spécimen (mercure)	n° spécimen (microbiote)	Smolt transféré à la SSRR	Remarques	
R0060	16-juin	PM		1															Naturelle	Puyjalon		X	X					
R0061	16-juin	PM		1							140	129					2+	2	F	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0062	16-juin	PM		1															Naturelle	Puyjalon		X	X					
R0063	16-juin	PM		1							151	139					3+	3	M	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0064	16-juin	PM		1															Naturelle	Puyjalon		X	X					
R0065	16-juin	PM		1							146	136					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0066	16-juin	PM		1															Naturelle	Romaine		X	X					
R0067	16-juin	PM		1							191	179					2+	2	M	Naturelle	Romaine		X	X				
R0068	16-juin	PM		1															Naturelle	Romaine		X	X					
R0069	16-juin	PM		1							210	198							Naturelle	Romaine		X	X				Adipeuse perdue dans le bac à manipulation	
R0070	17-juin	AM						1											Naturelle	Indéterminé		X	X					
R0071	17-juin	AM		1							134	124					2+	2	F	Naturelle	Indéterminé		X	X				
R0072	17-juin	PM		1							150	136					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0073	18-juin	AM		1							155	146					3.	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0074	18-juin	AM		1							192	178					2+	2	F	Artificielle	Puyjalon		X	X				
R0075	18-juin	AM		1							175	163					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0076	18-juin	AM		1							151	140					2+	2	M	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0077	18-juin	AM		1							161	148					3.	3	M	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0078	18-juin	AM		1							154	142					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0079	18-juin	AM		1							166	154					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0080	18-juin	AM		1							142	128					2+	2	F	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0081	18-juin	AM		1							175	162					3+	3	M	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0082	18-juin	AM		1							144	133					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0083	19-juin	AM		1							148						3+	3	M	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0084	19-juin	AM		1							158						3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X				Fin des longueur à la fourche pour minimiser les manipulations
R0085	19-juin	AM		1							165						3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0086	19-juin	AM		1							145						3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0087	19-juin	AM		1							156						2+	2	M	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0088	19-juin	AM		1							170						2+	2	F	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0089	19-juin	AM		1							212						3+	3	M	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0090	19-juin	AM		1							142						2+	2	F	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0091	19-juin	AM		1							154						3+	3	M	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0092	19-juin	AM		1							167						3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0093	19-juin	AM		1							199						2+	2	F	Naturelle	Romaine		X	X				
R0094	19-juin	AM		1							200						2+	2	M	Artificielle	Puyjalon		X	X				
R0095	19-juin	AM		1							148						2+	2	F	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0096	19-juin	AM		1							163						ND	ND	F	Artificielle	Puyjalon		X	X				
R0097	19-juin	AM		1							157						4+	4	M	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0098	19-juin	AM		1							155						2+	2	F	Artificielle	Puyjalon		X	X				
R0099	19-juin	AM		1							160						3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0100	19-juin	AM		1							156								Naturelle	Puyjalon		X	X					
R0101	19-juin	AM		1							190						2+	2	F	Artificielle	Puyjalon		X	X				
R0102	19-juin	AM		1							192						2+	2	F	Naturelle	Romaine		X	X				
R0103	19-juin	AM		1							165						3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0104	19-juin	AM		1							164						3+	3	M	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0105	19-juin	AM		1							175						2+	2	M	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0106	19-juin	AM		1							171						3+	3	M	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0107	19-juin	AM		1							182						2+	2	M	Naturelle	Romaine		X	X				
R0108	19-juin	AM		1							163						3+	3	M	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0109	19-juin	AM		1							159						3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0110	19-juin	AM		1							162		32,5	0,764431047	1	4+	4	M	Naturelle	Puyjalon		X	X	R5002			Poisson mort dans la glacière lors du transport	
R0111	19-juin	AM		1							190		46,1	0,672109637	2	3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X	R5003			Spécimen mort dans la glacière de transport, adipeuse perdue	
R0112	19-juin	AM		1							146						3+	3	M	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0113	19-juin	AM		1							170								Naturelle	Puyjalon		X	X				Adipeuse perdue dans le bac de manipulation	
R0114	19-juin	AM		1							169						3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0115	19-juin	AM		1							153						2+	2	M	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0116	19-juin	AM		1							159	146	28,7	0,713987361	1				Naturelle	Puyjalon		X	X	R5001				
R0117	19-juin	AM		1							153	143	24,9	0,695224478	1				Naturelle	Puyjalon		X	X	R5004				
R0118	19-juin	AM		1							175						2+	2	M	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0119	19-juin	AM		1							175						2+	2	M	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0120	19-juin	AM		1							171						3+	3	M	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0121	19-juin	AM		1							182						2+	2	M	Naturelle	Romaine		X	X				
R0122	19-juin	AM		1							163						3+	3	M	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0123	19-juin	AM		1							159						3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0124	19-juin	AM		1							162		32,5	0,764431047	1	4+	4	M	Naturelle	Puyjalon		X	X	R5002			Poisson mort dans la glacière lors du transport	
R0125	19-juin	AM		1							190		46,1	0,672109637	2	3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X	R5003			Spécimen mort dans la glacière de transport, adipeuse perdue	
R0126	19-juin	AM		1							146						3+	3	M	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0127	19-juin	AM		1							170								Naturelle	Puyjalon		X	X				Adipeuse perdue dans le bac de manipulation	
R0128	19-juin	AM	1	1							169						3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0129	19-juin	AM		1							153						2+	2	M	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0130	19-juin	AM	1	1							159	146	28,7	0,713987361	1				Naturelle	Puyjalon		X	X	R5001				
R0131	19-juin	AM		1							153	143	24,9	0,695224478	1				Naturelle	Puyjalon		X	X	R5004				
R0132	19-juin	AM		1							175						2+	2	M	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0133	19-juin	AM		1							175						2+	2	M	Naturelle	Puyjalon		X	X				
R0134	19-juin	AM		1							170								Naturelle	Puyjalon		X	X				Adipeuse perdue dans le bac de manipulation	
R0135	19-juin	AM		1							169						3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X				

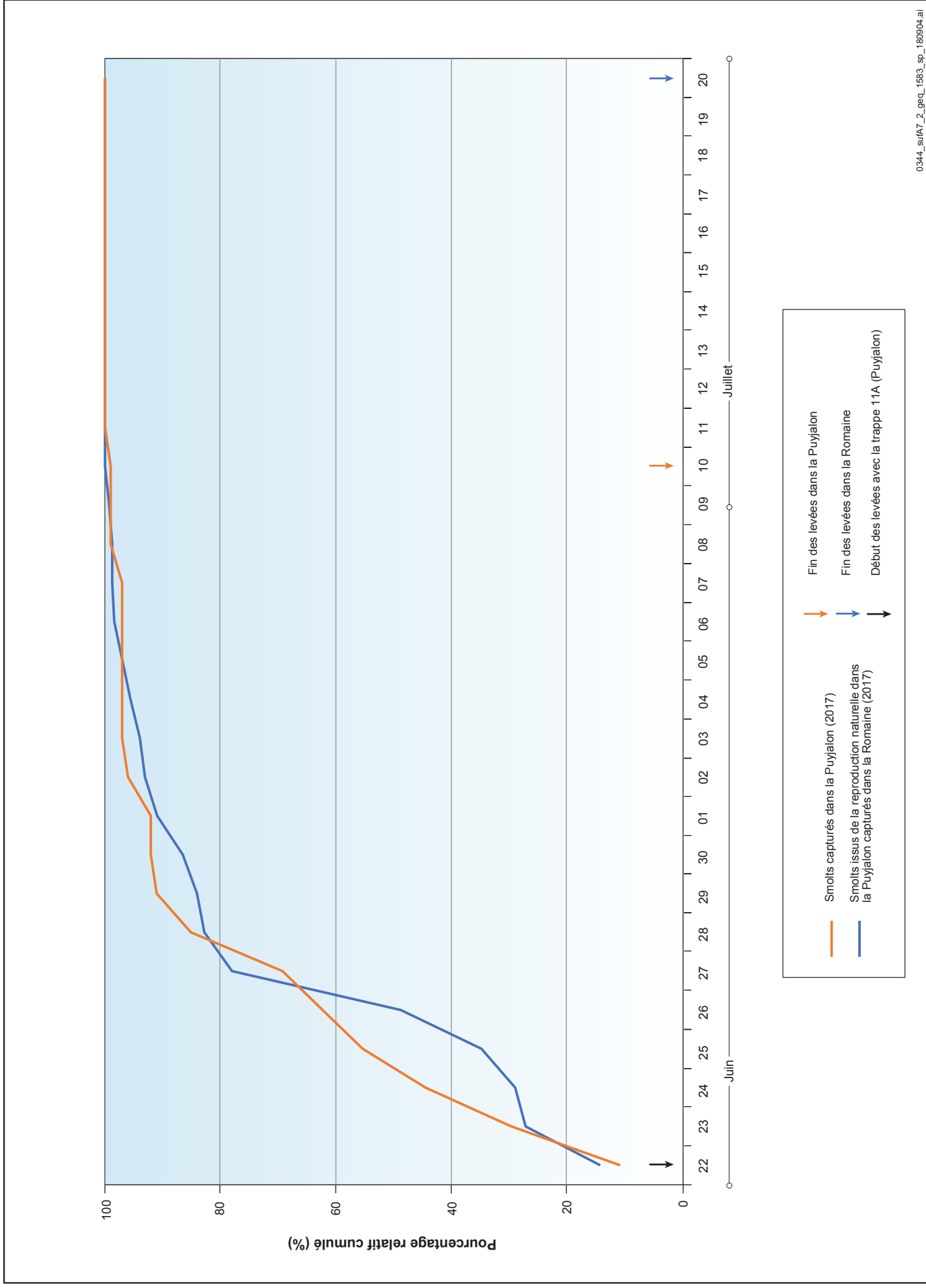
n° spécimen (WSP)	Date de levée	Moment de la levée (AM ou PM)	Capturé mort	Capturé marqué	Capturé non marqué vivant (microbiote)	Capturé non marqué vivant (autres)	Recapturé mort	Recapturé vivant	Marqués dans la Puyjalon et recapturé mort dans la Romaine	Marqués dans la Puyjalon et recapturé vivant dans la Romaine	Longueur totale (mm)	Longueur à la fourche (mm)	Poids (g)	Facteur de condition (Fulton)	Maturité	Lecture d'âge retenue	Âge	Sexe	Reproduction naturelle ou artificielle (analyse génétique)	Assignation populationnelle (analyse génétique)	Caudale prélevée	Adipeuse prélevée	Écaille prélevée	n° spécimen (mercure)	n° spécimen (microbiote)	Smolt transféré à la SSRR	Remarques						
R0180	20-juin	PM						1			170					3+	3	M	Naturelle	Puyjalon	X		X				Adipeuse perdue caudale prise pour ADN						
R0181	20-juin	PM		1							206					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon			X										
R0182	20-juin	PM		1							156					3+	3	M	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0183	21-juin	AM					1																										
R0184	21-juin	AM																															
R0185	21-juin	AM		1							162					4+	4	M	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0186	21-juin	AM		1							172					2+	2	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0187	21-juin	AM		1							160					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0188	21-juin	AM		1							175					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0189	21-juin	AM		1							186					2+	2	F	Naturelle	Romaine		X	X										
R0190	21-juin	AM		1							154					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon	X		X						Adipeuse perdue caudale prise pour ADN				
R0191	21-juin	AM		1							152					3+	3	M	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0192	21-juin	AM		1							178					3+	3	M	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0193	21-juin	AM		1							149					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0194	21-juin	AM		1							154					2+	2	M	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0195	21-juin	AM		1							159																						
R0196	21-juin	AM		1							156					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0197	21-juin	AM		1							156																						
R0198	21-juin	AM		1							145					2+	2	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0199	21-juin	AM		1							166																						
R0200	21-juin	AM		1							194					3+	3	M	Naturelle	Indéterminé		X	X										
R0201	21-juin	AM		1							131																						
R0202	22-juin	AM		1							164					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0203	22-juin	AM		1							172					3+	3	M	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0204	22-juin	AM		1							147					3+	3	M	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0205	22-juin	AM		1							162					4+	4	M	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0207	22-juin	AM		1							197					2+	2	M	Naturelle	Romaine	X		X								Adipeuse perdue caudale prise pour ADN		
R0208	22-juin	AM		1							134					2+	2	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0209	22-juin	AM		1							151					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0210	22-juin	AM		1							162					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0211	22-juin	AM		1							147					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0212	22-juin	AM		1																													
R0213	22-juin	AM		1							134					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0214	22-juin	AM		1																													
R0215	22-juin	AM		1							175					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0216	22-juin	AM		1							167					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0217	22-juin	AM		1							199	184	57,6	0,730908907	1	2+	2	M	Artificielle	Puyjalon		X	X		R5005								
R0218	22-juin	AM	1								151					2+	2	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0219	23-juin	AM		1							161					3+	3	M	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0220	23-juin	AM		1							156					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0221	23-juin	AM		1							152					3+	3	M	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0222	23-juin	AM		1							152					3+	3	M	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0223	23-juin	AM		1							152					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0224	23-juin	AM		1							147					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0225	23-juin	AM		1							141					2+	2	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0226	23-juin	AM		1							146					2+	2	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0227	23-juin	AM		1							139					2+	2	M	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0228	23-juin	AM		1							136					2+	2	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0229	23-juin	AM		1																													
R0230	23-juin	AM		1							148					2+	2	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0231	23-juin	AM		1																													
R0232	23-juin	AM		1							136					2+	2	F	Naturelle	Puyjalon	X		X									Adipeuse perdue	
R0233	23-juin	AM		1																													
R0234	23-juin	AM		1							161					2+	2	F	Naturelle	Romaine		X	X										
R0235	23-juin	AM		1																													
R0236	23-juin	AM		1							156					3+	3	M	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0237	23-juin	AM		1							159					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0238	23-juin	AM		1																													
R0239	23-juin	AM		1																													
R0240	23-juin	AM		1							144					4+	4	F	Naturelle	Puyjalon	X		X									Adipeuse perdue	
R0241	23-juin	AM		1																													
R0242	23-juin	AM		1							150					2+	2	M	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0243	23-juin	AM		1																													
R0244	23-juin	AM		1							162					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0245	23-juin	AM		1																													
R0246	23-juin	AM		1							141					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0247	23-juin	AM		1																													
R0248	23-juin	AM		1							140					3+	3	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0249	23-juin	AM						1																									
R0250	23-juin	AM						1																									
R0251	23-juin	AM							1																								
R0252	24-juin	AM		1							141					2+	2	F	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0253	24-juin	AM		1							150					2+	2	M	Naturelle	Puyjalon		X	X										
R0254	24-juin	AM	</																														

ANNEXE 7 Évolution des captures de smolts (% relatif cumulé) dans les rivières Romaine et Puyjalon en 2017

Annexe A7-1 Évolution des captures de smolts dans les rivières Romaine et Puyjalon pendant toute la période d'échantillonnage en 2017



Annexe A7-2 Évolution des captures de smolts dans les rivières Romaine et Puyjalon à partir de l'installation de la trappe 11A dans la Puyjalon



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

Formule: $N = (M+1)*(C+1)/(R+1)$

	<i>Puyjalon</i>	<i>Romaine</i>
M: Nombre de spécimens marqués	512	351
C: Nbre de captures au site de recaptures	654	420
R: Nbre de spécimens marqués recapturés	37	24
N: Effectif de la population de smolt	8843	5928
MIN	7007	4469
MAX	12142	8770

Calcul de l'intervalle de confiance

Calcul du MAX (int. confiance 95 %)

où:

	<i>Puyjalon</i>	<i>Romaine</i>
x	37	24
n	654	420
v ₁	1236	794
v ₂	74	48
F (2), v1,v2	1,36	1,45
MAX	0,042166	0,040023
nbre	12142	8770

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>	<i>Romaine</i>
V'1	76	50
V'2	1234	792
F (2), v1,v2	1,28	1,35
MIN	0,073073	0,078534
nbre	7007	4469

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:	246	
Smolts issus desensemencements:	29	11,7886179 (= 29/246)
Smolts issus de la reproduction naturelle:	217	
Sous-population de la Puyjalon:	186	77,0296576 (= 186/213 de 217/246)
Sous-population de la Romaine:	27	11,1817245 (= 27/213 de 217/246)
Sous-population connue:	213	
Sous-population indéterminée:	4	

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):	8843	7007	12142
Smolts issus de la reproduction naturelle (sous-population de la Romaine):	1284	1017	1763
Smolts issus desensemencements (dans la Romaine):	1353	1072	1858
Population totale:	11479	9096	15763

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 cohorte 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	3 814	8 463
(i.c. 95 %)	(2 771 à 6 181)	(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	3 160	3 428
(i.c. 95 %)	(2 296 à 5 121)	(2 490 à 5 560)
Smolts de 3 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 3 ans (%)	0 (0/17)	92,0 (81/88)
Nombre de smolts de 3 ans en dévalaison ¹	0	11 823
(i.c. 95 %)		(7 007 à 28 366)
Smolts de 4 ans en 2017		
Nombre total de smolts en dévalaison	1 284	8 843
(i.c. 95 %)	(1 017 à 1 763)	(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	0	625
(i.c. 95 %)		(495 à 858)
Âge à la smoltification des smolts issus de la cohorte d'œufs de 2012		
Nombre de smolts en dévalaison	3 160	15 876
(i.c. 95 %)	(2 296 à 5 121)	(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	2 598	12 845
(i.c. 95 %)	(1 540 à 6 233)	(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	2 598	1 022
(i.c. 95 %)	(1 540 à 6 233)	(606 à 2 451)
Smolts de 3 ans en 2017		
Nombre total de smolts en dévalaison	1 284	8 843
(i.c. 95 %)	(1 017 à 1 763)	(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	95	5 190
(i.c. 95 %)	(75 à 131)	(4 113 à 7 127)
Smolts de 4 ans en 2018		
Nombre total de smolts en dévalaison	À venir	À venir
(i.c. 95 %)		
Smolts âgés de 4 ans (%)	À venir	À venir
Nombre de smolts de 4 ans en dévalaison ¹	À venir	À venir
(i.c. 95 %)		
Âge à la smoltification des smolts issus de la cohorte d'œufs de 2013²		
Nombre de smolts en dévalaison	2 693	6 212
(i.c. 95 %)	(1 615 à 6 364)	(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.

² Âge à la smoltification à préciser en 2018 si des smolts de 4 ans sont capturés en 2018.

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 %)	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 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 2014		
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.

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 %)	À venir	À venir
Smolts âgés de 2 ans (%)	À venir	À venir
Nombre de smolts de 2 ans en dévalaison ¹ (i.c. 95 %)	À venir	À venir
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 cohorte 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 (2 et 3 ans) 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 %)	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 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 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 %)	À venir	À venir
Nombre de smolts de 3 ans par nid	À venir	À venir
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 ans produits par nid pour la cohorte d'œufs de 2014		
Nombre de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	1 141 (904 à 1 567)	3 028 (2 399 à 4 157)
Nombre de smolts par nid	22	151

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 an) 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 %)	À venir	À venir
Nombre de smolts de 2 ans par nid	À venir	À venir
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 an produits par nid pour la cohorte d'œufs de 2015		
Nombre de smolts en dévalaison (i.c. 95 %)	48 (38 à 65)	0
Nombre de smolts par nid	0	0

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 deux tacons ayant fait l'objet de mesures et prélèvements lors de la dévalaison des smolts en 2017

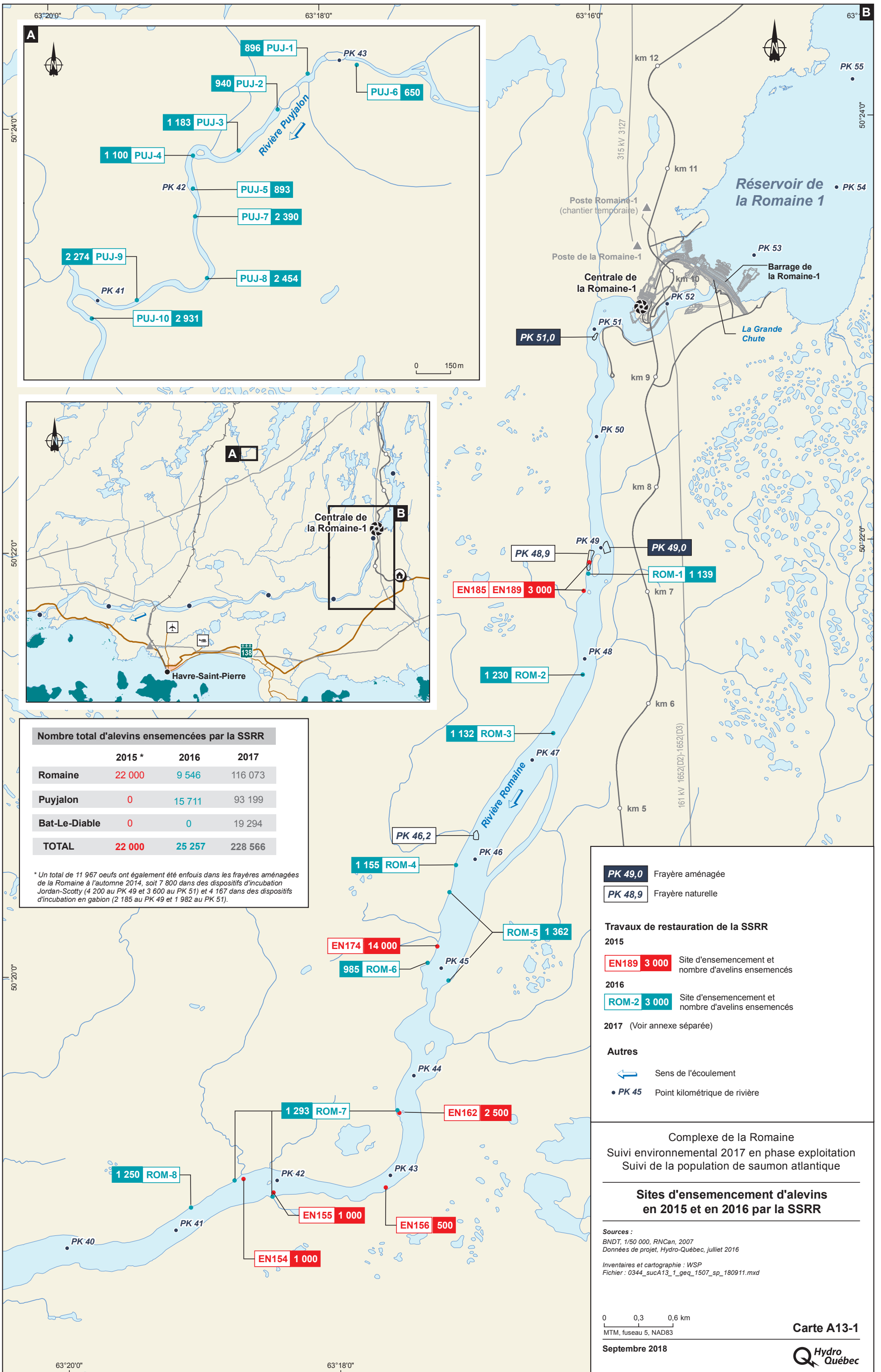
Annexe 11 Données brutes des deux tacons ayant fait l'objet de mesures et prélèvements lors de la dévalaison des smolts en 2017

n° spécimen (WSP)	Date de levée	Moment de la levée (AM ou PM)	Longueur totale (mm)	Longueur à la fourche (mm)	Poids (g)	Facteur de condition (Fulton)	Maturité	Lecture d'âge retenue	Âge	Sexe	Reproduction naturelle ou artificielle (analyse génétique)	Assignation populationnelle (analyse génétique)	Caudale prélevée	Adipeuse prélevée	Écaille prélevée	n° spécimen (mercure)	n° spécimen (microbiote)	Smolt transféré à la SSRR
R0206	22-juin	AM	204	187	58,5	0,6890732	1	2+	2	F	Artificielle	Puyfalon		X	X			
R0351	29-juin	AM	213	197	67,4	0,6974629	1	2+	2	M	Artificielle	Puyfalon		X	X	R5009		

ANNEXE 12 Données brutes des saumons juvéniles capturés dans la rivière Romaine

Date de capture	n° de spécimen	n° d'échantillon d'ADN	Station d'inventaire	Engin	Alevin	Tacon	Longueur totale (mm)	Masse (g)	Coefficient de condition (Fulton)	n° de transpondeur	Écailles prélevées	Âge	Température de l'eau (°C)	Mâle précoce
22/10/2017	6001	6001	Pk49	PE		X	140	20,2	0,736	542331	X	1+	9,8	
22/10/2017	6002	6002	Pk49	PE		X	135	19,2	0,780	542333	X	1+	9,8	
22/10/2017	6003	6003	Pk49	PE		X	140	20,2	0,736	542330	X	1+	9,8	
22/10/2017	6004	6004	Pk49	PE		X	131	21,3	0,947	542332	X	1+	9,8	
22/10/2017	6005	6005	Pk49	PE		X	148	24,6	0,759	542328	X	1+	9,8	
22/10/2017	6006	6006	Pk49	PE		X	129	21,1	0,983	542329	X	1+	9,8	X
22/10/2017	6007	6007	Pk49	PE	X		62	1,9	0,797	174152	X	0+	9,8	
22/10/2017	6008	6008	Pk49	PE		X	118	14,6	0,889	542366	X	1+	9,8	X
22/10/2017	6009	6009	Pk49	PE	X		69	3	0,913	174182	X		9,8	
22/10/2017	6010	6010	Pk49	PE	X		80	3,6	0,703	173624			9,8	
22/10/2017	6011	6011	Pk49	PE	X		69	3,1	0,944	173665			9,8	
22/10/2017	6012	6012	Pk49	PE	X		67	2,6	0,864	173639			9,8	
22/10/2017	6013	6013	Pk49	PE	X		63	2,8	1,120	173694			9,8	
22/10/2017	6014	6014	Pk49	PE	X		58	1,9	0,974	173687			9,8	
23/10/2017	6015	6015	Caille	PE		X	145	13,1	0,430	542335	X	1+	9,8	
23/10/2017	6016	6016	Caille	PE		X	122	15,8	0,870	542365	X		9,8	
23/10/2017	6017	6017	Caille	PE	X		65	2,3	0,838	173635			9,8	
23/10/2017	6018	6018	Caille	PE	X		67	2,3	0,765	173645			9,8	
23/10/2017	6019	6019	Caille	PE	X		57	1	0,540	173646			9,8	
23/10/2017	6020	6020	Caille	PE	X		65	1,7	0,619	173676			9,8	
23/10/2017	6021	6021	Caille	PE	X		65	2,2	0,801	173667			9,8	
23/10/2017	6022	6022	Caille	PE	X		60	1	0,463	173632			9,8	
23/10/2017	6023	6023	Caille	PE	X		60	1	0,463	173613			9,8	
23/10/2017	6024	6024	RDile	PE	X		72	2,3	0,616	173680			9,8	
23/10/2017	6025	6025	RDile	PE	X		65	1,8	0,655	174098			9,8	
23/10/2017	6026	6026	RDile	PE	X		61	1	0,441	173629			9,8	
23/10/2017	6027	6027	RDile	PE	X		64	1,3	0,496	174001			9,8	
23/10/2017	6028	6028	209SG	SE	X		71	2,8	0,782	174066			9,8	
23/10/2017	6029	6029	210SG	PE	X		82	4	0,725	174041			9,8	
23/10/2017	6030	6030	210SG	PE	X		67	2,4	0,798	174058			9,8	
23/10/2017	6031	6031	210SG	PE	X		90	6,2	0,850	174073	X	0+	9,8	
23/10/2017	6032	6032	210SG	PE	X		69	2,3	0,700	174011			9,8	
23/10/2017	6033	6033	210SG	PE	X		67	2,4	0,798	174091			9,8	
23/10/2017	6034	6034	210SG	PE	X		67	2,4	0,798	174003			9,8	
23/10/2017	6035	6035	210SG	PE	X		69	2,9	0,883	174046			9,8	
23/10/2017	6036	6036	210SG	PE	X		72	2,7	0,723	174027			9,8	
23/10/2017	6037	6037	210SG	PE	X		62	2,3	0,965	174053			9,8	
23/10/2017	6038	6038	210SG	PE	X		68	2,4	0,763	174025			9,8	
23/10/2017	6039	6039	210SG	PE	X		65	1,9	0,692	174071			9,8	
24/10/2017	6040	6040	RGile	PE		X	122	18,7	1,030	542322	X	1+	9,8	X
24/10/2017	6041	6041	RGile	PE	X		81	4,6	0,866	174056			9,8	
24/10/2017	6042	6042	RGile	PE	X		69	2,8	0,852	174044			9,8	
24/10/2017	6043	6043	RGile	PE	X		60	1,9	0,880	174014			9,8	
24/10/2017	6044	6044	RGile	PE	X		60	1,8	0,833	174028			9,8	
24/10/2017	6045	6045	211-R33	SE	X		71	2,6	0,726	174020			9,4	
24/10/2017	6046	6046	211-R33	SE	X		70	2,5	0,729	174037			9,4	
24/10/2017	6047	6047	211-R33	SE	X		64	1,9	0,725	174049			9,4	
24/10/2017	6048	6048	212-R33	SE	X		68	2,4	0,763	174010			9,4	
24/10/2017	6049	6049	212-R33	SE	X		73	3	0,771	174022			9,4	
24/10/2017	6050	6050	212-R33	SE	X		62	1,9	0,797	174069			9,4	
24/10/2017	6051	6051	212-R33	SE	X		63	1,9	0,760	174084			9,4	
24/10/2017	6052	6052	212-R33	SE	X		69	2,3	0,700	174031			9,4	
24/10/2017	6053	6053	212-R33	SE	X		62	1,8	0,755	174035			9,4	
24/10/2017	6054	6054	218-R27	SE		X	166	31,6	0,691	542323	X	1+	9,4	
24/10/2017	6055	6055	218-R27	SE	X		82	4,2	0,762	174029	X	0+	9,4	
24/10/2017	6056	6056	218-R27	SE	X		72	3,1	0,831	174082	X	0+	9,4	
24/10/2017	6057	6057	216-R32	PE	X		68	2,9	0,922	174064			9,5	
24/10/2017	6058	6058	217-R27	SE	X		66	2,1	0,730	174068	X	0+	9,4	
24/10/2017	6059	6059	215-R33	SE	X		65	1,9	0,692	174036			9,4	
24/10/2017	6060	6060	213-R33	SE	X		76	3,3	0,752	174060	X	0+	9,4	
24/10/2017	6061	6061	213-R33	SE	X		75	3,3	0,782	174062			9,4	
24/10/2017	6062	6062	213-R33	SE	X		76	3	0,683	174000	X	0+	9,4	
24/10/2017	6063	6063	213-R33	SE	X		63	1,7	0,680	174054			9,4	
24/10/2017	6064	6064	Caille	PE	X		73	3,3	0,848	174017	X	0+	9,8	
24/10/2017	6065	6065	Caille	PE	X		70	2,6	0,758	174021	X	0+	9,8	
24/10/2017	6066	6066	Caille	PE	X		70	2,6	0,758	174007			9,8	
26/10/2017	6067	6067	221-R17	SE		X	167	33,9	0,728	542324	X	1+	9,8	
26/10/2017	6068	6068	221-R17	SE	X		69	2,4	0,731	174075			9,8	
26/10/2017	6069	6069	222-R17	SE	X		93	6	0,746	174087	X	0+	9,8	
26/10/2017	6070	6070	222-R17	SE	X		75	3,1	0,735	174061			9,8	
26/10/2017	6071	6071	222-R17	SE	X		79	3,8	0,771	174042	X	0+	9,8	
26/10/2017	6072	6072	222-R17	SE	X		73	2,8	0,720	174004			9,8	
26/10/2017	6073	6073	222-R17	SE	X		75	3,2	0,759	174051	X	0+	9,8	
26/10/2017	6074	6074	222-R17	SE	X		74	3,1	0,765	174005			9,8	
26/10/2017	6075	6075	222-R17	SE	X		66	2,1	0,730	174009			9,8	
26/10/2017	6076	6076	222-R17	SE	X		69	2,5	0,761	174057			9,8	
26/10/2017	6077	6077	222-R17	SE	X		84	4,2	0,709	174052			9,8	
26/10/2017	6078	6078	222-R17	SE	X		77	3,3	0,723	174008			9,8	
26/10/2017	6079	6079	222-R17	SE	X		68	2,2	0,700	174096			9,8	
26/10/2017	6080	6080	222-R17	SE	X		68	2	0,636	174081			9,8	
26/10/2017	6081	6081	222-R17	SE	X		69	2,4	0,731	174085			9,8	
26/10/2017	6082	6082	219-R20	SE	X		74	2,9	0,716	174030		0+	9,8	
26/10/2017	6083	6083	219-R20	SE	X		65	2,2	0,801	174034			9,8	
26/10/2017	6084	6084	219-R20	SE	X		67	2,3	0,765	174079			9,8	
26/10/2017	6085	6085	219-R20	SE	X		70	2,6	0,758	174013			9,8	
26/10/2017	6086	6086	228-R17	SE	X		79	3,7	0,750	174026			9,8	
26/10/2017	6087	6087	228-R17	SE	X		70	2,7	0,787	174078			9,8	
26/10/2017	6088	6088	228-R17	SE		X	162	31,5	0,741	542320	X	1+	9,8	
26/10/2017	6089	6089	227-R17	SE		X	158	30	0,761	542319	X	1+	9,8	
26/10/2017	6090	6090	227-R17	SE	X		71	2,7	0,754	174019			9,8	
26/10/2017	6091	6091	227-R17	SE	X		73	3,1	0,797	174070			9,8	
27/10/2017	6092	6092	229-PK49A	PE	X		71	3,5	0,978	174024			9,8	
27/10/2017	6093	6093	229-PK49A	PE	X		68	3	0,954	174059			9,8	
27/10/2017	6094	6094	229-PK49A	PE	X		65	2,6	0,947	174090			9,8	
27/10/2017	6095	6095	229-PK49A	PE		X	142	24,3	0,849	542321	X	1+	9,8	
27/10/2017	6096	6096	229-PK49A	PE	X		67	2,6	0,864	174016			9,8	
27/10/2017	6097	6097	PE003	PE	X		83	4,9	0,857	174077	X	0+	9,1	
27/10/2017	6098	6098	PE003	PE	X		65	2,5	0,910	174033			9,1	
27/10/2017	6099	6099	SE17001	SE	X		67	2,1	0,698	174055			9,1	
27/10/2017	6100	6100	SE17001	SE	X		73	3,1	0,797	174065			9,1	
27/10/2017	6101	6101	SE17003	SE	X		69	2,5	0,761	174039			9,1	
27/10/2017														

ANNEXE 13 Sites d'ensemencement d'alevins de 2015 à 2017 par la SSRR



Nombre total d'alevins ensemencés par la SSRR

	2015 *	2016	2017
Romaine	22 000	9 546	116 073
Puyjalon	0	15 711	93 199
Bat-Le-Diable	0	0	19 294
TOTAL	22 000	25 257	228 566

* 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 (Voir annexe séparée)

Autres

← Sens de l'écoulement
 ● PK 45 Point kilométrique de rivière

Complexe de la Romaine
 Suivi environnemental 2017 en phase exploitation
 Suivi de la population de saumon atlantique

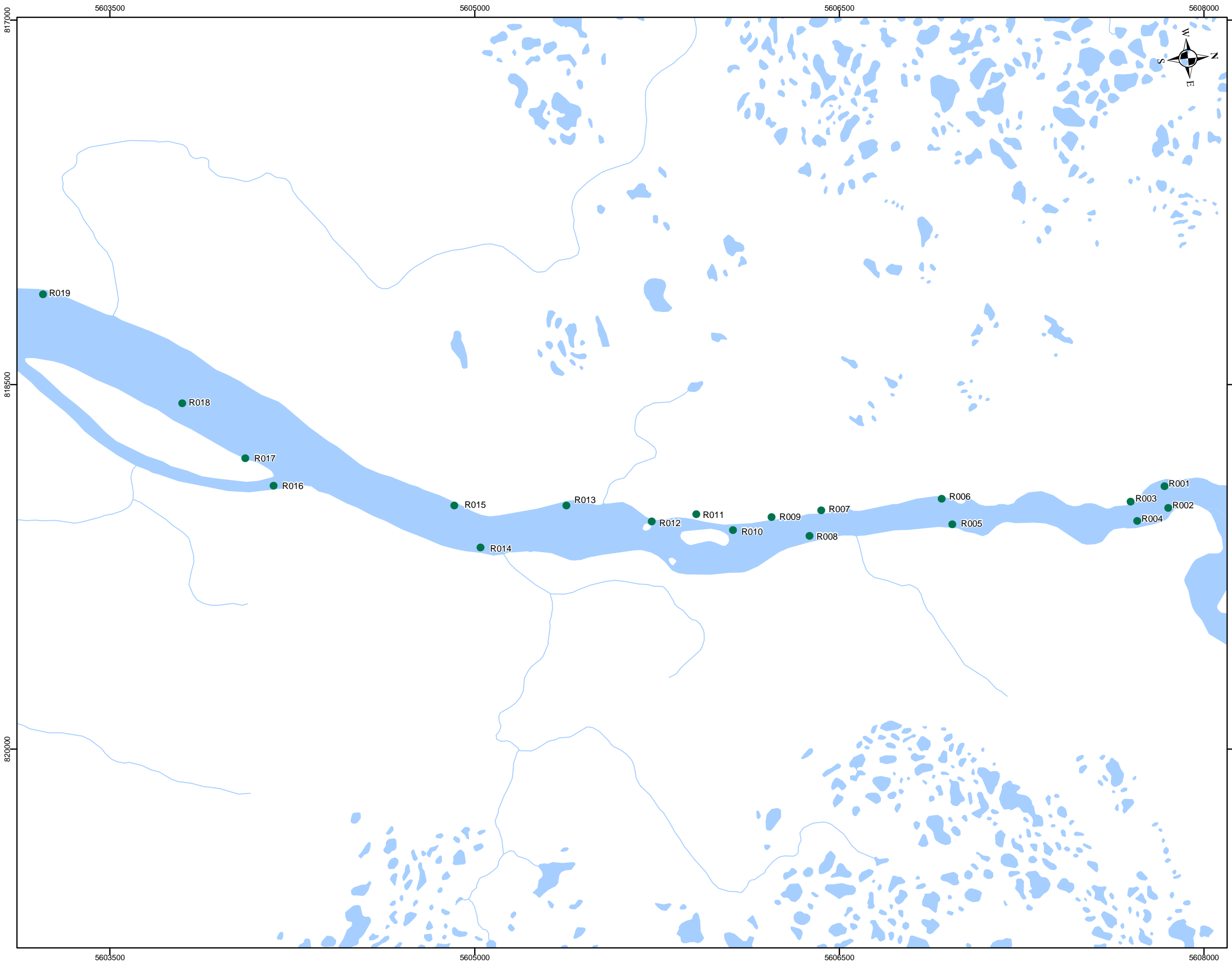
Sites d'ensemencement d'alevins en 2015 et en 2016 par la SSRR

Sources :
 BNDT, 1/50 000, RNCan, 2007
 Données de projet, Hydro-Québec, juillet 2016

*Inventaires et cartographie : WSP
 Fichier : 0344_suca13_1_geq_1507_sp_180911.mxd*

0 0,3 0,6 km
 MTM, fuseau 5, NAD83

Carte A13-1
 Septembre 2018

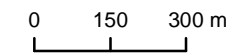


Programme d'ensemencement 2017 - SSRR

Rivière Romaine - 1

Sources
 CanVec 1/50 000, RNCan, 2010
 BDGA 1/1 000 000, MRN Québec
 Inventaire, Uanan et WSP, 2017

Fichier : 17-0079_nn_CarteEnsemencement_001a014_170925.mxd



Projection : MTM fuseau 7, NAD83

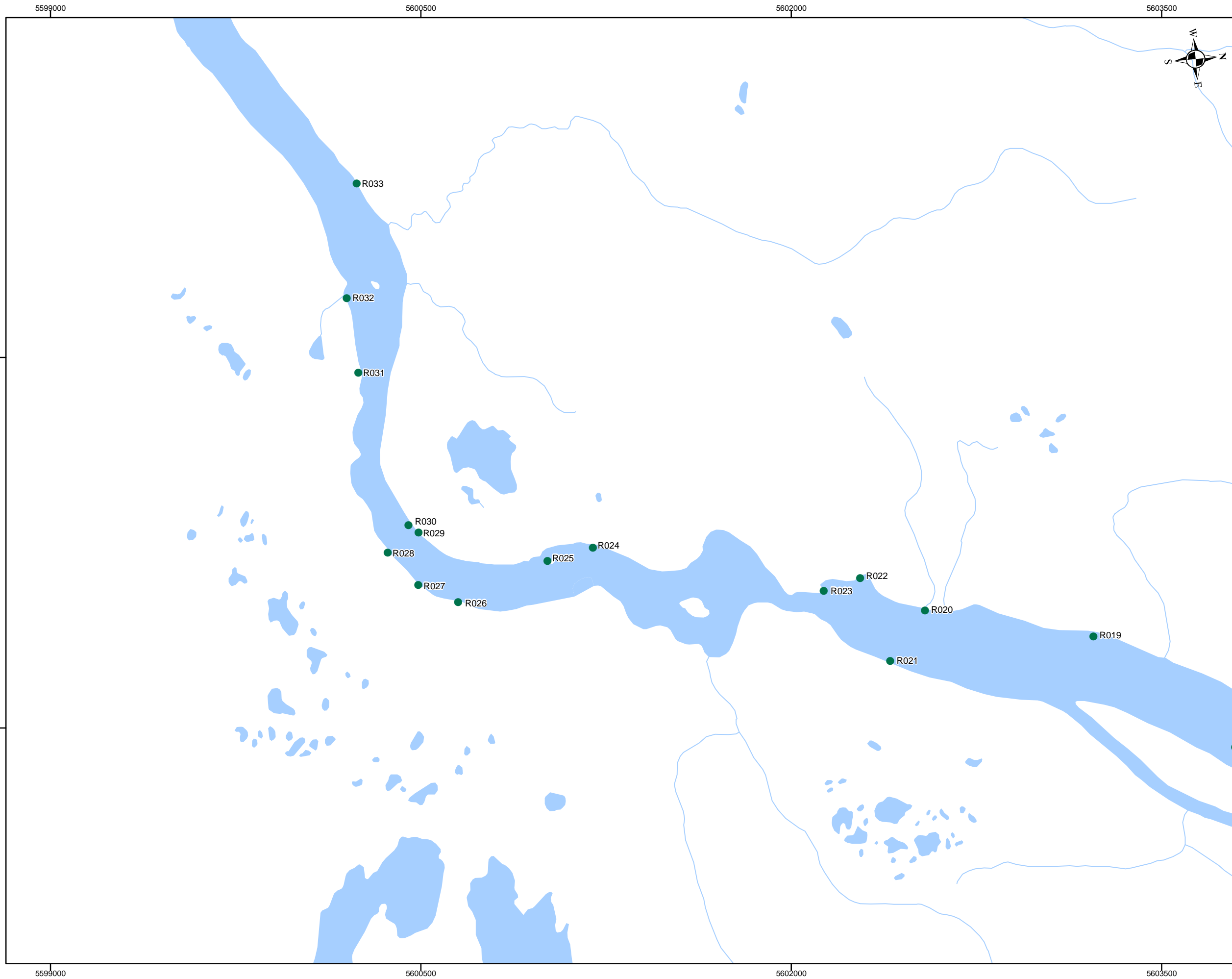
Carte 1

Réalisation : Groupe conseil Nutshimit-Nippour **Septembre 2017**



Légende

- Cours d'eau
- Étendu d'eau
- Réseau routier régional
- Site ensemencés en 2017
- Obstacle naturel
- Hélicoptère



Programme d'ensemencement 2017 - SSRR

Rivière Romaine - 2

Sources
 CanVec 1/50 000, RNCan, 2010
 BDGA 1/1 000 000, MRN Québec
 Inventaire, Uanan et WSP, 2017

Fichier : 17-0079_nn_CarteEnsemencement_001a014_170925.mxd

0 150 300 m

Projection : MTM fuseau 7, NAD83

Carte 2

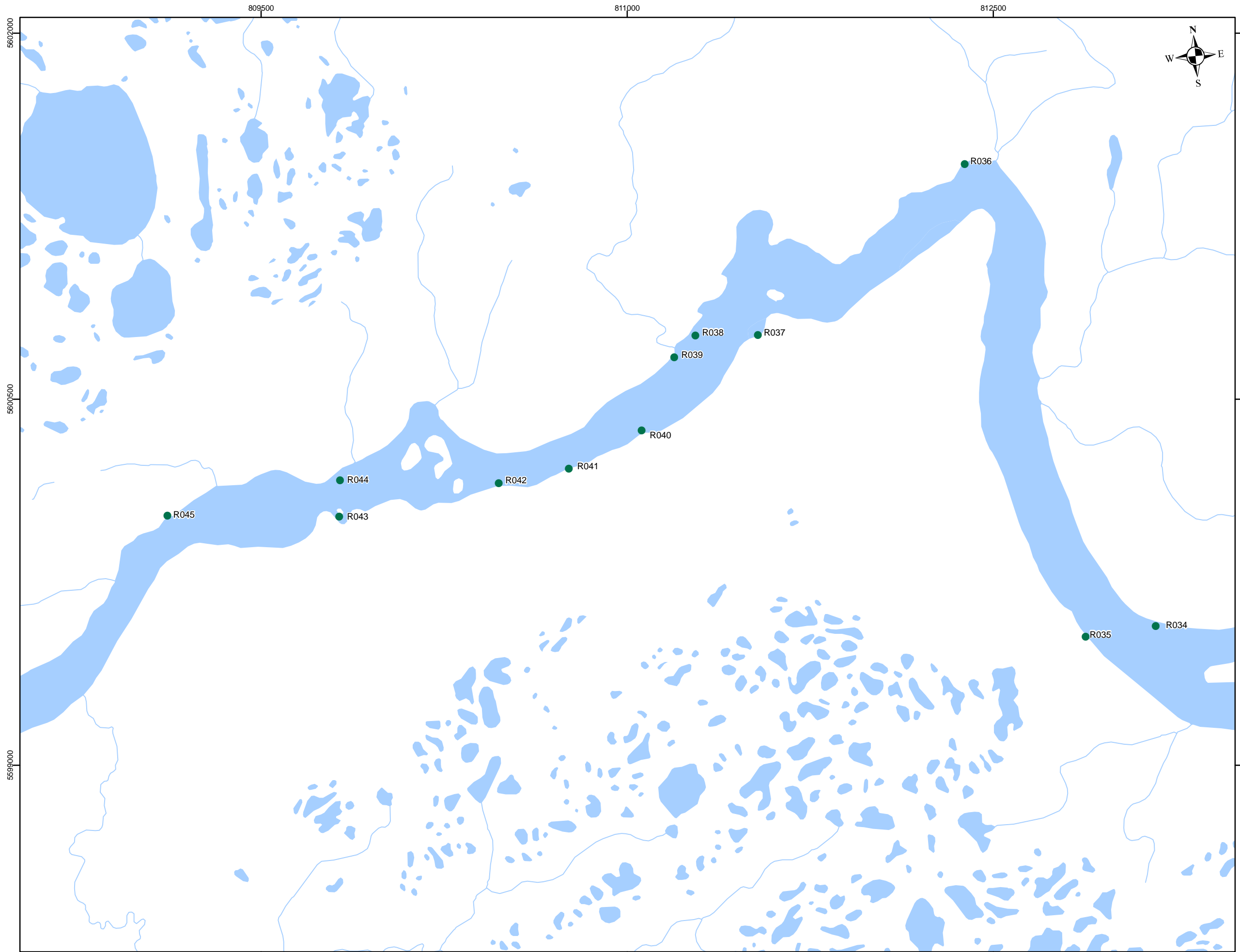
Réalisation : Groupe conseil Nutshimit-Nippour **Septembre 2017**






Légende

-  Cours d'eau
-  Étendu d'eau
-  Réseau routier régional
-  Site ensemencés en 2017
-  Obstacle naturel
-  Hélicoptère



Programme d'ensemencement 2017 - SSRR

Rivière Romaine - 3

Sources
 CanVec 1/50 000, RNCan, 2010
 BDGA 1/1 000 000, MRN Québec
 Inventaire, Uanan et WSP, 2017

Fichier : 17-0079_nn_CarteEnsemencement_001a014_170925.mxd

0 150 300 m

Projection : MTM fuseau 7, NAD83

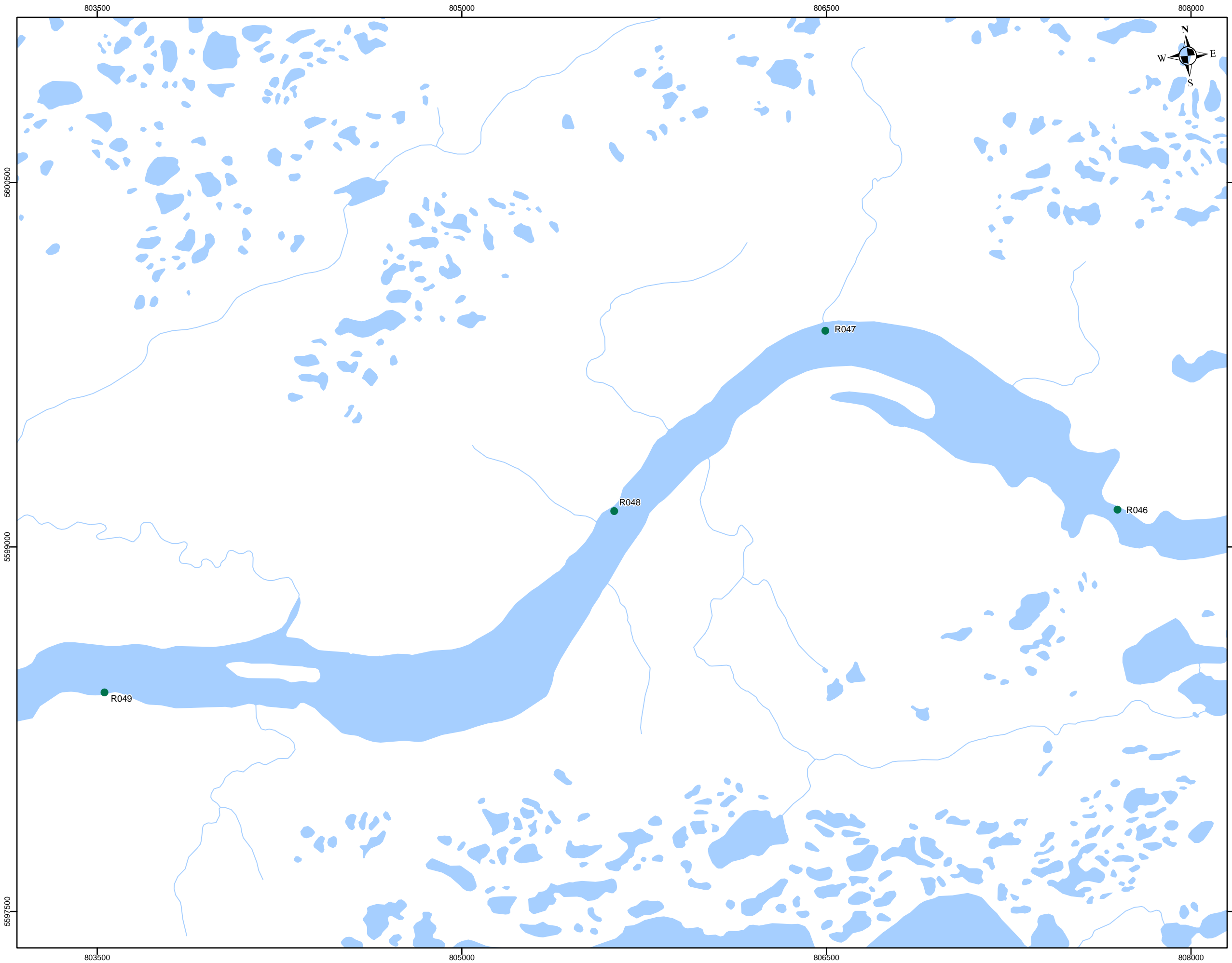
Carte 3

Réalisation : Groupe conseil Nutshimit-Nippour **Septembre 2017**




Légende

-  Cours d'eau
-  Étendu d'eau
-  Réseau routier régional
-  Site ensemenés en 2017
-  Obstacle naturel
-  Hélicpad



Programme d'ensemencement 2017 - SSRR

Rivière Romaine - 4

Sources
 CanVec 1/50 000, RNCan, 2010
 BDGA 1/1 000 000, MRN Québec
 Inventaire, Uanan et WSP, 2017

Fichier : 17-0079_nn_CarteEnsemencement_001a014_170925.mxd

0 150 300 m

Projection : MTM fuseau 7, NAD83

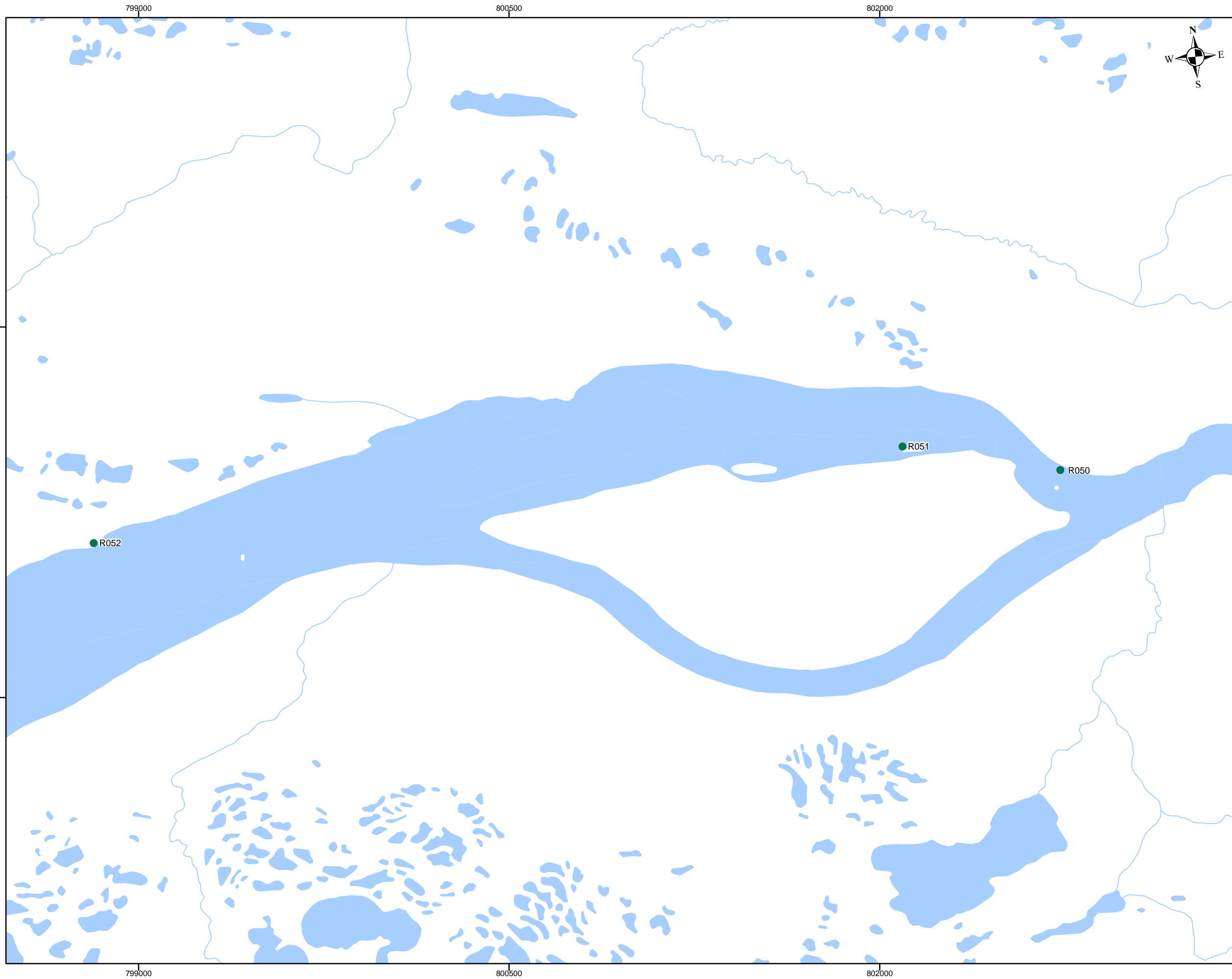
Carte 4

Réalisation : Groupe conseil Nutshimit-Nippour **Septembre 2017**



Légende

- Cours d'eau
- Étendu d'eau
- Réseau routier régional
- Site ensemencés en 2017
- Obstacle naturel
- Hélicoptère



Programme d'ensemencement 2017 - SSRR

Rivière Romaine - 5

Sources
 CanVec 1/50 000, RNCan, 2010
 BDGA 1/1 000 000, MRN Québec
 Inventaire, Uanan et WSP, 2017

Fichier : 17-0079_nn_CarteEnsemencement_001a014_170925.mxd

0 150 300 m

Projection : MTM fuseau 7, NAD83

Carte 5

Réalisation : Groupe conseil Nutshimit-Nippour **Septembre 2017**



Légende

- Cours d'eau
- Étendu d'eau
- Réseau routier régional
- Site ensemenés en 2017
- Obstacle naturel
- Hélicpad

791500

793000

794500



Programme d'ensemencement 2017 - SSRR

Rivière Romaine - 6

Sources
CanVec 1/50 000, RNCan, 2010
BDGA 1/1 000 000, MRN Québec
Inventaire, Uanan et WSP, 2017

Fichier : 17-0079_nn_CarteEnsemencement_001a014_170925.mxd

0 150 300 m

Projection : MTM fuseau 7, NAD83

Carte 6

Réalisation : Groupe conseil Nutshimit-Nippour **Septembre 2017**



Légende

- Cours d'eau
- Étendu d'eau
- Réseau routier régional
- Site ensemencés en 2017
- Obstacle naturel
- Hélicoptère

5597500

5597500

5596000

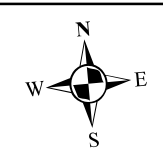
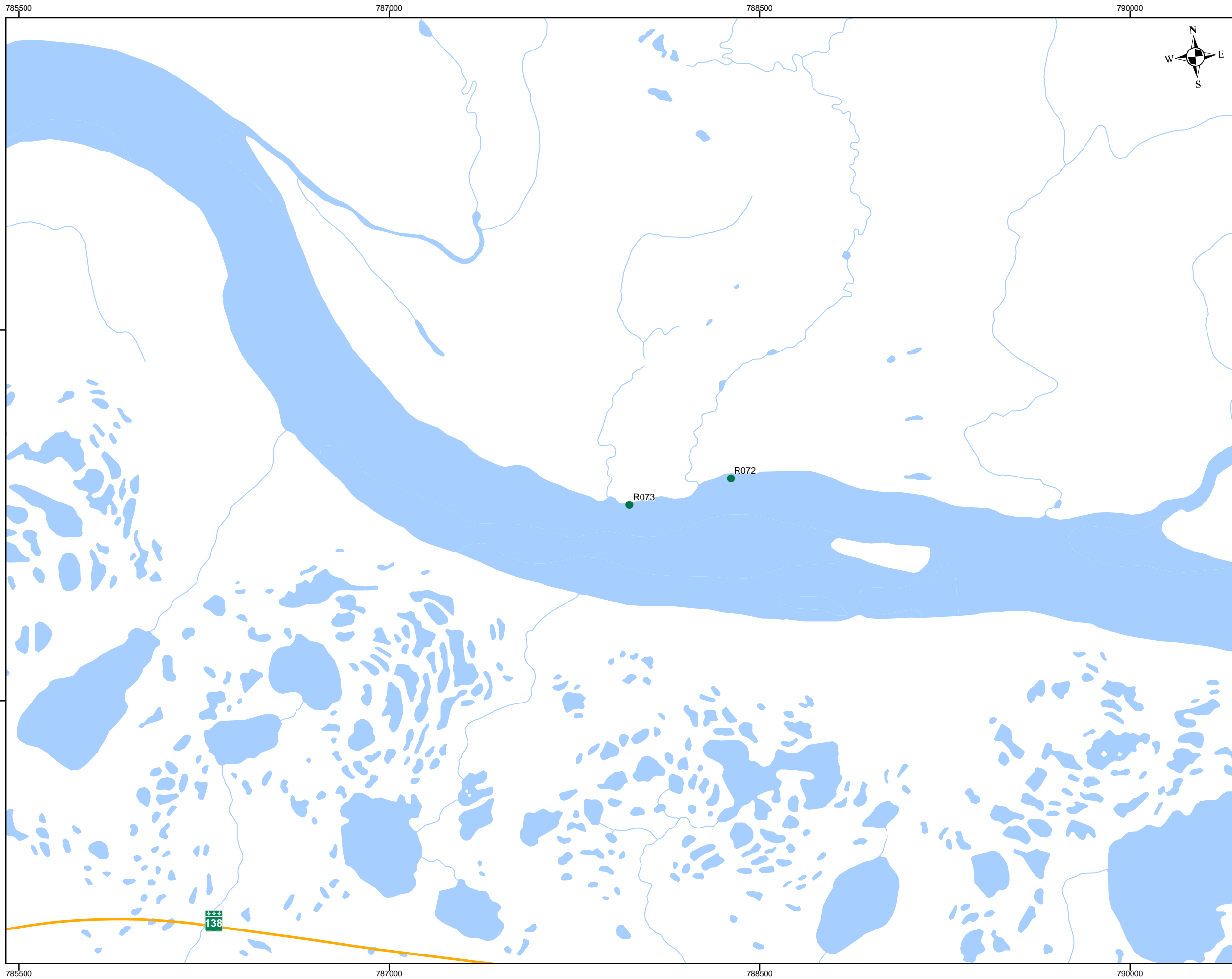
5596000

791500

793000

794500





Programme d'ensemencement 2017 - SSRR

Rivière Romaine - 7

Sources
 CanVec 1/50 000, RNCan, 2010
 BDGA 1/1 000 000, MRN Québec
 Inventaire, Uanan et WSP, 2017

Fichier : 17-0079_nn_CarteEnsemencement_001a014_170925.mxd

0 150 300 m

Projection : MTM fuseau 7, NAD83

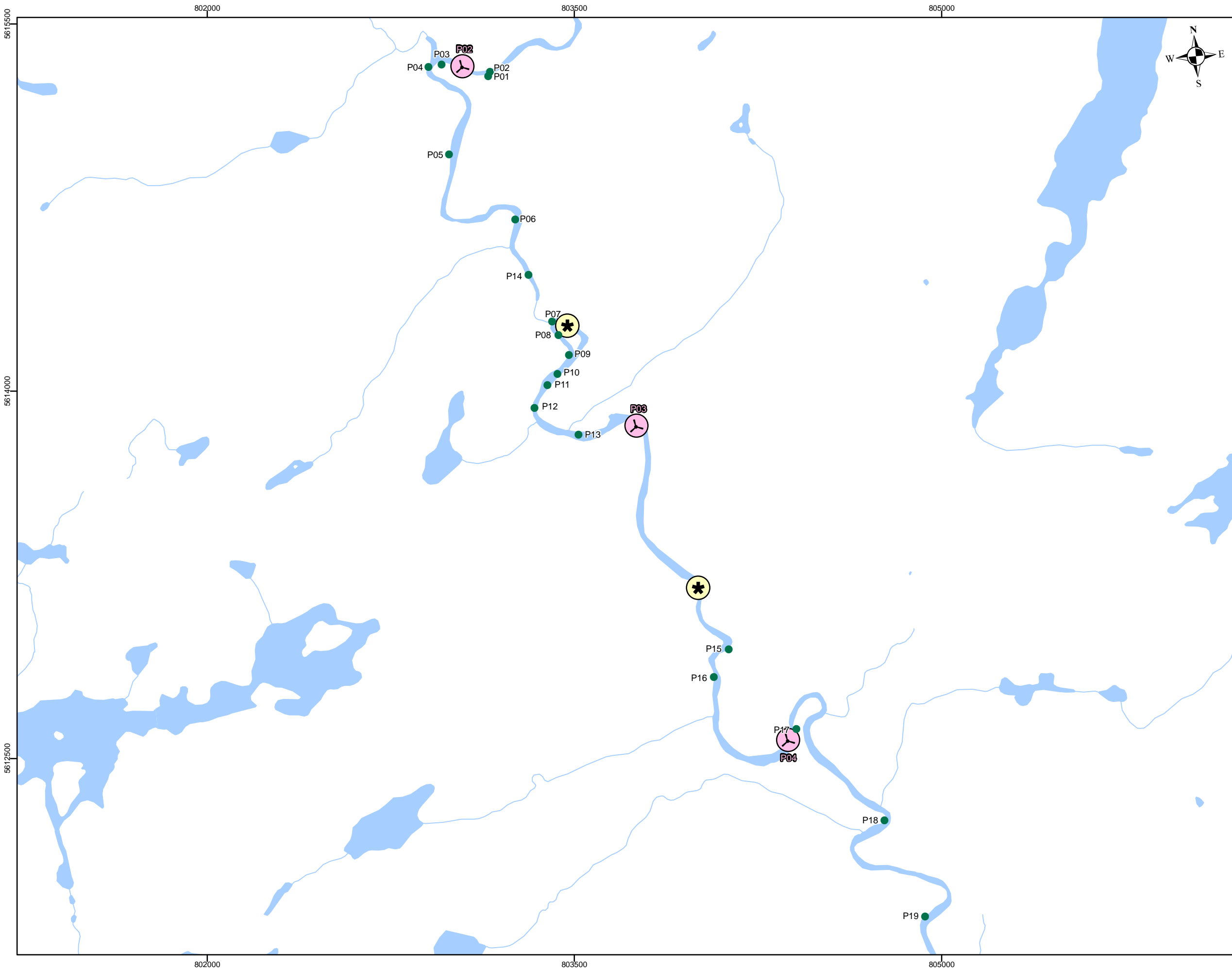
Carte 7

Réalisation : Groupe conseil Nutshimit-Nippour **Septembre 2017**



Légende

- Cours d'eau
- Étendu d'eau
- Réseau routier régional
- Site ensemencés en 2017
- Obstacle naturel
- Hélicpad

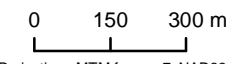


Programme d'ensemencement 2017 - SSRR

Rivière Puyjalon - 1

Sources
 CanVec 1/50 000, RNCan, 2010
 BDGA 1/1 000 000, MRN Québec
 Inventaire, Uanan et WSP, 2017

Fichier : 17-0079_nn_CarteEnsemencement_001a014_170925.mxd



Projection : MTM fuseau 7, NAD83

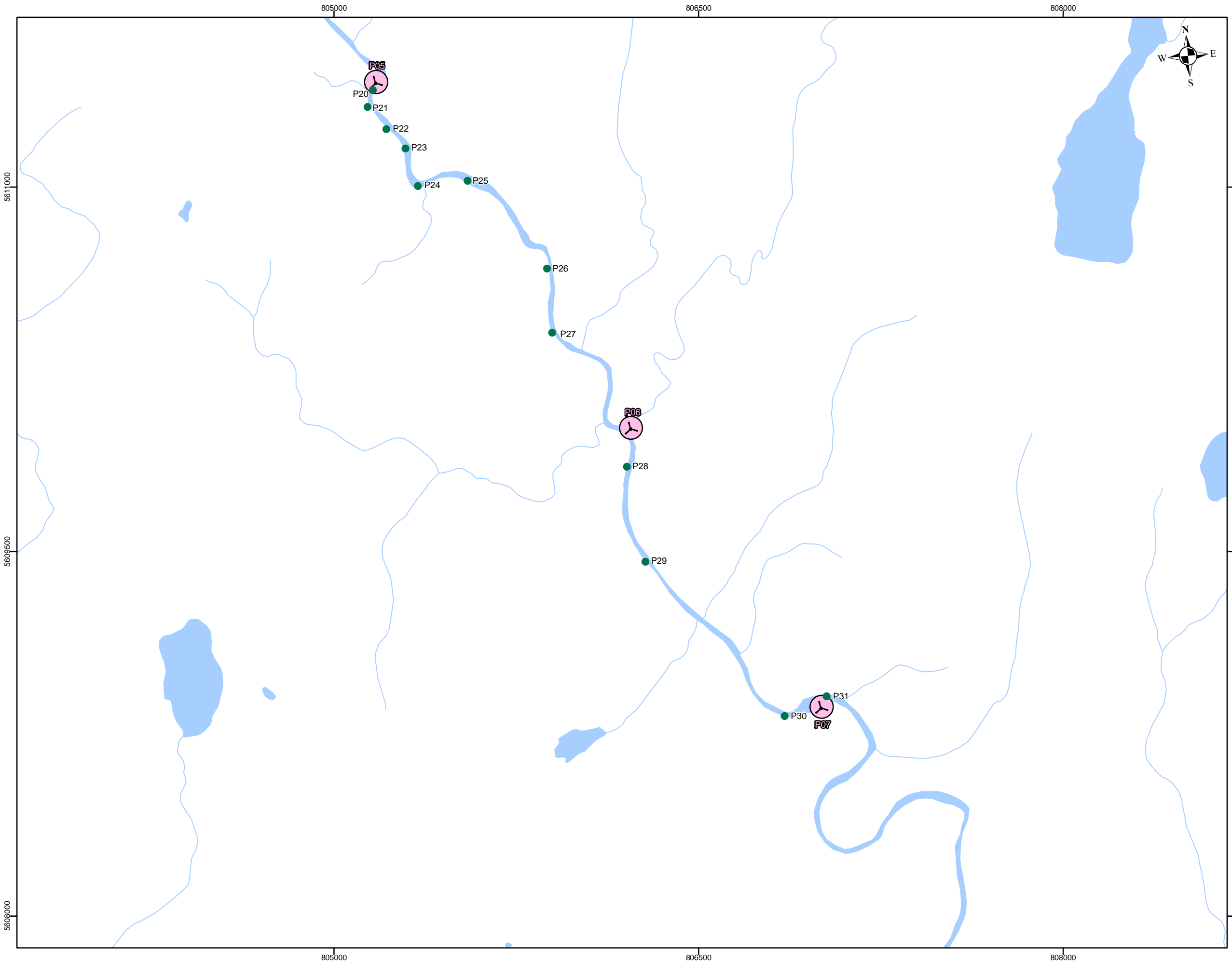
Carte 8

Réalisation : Groupe conseil Nutshimit-Nippour **Septembre 2017**



Légende

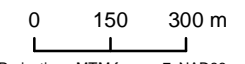
- Cours d'eau
- Étendu d'eau
- Réseau routier régional
- Site ensemencés en 2017
- Obstacle naturel
- Hélicopad



Rivière Pujalon - 2

Sources
 CanVec 1/50 000, RNCan, 2010
 BDGA 1/1 000 000, MRN Québec
 Inventaire, Uanan et WSP, 2017

Fichier : 17-0079_nn_CarteEnsemencement_001a014_170925.mxd



Projection : MTM fuseau 7, NAD83

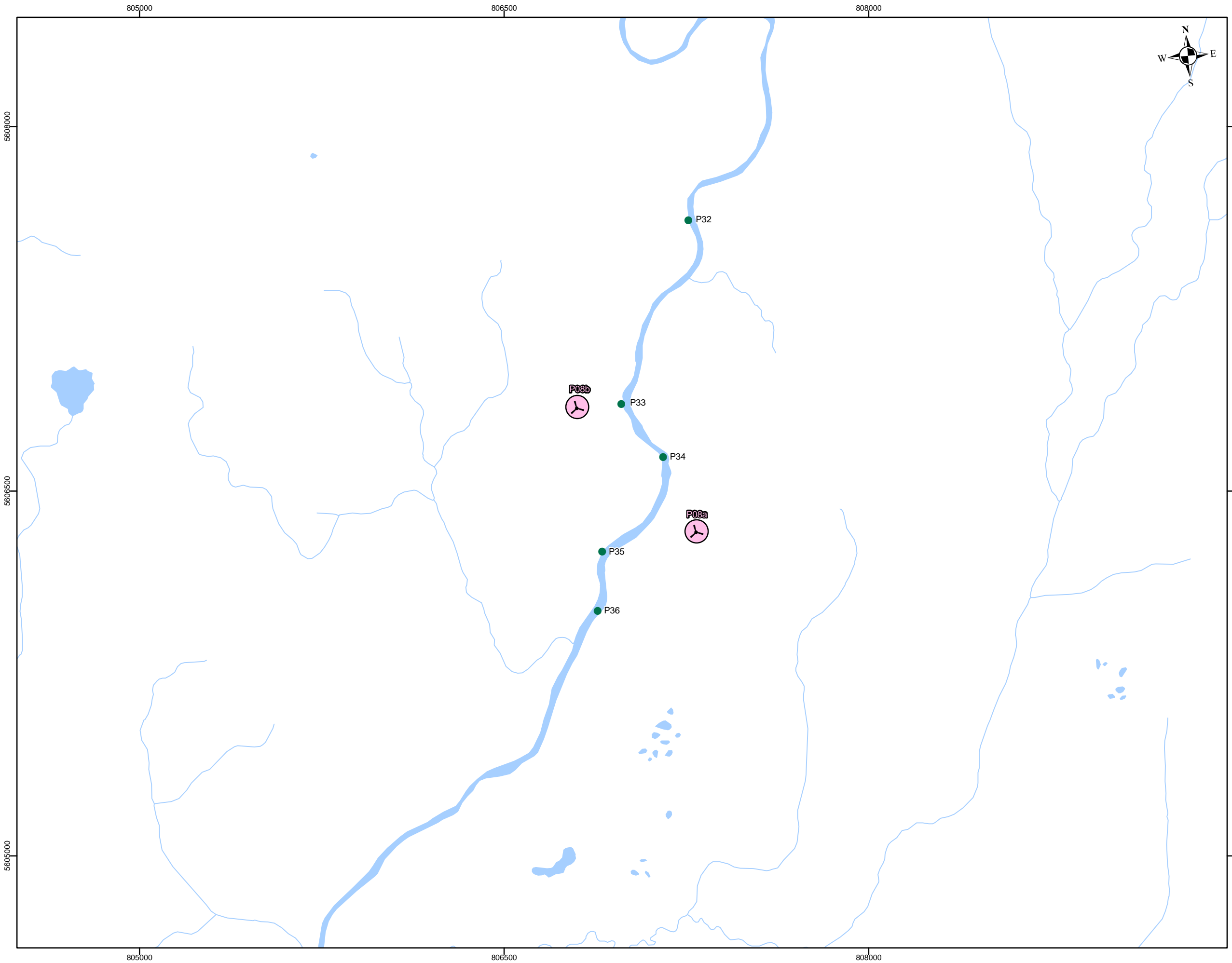
Carte 9

Réalisation : Groupe conseil Nutshimit-Nippour **Septembre 2017**



Légende

- Cours d'eau
- Étendu d'eau
- Réseau routier régional
- Site ensemencés en 2017
- Obstacle naturel
- Hélicpad



Programme d'ensemencement 2017 - SSRR

Rivière Puyalon - 3

Sources
 CanVec 1/50 000, RNCan, 2010
 BDGA 1/1 000 000, MRN Québec
 Inventaire, Uanan et WSP, 2017


Fichier : 17-0079_nn_CarteEnsemencement_001a014_170925.mxd

0 150 300 m

Projection : MTM fuseau 7, NAD83

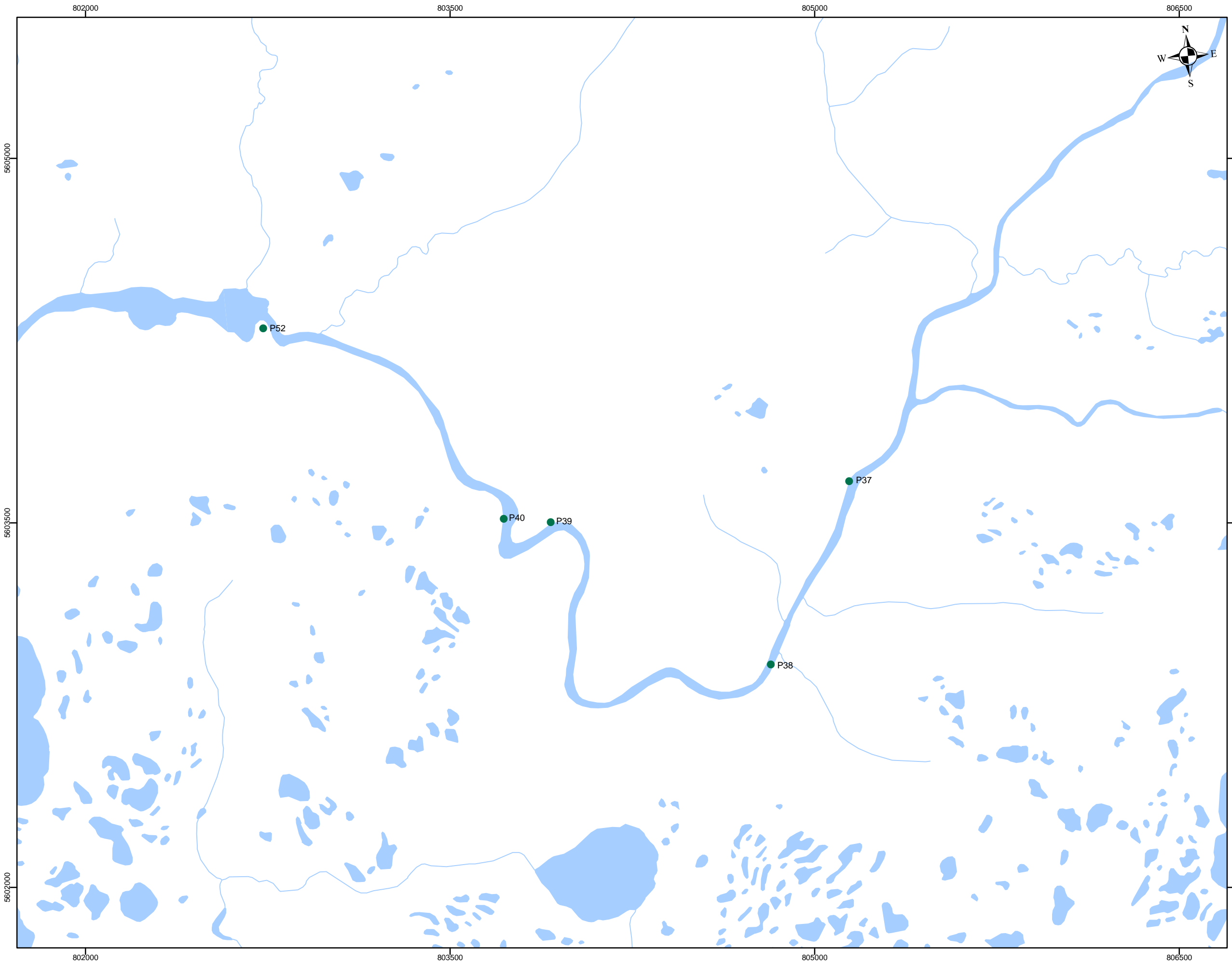
Carte 10

Réalisation : Groupe conseil Nutshimit-Nippour **Septembre 2017**




Légende

-  Cours d'eau
-  Étendu d'eau
-  Réseau routier régional
-  Site ensemencés en 2017
-  Obstacle naturel
-  Hélicoptère



Programme d'ensemencement 2017 - SSRR

Rivière Puyjalon - 4

Sources
 CanVec 1/50 000, RNCan, 2010
 BDGA 1/1 000 000, MRN Québec
 Inventaire, Uanan et WSP, 2017

Fichier : 17-0079_nn_CarteEnsemencement_001a014_170925.mxd

0 150 300 m

Projection : MTM fuseau 7, NAD83

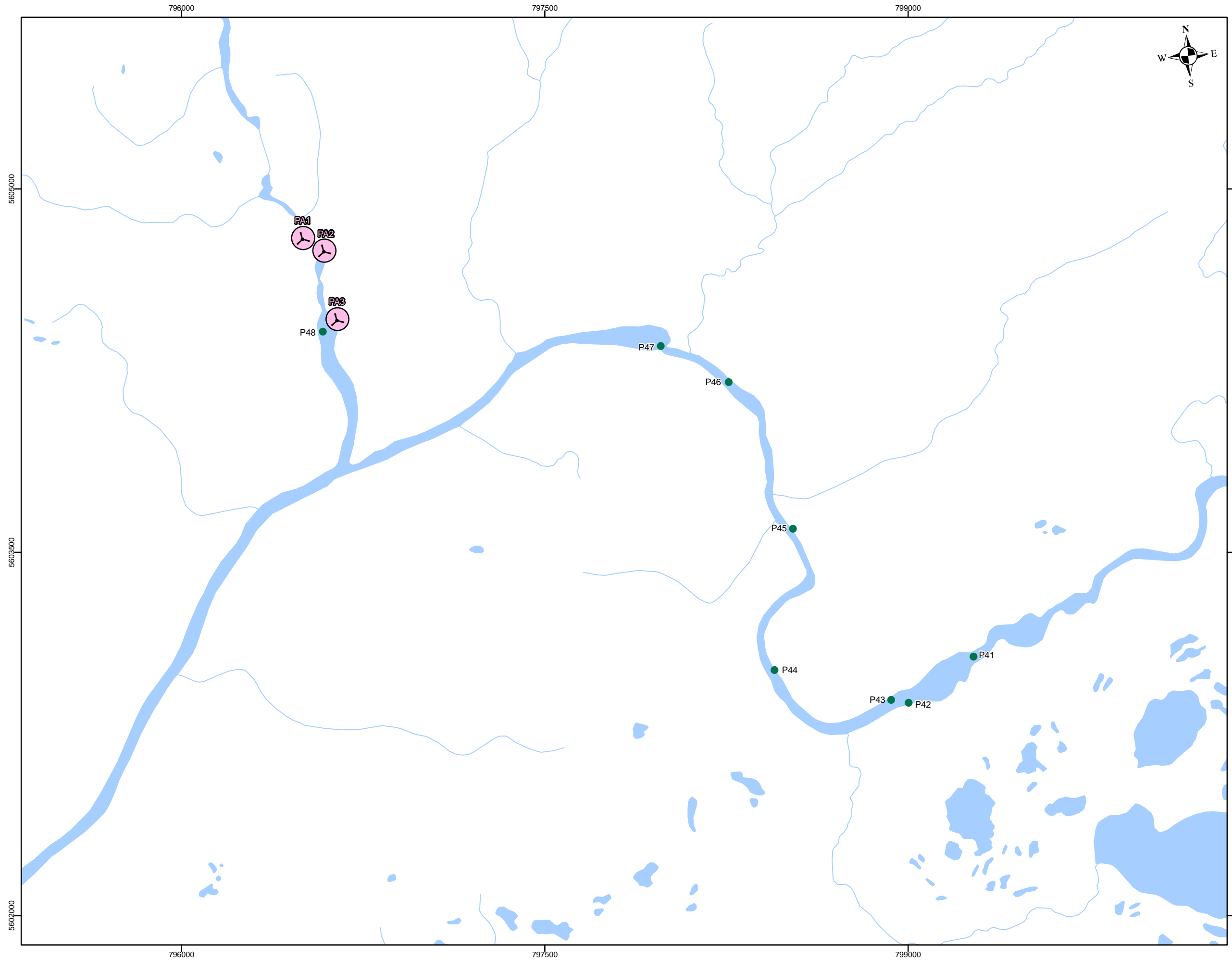
Carte 11

Réalisation : Groupe conseil Nutshimit-Nippour **Septembre 2017**



Légende

- Cours d'eau
- Étendu d'eau
- Réseau routier régional
- Site ensemencés en 2017
- Obstacle naturel
- Hélicopad



Programme d'ensemencement 2017 - SSRR

Rivière Puyjalon - 5

Sources
 CanVec 1/50 000, RNCan, 2010
 BDGA 1/1 000 000, MRN Québec
 Inventaire, Uanan et WSP, 2017


Fichier : 17-0079_nn_CarteEnsemencement_001a014_170925.mxd

0 150 300 m

Projection : MTM fuseau 7, NAD83

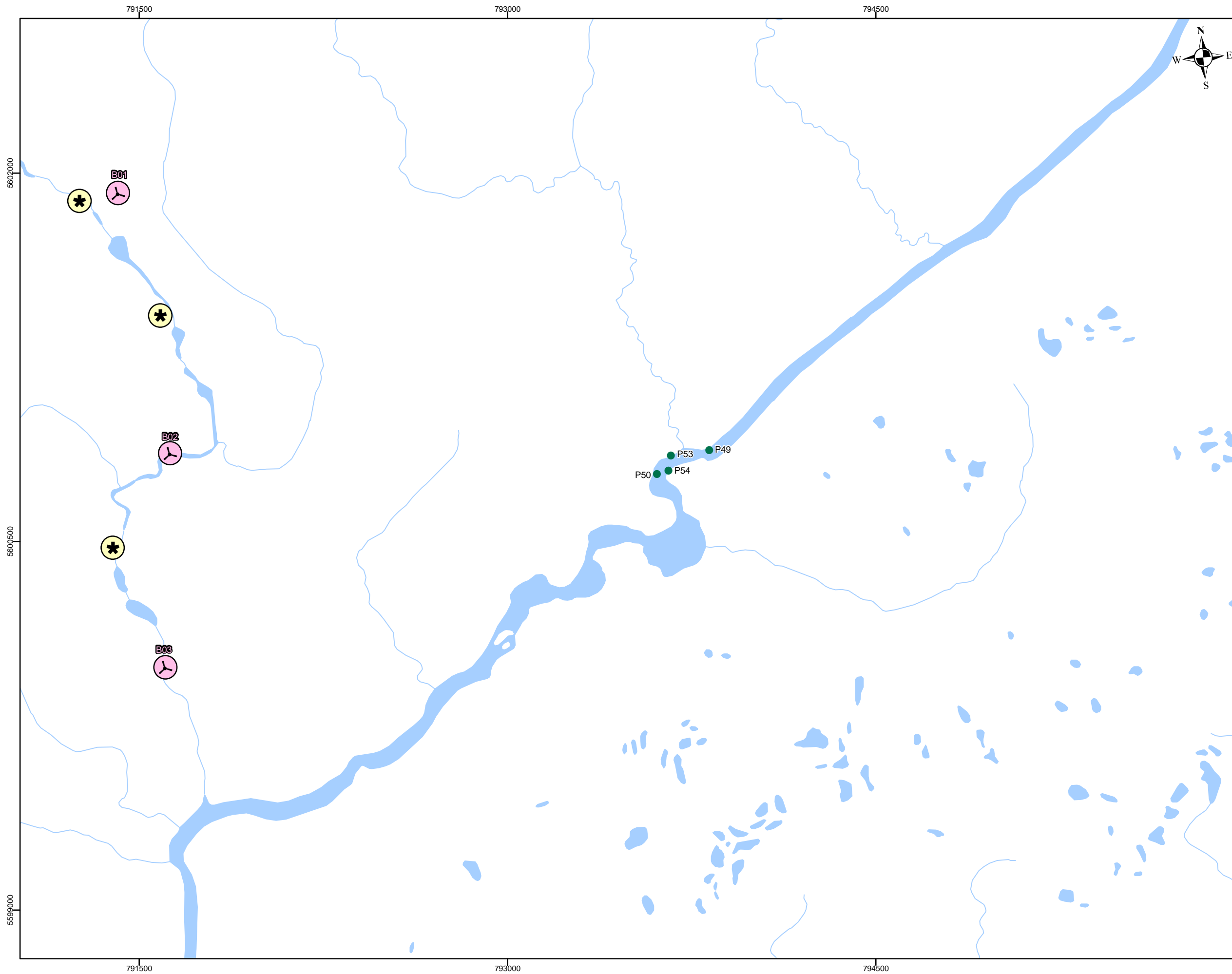
Carte 12

Réalisation : Groupe conseil Nutshimit-Nippour **Septembre 2017**




Légende

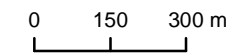
-  Cours d'eau
-  Étendu d'eau
-  Réseau routier régional
-  Site ensemencés en 2017
-  Obstacle naturel
-  Hélicopad



Rivière Puyjalon - 6

Sources
 CanVec 1/50 000, RNCan, 2010
 BDGA 1/1 000 000, MRN Québec
 Inventaire, Uanan et WSP, 2017

Fichier : 17-0079_nn_CarteEnsemencement_001a014_170925.mxd



Projection : MTM fuseau 7, NAD83

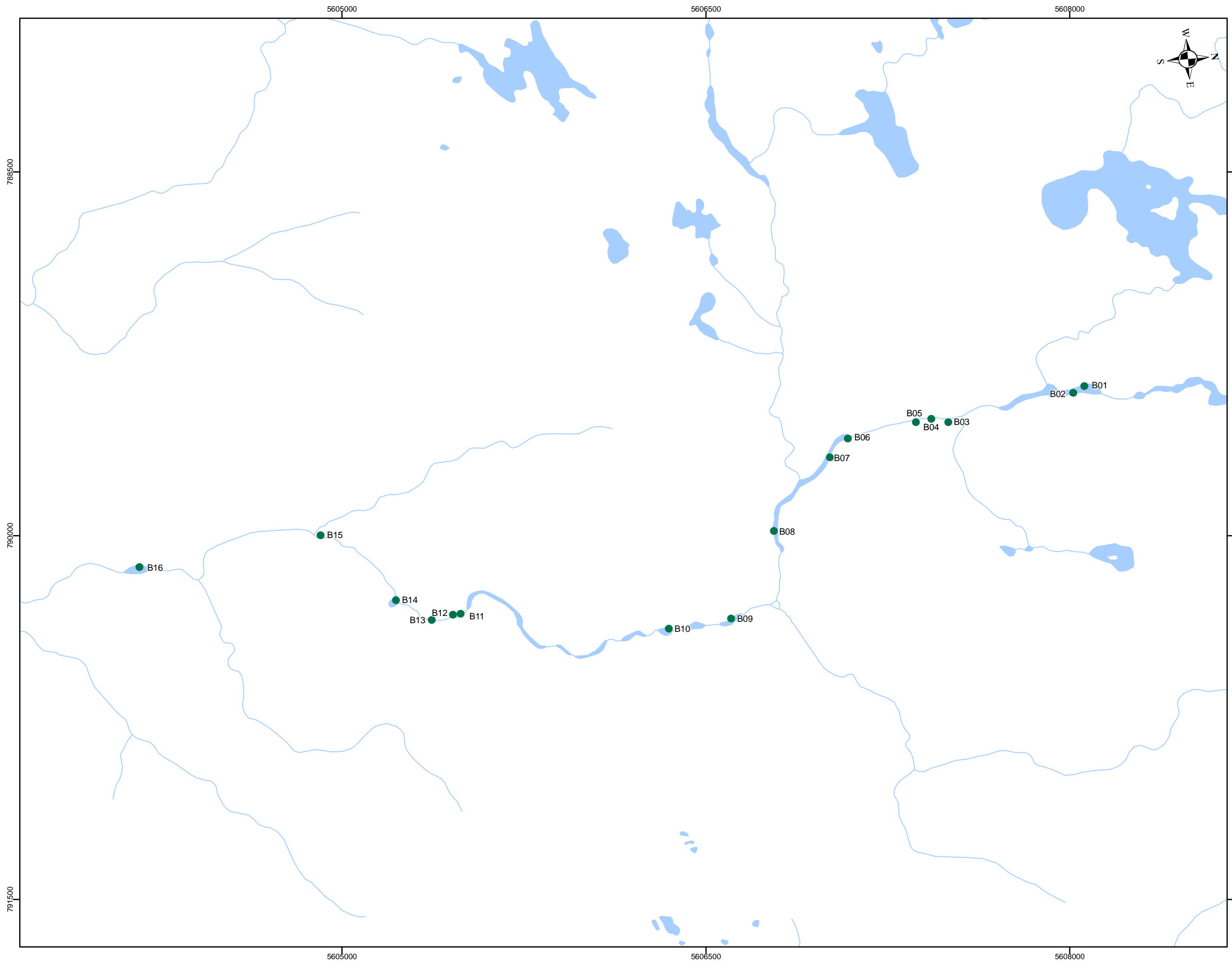
Carte 13

Réalisation : Groupe conseil Nutshimit-Nippour **Septembre 2017**



Légende

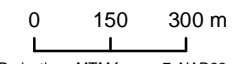
- Cours d'eau
- Étendu d'eau
- Réseau routier régional
- Site ensemencés en 2017
- Obstacle naturel
- Hélicpad



Rivière Bat-le-Diable - 1

Sources
 CanVec 1/50 000, RNCan, 2010
 BDGA 1/1 000 000, MRN Québec
 Inventaire, Uanan et WSP, 2017

Fichier : 17-0079_nn_CarteEnsemencement_001a014_170925.mxd



Projection : MTM fuseau 7, NAD83

Carte 14

Réalisation : Groupe conseil Nutshimit-Nippour **Septembre 2017**



Légende

- Cours d'eau
- Étendu d'eau
- Réseau routier régional
- Site ensemencés en 2017
- Obstacle naturel
- Hélicoptère

ANNEXE 14 Résultats détaillés de la caractérisation visuelle du substrat dans les habitats aménagés de la Romaine

Résultats détaillés de la caractérisation visuelle du substrat dans les habitats aménagés de la Romaine

Site (PK et habitat aménagé)	Date	Station		Recouvrement de sable (%)					Type de recouvrement				Remarques		
		Identifiant	Superficie de la parcelle (m ²)	Épaisseur de sable (mm)	Continu	Intersiticielle	Crête longitudinale	Crête transversale	Piaquage irrégulier	Propre					
PK 49 - Élevage (amont)	16-Nov-2017	Al-01	360,7	0	0	0								X	
PK 49 - Élevage (amont)	16-Nov-2017	Al-02	302,4	10	5	2			X						
PK 49 - Élevage (amont)	16-Nov-2017	Al-03	426,7	5	2	4			X						
PK 49 - Élevage (amont)	16-Nov-2017	Al-05	301,2	5	4	0			X						
PK 49 - Élevage (amont)	16-Nov-2017	Al-05	225,0	0	0	0								X	
PK 49 - Élevage (amont)	16-Nov-2017	Al-04	200,4	0	0	0								X	
PK 49 - Élevage (amont)	16-Nov-2017	Al-07	122,1	10	5	0			X						
PK 49 - Élevage (amont)	16-Nov-2017	Al-08	224,8	0	0	0								X	
PK 49 - Élevage (amont)	16-Nov-2017	Al-09	225,0	5	5	0			X						
PK 49 - Élevage (amont)	16-Nov-2017	Al-10	169,2	10	3	0			X						
PK 49 - Élevage (amont)	16-Nov-2017	Al-13	188,5	0	0	0								X	
PK 49 - Élevage (amont)	16-Nov-2017	Al-12	225,0	5	2	0			X						
PK 49 - Élevage (amont)	16-Nov-2017	Al-11	246,1	5	5	0			X						
PK 49 - Élevage (amont)	16-Nov-2017	Al-14	180,9	0	0	0								X	
PK 49 - Élevage (amont)	16-Nov-2017	Al-15	225,0	0	0	0								X	
PK 49 - Élevage (amont)	16-Nov-2017	Al-16	238,5	0	0	0								X	
PK 49 - Élevage (amont)	16-Nov-2017	Al-18	278,3	0	0	0								X	
PK 49 - Élevage (amont)	16-Nov-2017	Al-17	263,3	0	0	0								X	
PK 49 - Élevage (amont)	16-Nov-2017	Al-19	186,0	0	0	0								X	
PK 49 - Élevage (amont)	16-Nov-2017	Al-20	225,0	0	0	0								X	
PK 49 - Élevage (amont)	16-Nov-2017	Al-21	146,0	0	0	0								X	
PK 49 - Élevage (amont)	16-Nov-2017	Al-23	185,7	0	0	0								X	
PK 49 - Élevage (amont)	16-Nov-2017	Al-22	276,2	10	5	2			X				X		Mélange des deux types
PK 49 - Élevage (amont)	16-Nov-2017	Al-24	151,8	5	2	0			X						
PK 49 - Frayère	16-Nov-2017	F-11	93,2	20	5	0			X						
PK 49 - Frayère	16-Nov-2017	F-12	129,2	15	10	0			X						
PK 49 - Frayère	16-Nov-2017	F-15	233,9	10	5	0			X						
PK 49 - Frayère	16-Nov-2017	F-14	225,0	25	10	0							X		
PK 49 - Frayère	16-Nov-2017	F-13	154,2	25	3	0			X						
PK 49 - Frayère	16-Nov-2017	F-16	162,8	15	3	0			X						
PK 49 - Frayère	16-Nov-2017	F-17	225,0	15	3	0			X						
PK 49 - Frayère	16-Nov-2017	F-18	225,0	10	3	0			X						Collé sur un nid
PK 49 - Frayère	16-Nov-2017	F-19	150,2	15	3	0			X						
PK 49 - Frayère	16-Nov-2017	F-23	213,6	15	5	0			X						
PK 49 - Frayère	16-Nov-2017	F-22	225,0	15	10	0			X						
PK 49 - Frayère	16-Nov-2017	F-21	225,0	15	15	0							X		
PK 49 - Frayère	16-Nov-2017	F-20	160,2	10	3	0			X						
PK 49 - Frayère	16-Nov-2017	F-24	156,9	15	5	0			X						
PK 49 - Frayère	16-Nov-2017	F-25	225,0	15	3	0			X						
PK 49 - Frayère	16-Nov-2017	F-26	225,0	10	5	0			X						
PK 49 - Frayère	16-Nov-2017	F-27	252,1	5	3	0			X				X		Mélange des deux types
PK 49 - Frayère	16-Nov-2017	F-31	271,6	5	5	0			X						
PK 49 - Frayère	16-Nov-2017	F-30	225,0	10	5	0			X						
PK 49 - Frayère	16-Nov-2017	F-29	225,0	20	10	0			X						
PK 49 - Frayère	16-Nov-2017	F-28	167,2	5	2	0			X						
PK 49 - Frayère	16-Nov-2017	F-32	212,7	10	3	0			X						
PK 49 - Frayère	16-Nov-2017	F-33	147,6	15	5	0			X						
PK 49 - Frayère	16-Nov-2017	F-34	169,1	10	5	0			X						

Résultats détaillés de la caractérisation visuelle du substrat dans les habitats aménagés de la Romaine (suite)

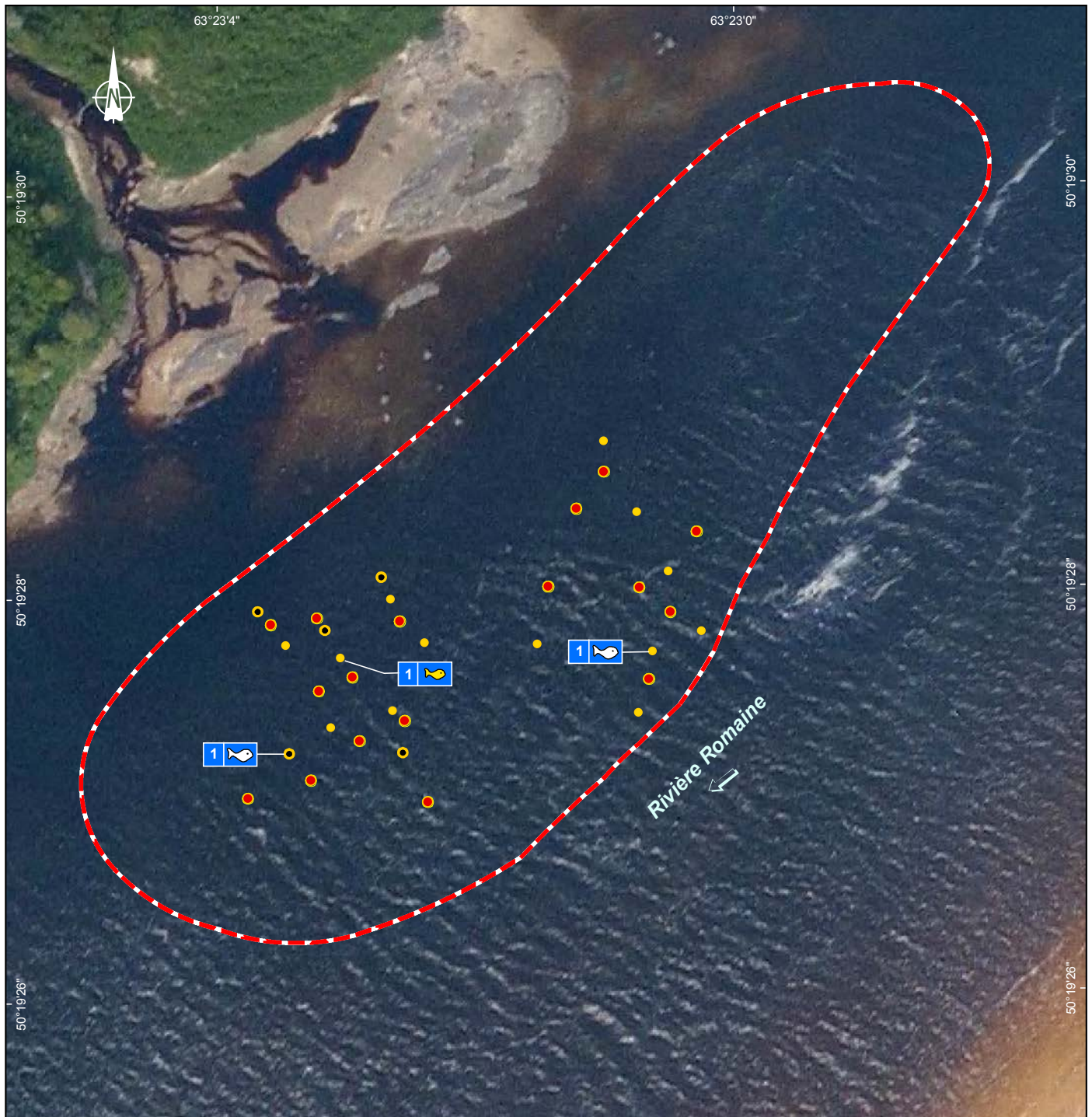
Site (PK et habitat aménagé)	Date	Station		Recouvrement de sable (%)				Type de recouvrement				Remarques	
		Identifiant	Superficie de la parcelle (m ²)	Épaisseur de sable (mm)	Continu	Intersiticial	Crête longitudinale	Crête transversale	Piaquage irrégulier	Propre			
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-28	219,3	10						x			
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-29	225,0	20								x	
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-30	162,8	10								x	
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-33	139,0	15								x	
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-32	225,0	30								x	
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-31	224,6	4						x			Crête longitudinale derrière bloc
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-43	247,8	4						x			Alevin vu, rien détecté avec antenne
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-34	197,4	0									
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-35	225,0	8								x	
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-36	296,4	25								x	
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-38	267,2	4						x			
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-44	296,8	0									
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-39	329,2	0									
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-40	256,8	0									
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-41	133,8	0									
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-42	146,3	65			x						
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-15	87,3	20								x	
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-18	135,7	10								x	
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-17	227,2	60			x						
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-16	285,0	70			x						
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-19	204,8	10						x			
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-20	225,0	40								x	
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-21	225,0	5								x	
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-22	150,8	60								x	
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-26	192,1	5						x			
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-25	225,0	5						x			
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-24	225,0	15						x			
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-23	254,6	40								x	
PK 51 - Élevage	16-Nov-2017	Al-27	268,0	10						x			
PK 51 - Frayère	16-Nov-2017	F-11	130,9	80								x	
PK 51 - Frayère	16-Nov-2017	F-12	190,5	10								x	
PK 51 - Frayère	16-Nov-2017	F-14	214,4	5								x	
PK 51 - Frayère	16-Nov-2017	F-16	239,9	5								x	
PK 51 - Frayère	16-Nov-2017	F-18	136,1	2								x	
PK 51 - Frayère	16-Nov-2017	F-13	137,3	2								x	
PK 51 - Frayère	16-Nov-2017	F-15	157,9	2								x	
PK 51 - Frayère	16-Nov-2017	F-17	204,6	2								x	
PK 51 - Frayère	16-Nov-2017	F-19	128,0	x									Pas fait car trop risqué

ANNEXE 15 Résultats détaillés du décompte de nids dans les frayères du cours principal de la Romaine et dans la Puyjalon et ses tributaires

Rivière - Frayère	Date du décompte	Identifiant du point	Nombre de nids	Nombre de balayages	Nids fouillés (fouille normale)		Nids fouillés (fouille profonde)		Saumons observés						Remarques	
					Sans oeufs	Avec oeufs	Sans oeufs	Avec oeufs	Saumons adultes				Saumons juvéniles			
									Maleineau	Sexe indéterminé	Mâle	Femelle	Alevin	Tacon		
Romaine - PK 34,5	2017-11-12	N1	1		1		1									Présence d'œufs de COCL
Romaine - PK 34,5	2017-11-12	N2	1	1												
Romaine - PK 34,5	2017-11-12	N3	1													
Romaine - PK 34,5	2017-11-12	N4	1	1												
Romaine - PK 34,5	2017-11-12	N5	1	1	1		1									
Romaine - PK 34,5	2017-11-12	N6	1	1												
Romaine - PK 34,5	2017-11-12	N7	1		1		1									
Romaine - PK 34,5	2017-11-12	N8	1	1	1		1									Présence d'œufs de COCL
Romaine - PK 34,5	2017-11-12	N9	1	1												
Romaine - PK 34,5	2017-11-12	N10	1													
Romaine - PK 34,5	2017-11-12	N11	1													
Romaine - PK 34,5	2017-11-12	N12	1	1	1		1						1			
Romaine - PK 34,5	2017-11-12	N13	1													
Romaine - PK 34,5	2017-11-12	N14	1													
Romaine - PK 34,5	2017-11-12	N15	1	1												
Romaine - PK 34,5	2017-11-12	N16	1		1		1									
Romaine - PK 34,5	2017-11-12	N17	1													
Romaine - PK 34,5	2017-11-12	N18	1													Présence d'œufs de COCL
Romaine - PK 34,5	2017-11-12	N19	1													
Romaine - PK 34,5	2017-11-12	N20	1		1		1									
Romaine - PK 34,5	2017-11-12	N21	1													
Romaine - PK 34,5	2017-11-12	N22	1													
Romaine - PK 34,5	2017-11-12	N23	1													
Romaine - PK 34,5	2017-11-13	N24	1													
Romaine - PK 34,5	2017-11-13	N25	1		1		1									Présence d'œufs de COCL; oeuf collecté
Romaine - PK 34,5	2017-11-13	N26	1	1	1		1									
Romaine - PK 34,5	2017-11-13	N27	1		1		1									Nid sur argile
Romaine - PK 34,5	2017-11-13	N28	1													Nid sur argile
Romaine - PK 34,5	2017-11-13	N29	1	1												Nid sur argile
Romaine - PK 34,5	2017-11-13	N30	1		1		1									
Romaine - PK 34,5	2017-11-13	N31	1	1												Nid sur argile
Romaine - PK 34,5	2017-11-13	N32	1	6	1		1									Nid sur argile
Romaine - PK 34,5	2017-11-13	N33	1	1												
Romaine - PK 34,5	2017-11-13	N34	1		1		1									
Romaine - PK 34,5	2017-11-13	N35	1	4												
Romaine - PK 46,2	2017-11-07	N1	1		1		1									
Romaine - PK 46,2	2017-11-07	N2	1													
Romaine - PK 46,2	2017-11-07	N3	1		1											
Romaine - PK 46,2	2017-11-07	N4	1													
Romaine - PK 46,2	2017-11-07	N5	1		1		1									
Romaine - PK 46,2	2017-11-07	N6	1													
Romaine - PK 46,2	2017-11-07	N7	1													
Romaine - PK 46,2	2017-11-07	N8	1													
Romaine - PK 46,2	2017-11-07	N9	1													1
Romaine - PK 46,2	2017-11-07	N10-A	1		1		1									
Romaine - PK 46,2	2017-11-07	N10-B	1													Point GPS N10 compte pour 2 nids individuels (ce n'est pas un pool de 2 nids)
Romaine - PK 46,2	2017-11-07	N11	1													
Romaine - PK 46,2	2017-11-07	N12	1													1
Romaine - PK 46,2	2017-11-07	N13	1													
Romaine - PK 46,2	2017-11-07	N14	1													
Romaine - PK 46,2	2017-11-08	N15	1	1	1		1									1 Tacon 2+
Romaine - PK 46,2	2017-11-08	N16	1													
Romaine - PK 46,2	2017-11-08	N17	1	1	1											1 Tacon 2+ et SASAO, oeufs collectés pour microbiote (RO-001)
Romaine - PK 46,2	2017-11-08	N18	1													3 2 tacons 1+ et 1 tacon 2+
Romaine - PK 46,2	2017-11-08	N19	1	1												1 Oeufs collectés pour microbiote (RO-002)
Romaine - PK 46,2	2017-11-08	N20	1													Femelle gravide
Romaine - PK 46,2	2017-11-08	N21	1													Oeufs collectés pour microbiote (RO-003)
Romaine - PK 46,2	2017-11-08	N22	1													
Romaine - PK 46,2	2017-11-08	N23	1		1		1									
Romaine - PK 46,2	2017-11-08	N24	1													
Romaine - PK 46,2	2017-11-08	N25	1		1											
Romaine - PK 46,2	2017-11-08	N26	1													Nid localisé à 1.5 m en aval du TT de l'ilot A
Romaine - PK 46,2	2017-11-08	N27	1													Nid localisé à 1.5 m en aval du TT de l'ilot A

Rivière - Frayère	Date du décompte	Identifiant du point	Nombre de nids	Nombre de balayages	Nids fouillés (fouille normale)		Nids fouillés (fouille profonde)		Saumons observés						Remarques	
					Sans oeufs	Avec oeufs	Sans oeufs	Avec oeufs	Saumons adultes				Saumons juvéniles			
									Maleineau	Sexe indéterminé	Mâle	Femelle	Alevin	Tacon		
Romaine - PK 48,9	2017-11-16	ind.	1	2												Lors du suivi visuel de la granulométrie
Romaine - PK 49	2017-11-07	N1	1	1	1		1									
Romaine - PK 49	2017-11-07	N2	3													
Romaine - PK 49	2017-11-07	N3	3	1	1	1	1									
Romaine - PK 49	2017-11-07	N4	1	1		1										
Romaine - PK 49	2017-11-07	N5	1													SAFO présent pour tout le reste de la plongée souvent sur les nids avec œufs
Romaine - PK 49	2017-11-07	N6	1		1											
Romaine - PK 49	2017-11-07	N7	1													
Romaine - PK 49	2017-11-07	N8	1		1		1									
Romaine - PK 49	2017-11-07	N9	2				1									
Romaine - PK 49	2017-11-07	N10	1													
Romaine - PK 49	2017-11-07	N11	1		1		1									
Romaine - PK 49	2017-11-07	N12	2				1								1	
Romaine - PK 49	2017-11-07	N13	1				1									
Romaine - PK 49	2017-11-07	N14	1													
Romaine - PK 49	2017-11-07	N15	1		1		1									
Romaine - PK 49	2017-11-07	N16	1													
Romaine - PK 49	2017-11-07	N17	2		1		1									
Romaine - PK 49	2017-11-16	ind.	1													Lors du suivi visuel de la granulométrie
Romaine - PK 51	2017-11-16	ind.	4													Lors du suivi visuel de la granulométrie
Puyjalon	2017-11-14	P-2 vers P-4	53				1				1					Les nids sont toujours situés en plein dans la venne de courant, impossible de s'y arrêter et de fouiller. Échantillons d'œufs prélevés (microbiotes) à PU-019 (4 œufs 12:00).
Puyjalon	2017-11-15	P-1 vers P-2	25								7					Nids situés dans la venne de courant, impossible de s'y arrêter et de fouiller.
Puyjalon	2017-11-15	P-4 vers P-6	0													
Bat-le-Diable	2017-11-01	Frayère #1 (entre île et pad #2)	3				1								2	5 Nids de grosses SAFO
Bat-le-Diable	2017-11-01	Site #2 (entre pad 2 et 3)	0													Quelques nids de SAFO
Allard	2017-10-31	Amont (#1)	7				3				1				3	Les nids commencent à être laminés et sont difficile à interpréter. Échantillons d'œufs prélevés (microbiotes) à PU-011 (10 œufs 13h35) et à PU-012 (16 œufs 14h00).
Allard	2017-10-31	Centre (#2)	0								1				1	
Allard	2017-11-01	Aval (#3)	0													Plusieurs nids de petites SAFO
Romaine - PK 34,5	Sous-total		35	22	13	5	13	0	0	2	0	0	1	0		
Romaine - PK 46,2	Sous-total		28	3	8	4	4	4	2	4	3	1	1	8		
Romaine - PK 48,9	Sous-total		1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Romaine - PK 49	Sous-total		25	3	7	5	5	2	0	0	0	0	0	1		
Romaine - PK 51	Sous-total		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Puyjalon	Sous-total		78	0	0	1	0	0	0	8	0	0	0	0		
Bat-le-Diable	Sous-total		3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2		
Allard	Sous-total		7	0	0	3	0	0	2	0	0	1	0	4		
Romaine (naturelles)	Sous-total		64	27	21	9	17	4	2	6	3	1	2	8		
Romaine (aménagées)	Sous-total		29	3	7	5	5	2	0	0	0	0	0	1		
Romaine (total)	Sous-total		93	30	28	14	22	6	2	6	3	1	2	9		
Tributaires	Sous-total		88	0	0	5	0	0	2	8	0	1	0	6		
Bassin versant	Total		181	30	28	19	22	6	4	14	3	2	2	15		

ANNEXE 16 Répartition des nids de saumon inventoriés sur le cours principal de la Romaine en 2017



Frayère

Nids de saumon
Maximum de 1 nid fouillé par site

- 2** Nombre de nids par site (lorsque >1)
- Nid non fouillé
- Nid fouillé avec œufs
- Nid fouillé sans œuf

Saumons observés

- Saumon adulte
- Saumon juvénile

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 2017
en phase exploitation
Suivi de la population de saumon atlantique

**Répartition des nids de saumon
au PK 34,5 de la Romaine**

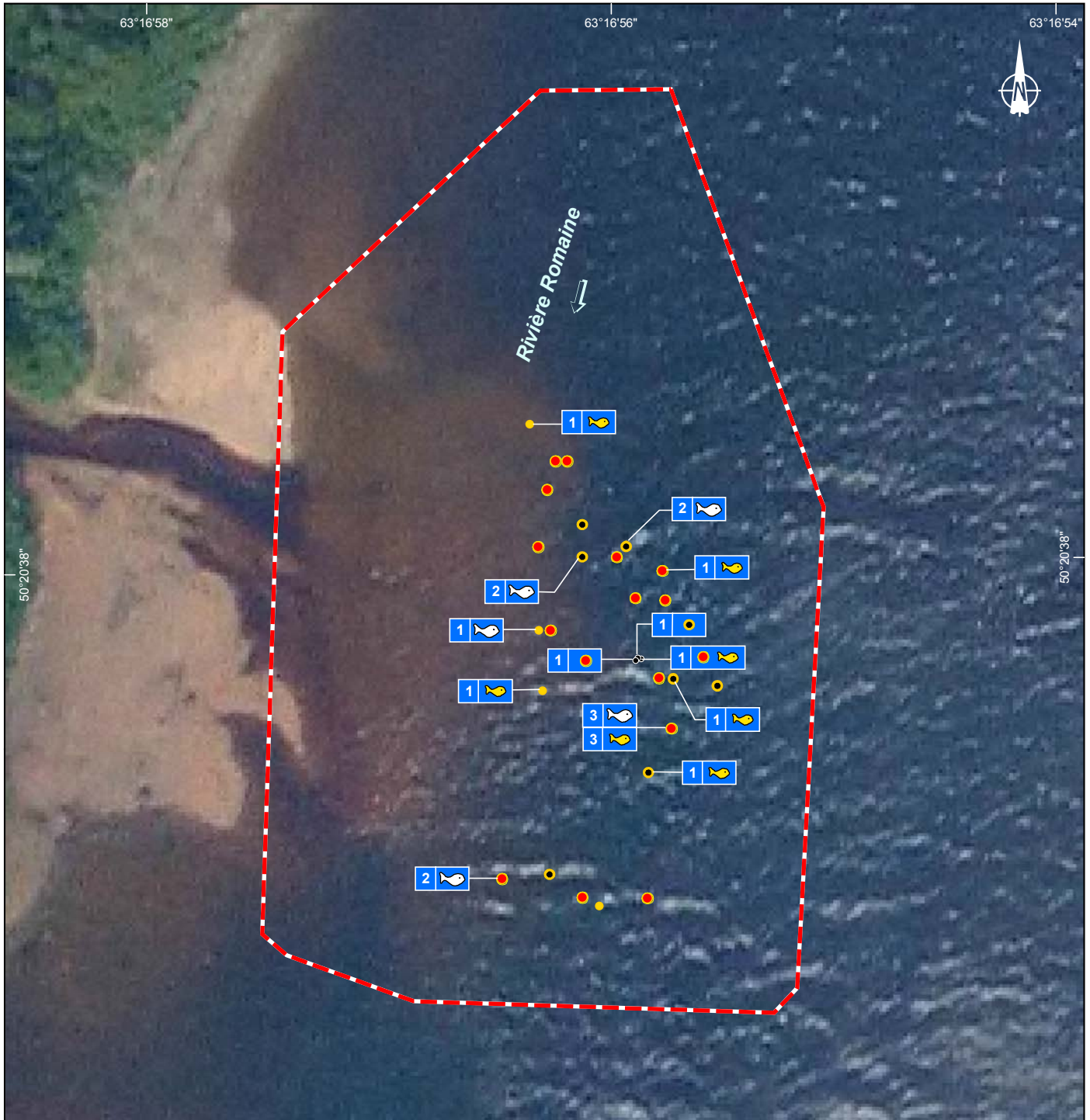
Sources :
Orthophoto, résolution 30 cm, Hydro-Québec, 2004
Inventaires et cartographie : WSP, 2017
Fichier : 0344_sucA16_1_geq_1513_sp34_180911.mxd

0 9 18 m
MTM, fuseau 5, NAD83

Carte A16-1

Septembre 2018





Frayère

Nids de saumon
Maximum de 1 nid fouillé par site



2 Nombre de nids par site (lorsque >1)
● Nid non fouillé
● Nid fouillé avec œufs
● Nid fouillé sans œuf

Saumons observés



▲ Saumon adulte
▲ Saumon juvénile



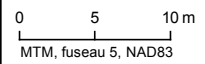
Autre
← Sens de l'écoulement

« 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 2017
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, 2017
Fichier : 0344_sucA16_2_geq_1512_sp46_180911.mxd



Septembre 2018

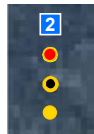
Carte A16-2





Frayère

Nids de saumon
Maximum de 1 nid fouillé par site



Nombre de nids par site (lorsque >1)
Nid non fouillé
Nid fouillé avec œufs
Nid fouillé sans œuf

Saumons observés



Saumon adulte
Saumon juvénile



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 2017
en phase exploitation
Suivi de la population de saumon atlantique

**Répartition des nids de saumon
au PK 48,9 de la Romaine**

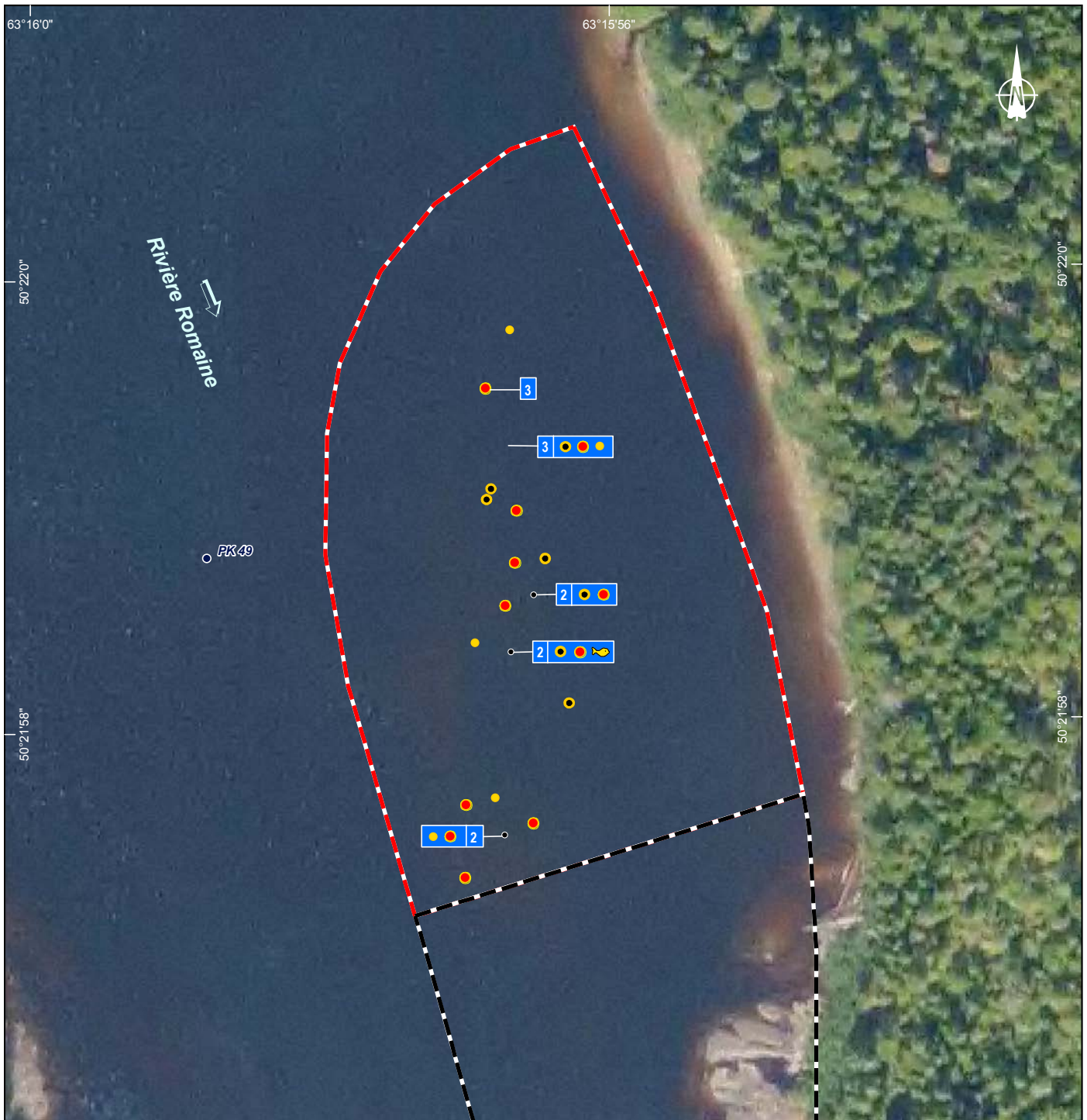
Sources :
Orthophoto, résolution 30 cm, Hydro-Québec, 2004
Inventaires et cartographie : WSP, 2017
Fichier : 0344_sucA16_3_geq_1511_sp48_9_180911.mxd

0 10 20 m
MTM, fuseau 5, NAD83

Carte A16-3

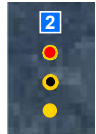
Septembre 2018





Frayère

Nids de saumon
Maximum de 1 nid fouillé par site



Nombre de nids par site (lorsque >1)
Nid non fouillé
Nid fouillé avec œufs
Nid fouillé sans œuf

Saumons observés



Saumon adulte
Saumon juvénile



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 2017
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, 2017
Fichier : 0344_sucA16_4_geq_1509_sp49_180911.mxd

0 8 16 m
MTM, fuseau 5, NAD83

Carte A16-4

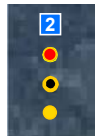
Septembre 2018





Frayère

Nids de saumon
Maximum de 1 nid fouillé par site



Nombre de nids par site (lorsque >1)
Nid non fouillé
Nid fouillé avec œufs
Nid fouillé sans œuf

Saumons observés



Saumon adulte
Saumon juvénile



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 2017
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, 2017
Fichier : 0344_sucA16_5_geq_1510_sp51_180911.mxd

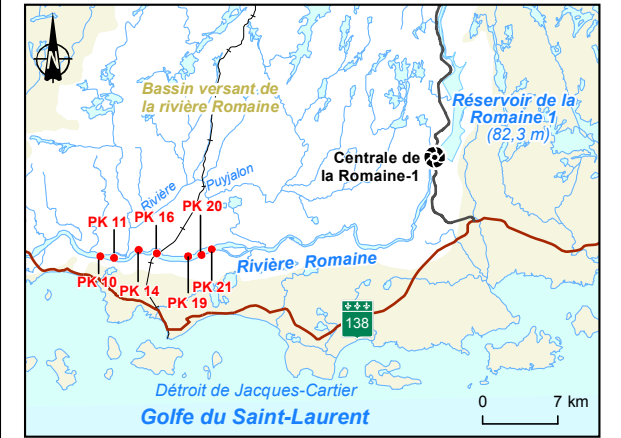
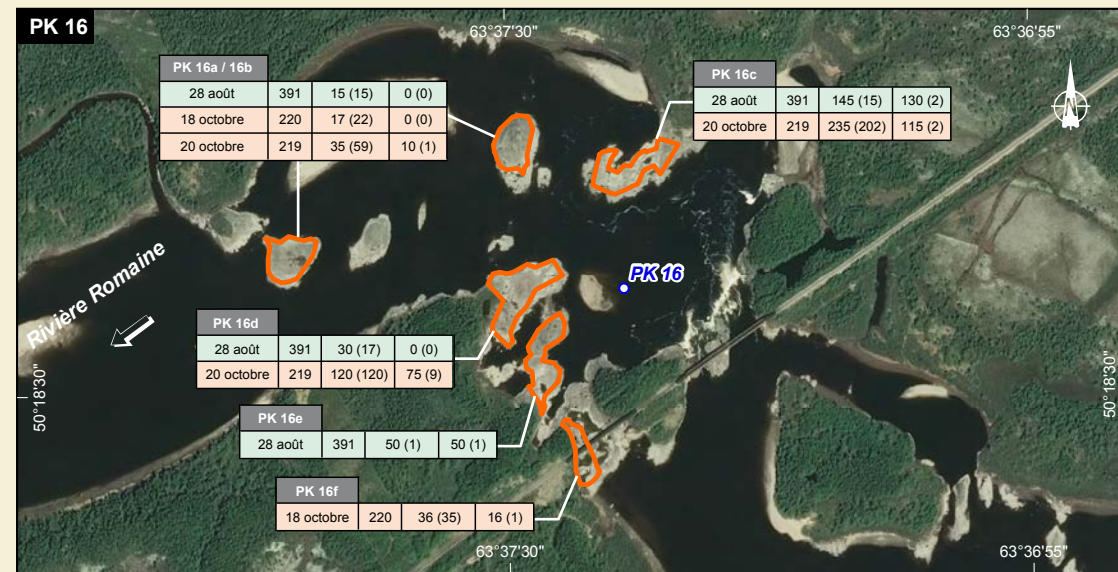
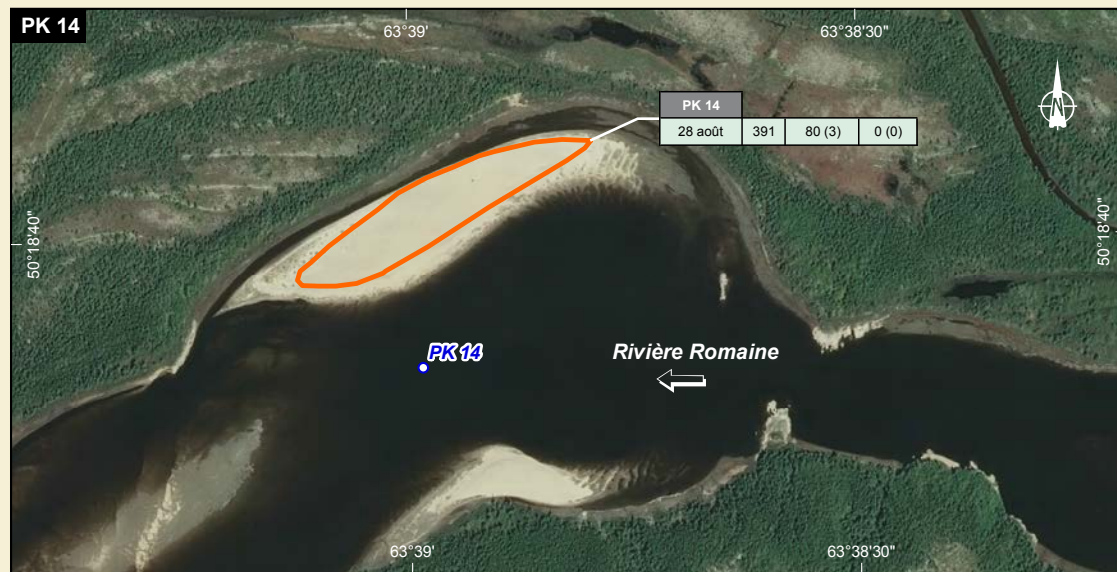
0 5 10 m
MTM, fuseau 5, NAD83

Carte A16-5

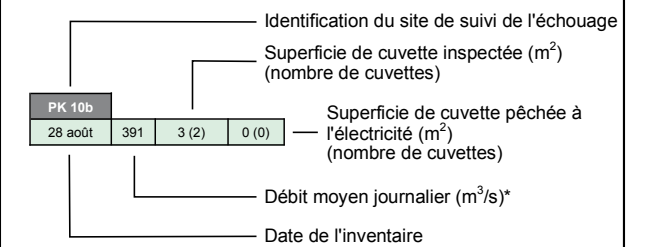
Septembre 2018



ANNEXE 17 Sites de suivi de l'échouage des saumons juvéniles en 2017 et superficies inventoriées



Site de suivi de l'échouage visité en 2017



Août Identification de la période
 Octobre de laquelle les inventaires ont été effectué

Autres

PK 36 Point kilométrique de rivière
 Sens de l'écoulement

* Le débit moyen journalier est basé sur les données de la station ROMA0692 (PK 16) (sites en aval des chutes à Charlie) ou de la station ROMA0944 (PK 46) (sites en amont des chutes à Charlie)

Complexe de la Romaine
Suivi environnemental 2017 en phase exploitation
Suivi de la population de saumon atlantique

**Sites de suivi de l'échouage
des saumons juvéniles et
superficies inventoriées en 2017**

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

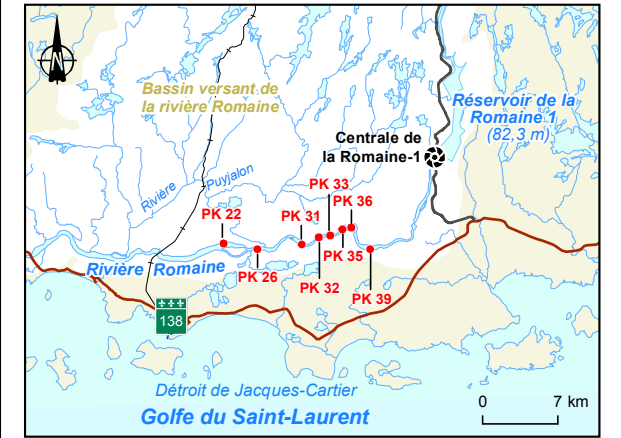
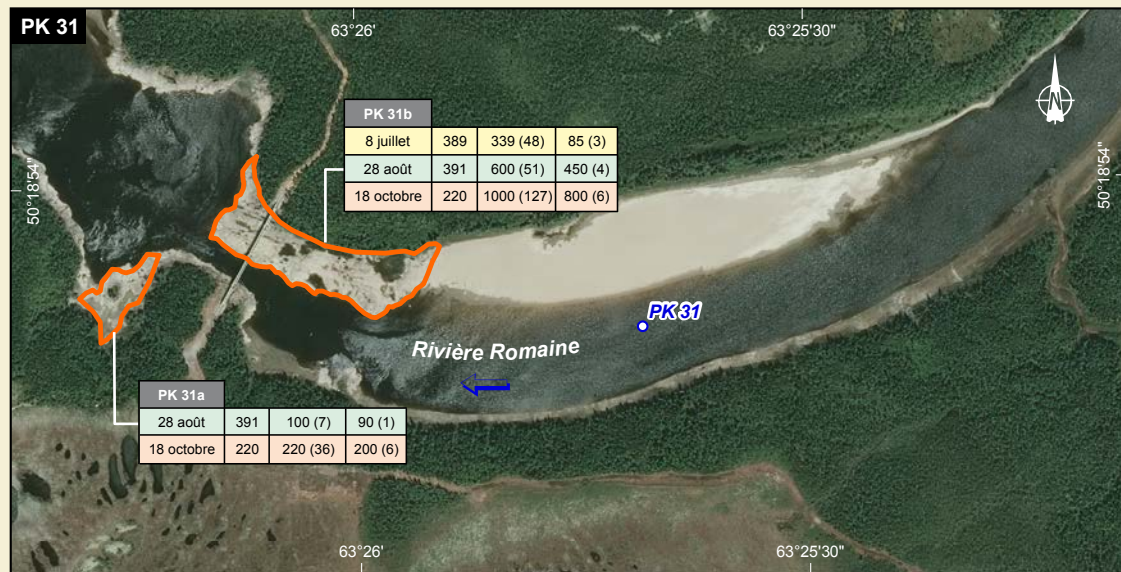
Inventaires : WSP, 2017
Cartographie : WSP, 2018
Fichier : 0344_sucA17_1_geq_1494_sp_pk10_20_180911.mxd

0 100 200 m
MTM, fuseau 5, NAD83

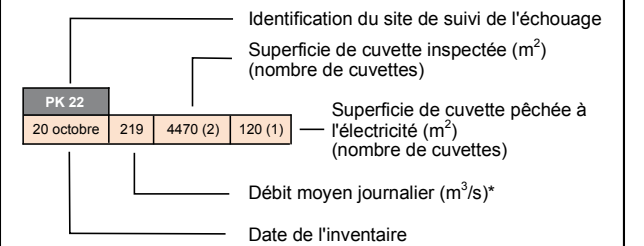
Septembre 2018

Carte A17-1





- Site de suivi de l'échouage visité en 2017
- Site de suivi de l'échouage non visité en 2017 (2016 seulement)



- Juillet
 - Août
 - Octobre
- Identification de la période lors de laquelle les inventaires ont été effectués

Autres

- PK 36 Point kilométrique de rivière
- Sens de l'écoulement

* Le débit moyen journalier est basé sur les données de la station ROMA0692 (PK 16) (sites en aval des chutes à Charlie) ou de la station ROMA0944 (PK 46) (sites en amont des chutes à Charlie)

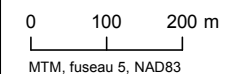
** Incluant une cuvette partiellement isolée qui abritait 15 alevins de saumon

Complexe de la Romaine
Suivi environnemental 2017 en phase exploitation
Suivi de la population de saumon atlantique

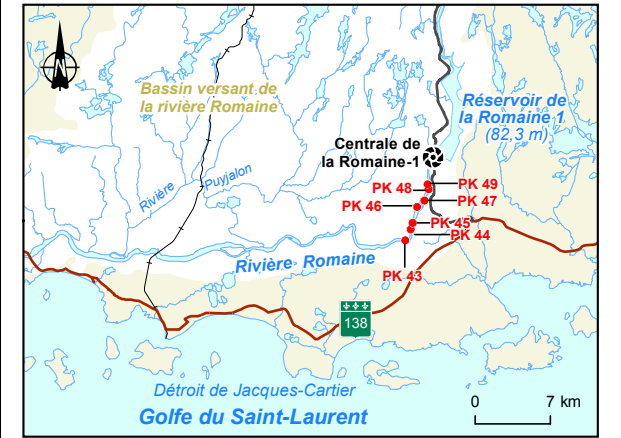
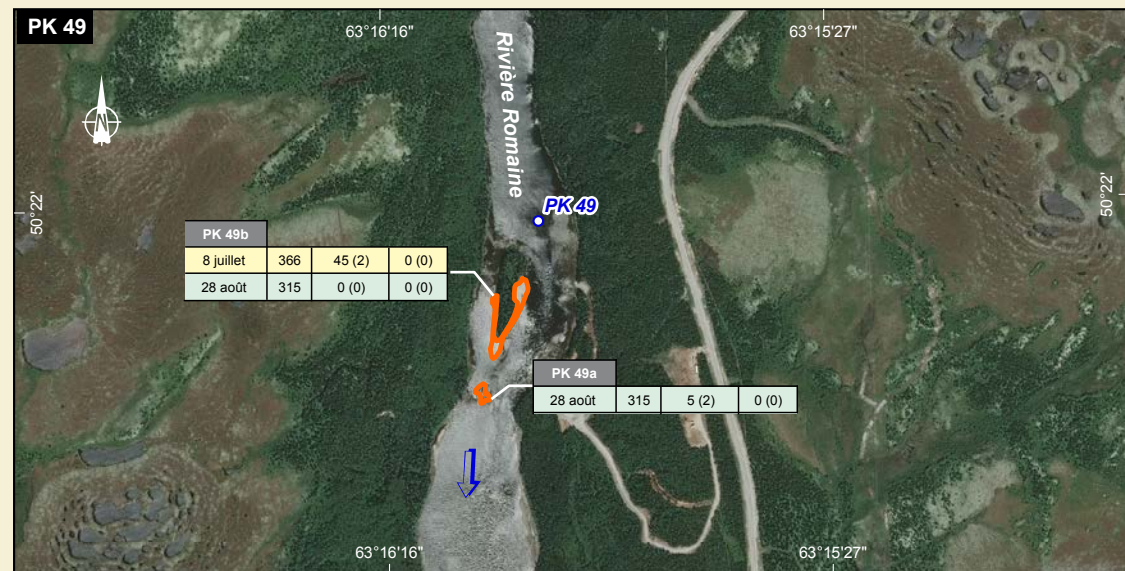
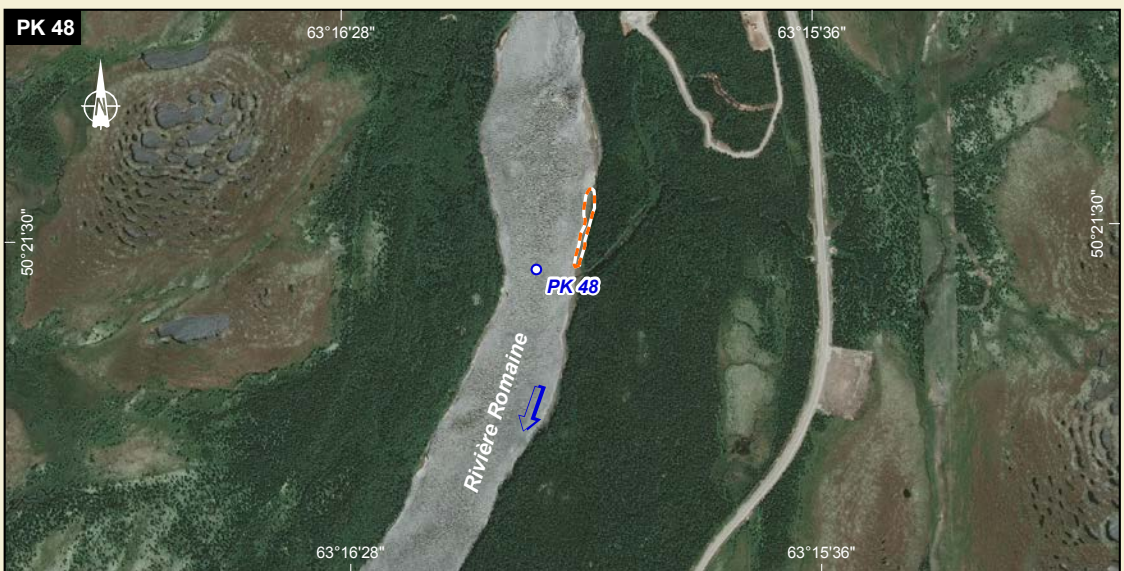
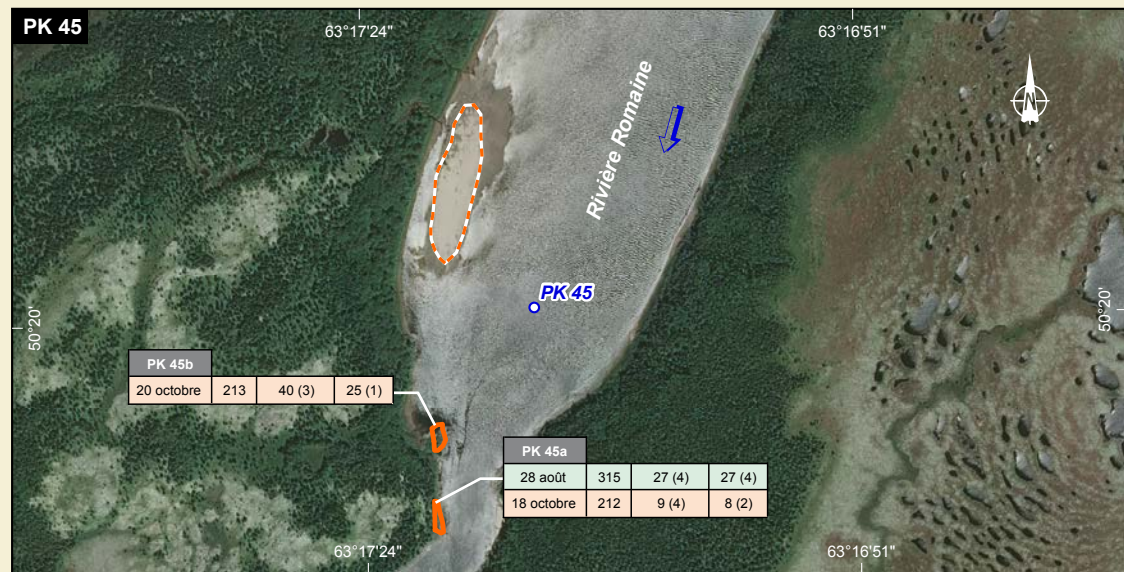
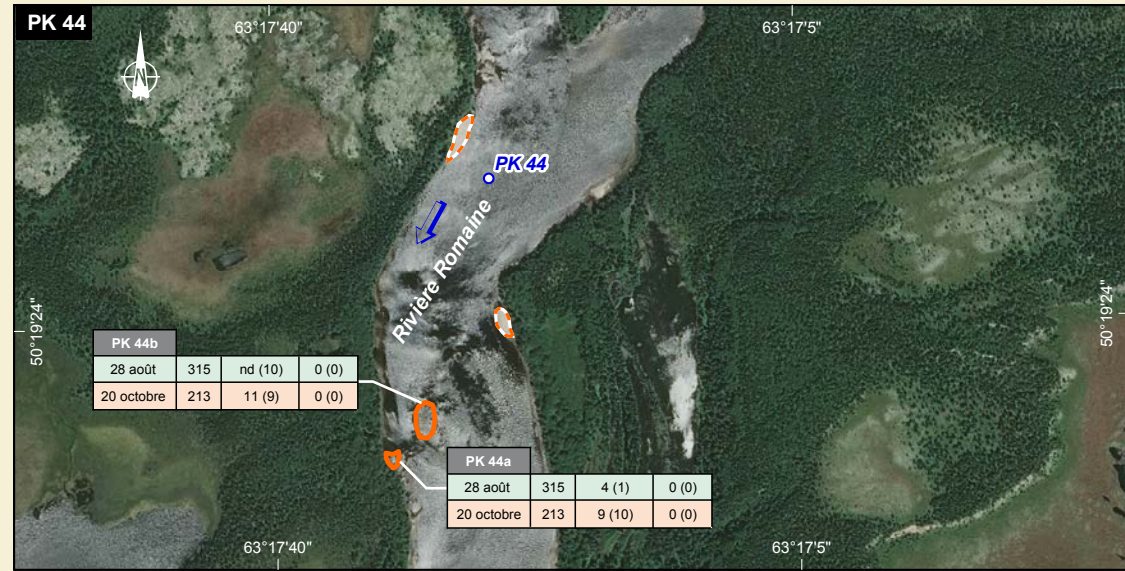
Sites de suivi de l'échouage
des saumons juvéniles et
superficies inventoriées en 2017

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

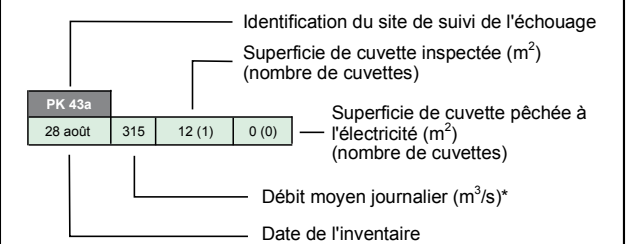
Inventaires : WSP, 2017
Cartographie : WSP, 2018
Fichier : 0344_sucA17_2_geq_1495_sp_pk22_39_180911.mxd



MTM, fuseau 5, NAD83



- Site de suivi de l'échouage visité en 2017
- Site de suivi de l'échouage non visité en 2017 (2016 seulement)



- Juillet
 - Août
 - Octobre
- Identification de la période lors de laquelle les inventaires ont été effectués

Autres

- PK 48 Point kilométrique de rivière
- ← Sens de l'écoulement

* Le débit moyen journalier est basé sur les données de la station ROMA0692 (PK 16) (sites en aval des chutes à Charlie) ou de la station ROMA0944 (PK 46) (sites en amont des chutes à Charlie)

**Complexe de la Romaine
Suivi environnemental 2017 en phase exploitation
Suivi de la population de saumon atlantique**

**Sites de suivi de l'échouage
des saumons juvéniles et
superficies inventoriées en 2017**

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

Inventaires : WSP, 2017
Cartographie : WSP, 2018
Fichier : 0344_suca17_3_geq_1496_sp_pk43_49_180911.mxd

0 100 200 m
MTM, fuseau 5, NAD83

Septembre 2018

Carte A17-3



ANNEXE 18 Résultats détaillés de l'inventaire des poissons échoués le long du cours principal de la Romaine en 2017

Date	Site	Débit moyen journalier (m ³ /s)		Cuvettes inspectées ¹		Cuvettes pêchées (pêche électrique)			Nombre de poissons aperçus selon l'espèce ou le stade de développement							Notes particulières		
		PK 16 (ROMA0692)	PK 46 (ROMA0944)	Superficie (m ²) ²	Nombre de cuvettes ²	Superficie (m ²) ²	Nombre de cuvettes ²	Temps de pêche électrique (sec)	Saumon atlantique (Salmo salar) SASA Alevin	Saumon atlantique (Salmo salar) SASA Tacon	Ouitouche (Semotilus corporalis) SECO	Épinoche à trois épines (Gasterosteus aculeatus) GAAC	Épinoche à neuf épines (Pungitius pungitius) PUPU	Meunier noir (Catostomus commersonii) CACO	Meunier rouge (Catostomus catostomus) CACA		Meunier sp. (Catostomus sp.) Alevin CATO sp. ³	Alevin non identifié
2017-07-08	31b	389		339	48	85	3	570	3			1	8	7				4
2017-07-08	49b		366	45	2													
2017-07-08	46		366	2	1													
2017-08-28	49b		315															
2017-08-28	49a		315	5	2													
2017-08-28	46		315	2	1													
2017-08-28	45a		315	27	4	27	4	161									80	
2017-08-28	43a		315	12	1												100	
2017-08-28	44a		315	4	1												650	
2017-08-28	44b		315	ND	10												30	
2017-08-28	35b	391		16	2												40	
2017-08-28	35a	391		230	20													
2017-08-28	33b	391		50	19												10	1
2017-08-28	32b	391		50	6	24	1	236									250	1
2017-08-28	31b	391		600	51	450	4	639	1		1		2			600		5
2017-08-28	10a	391		16	17							1						6
2017-08-28	11b	391		ND	95													
2017-08-28	10b	391		3	2													
2017-08-28	14	391		80	3													
2017-08-28	16a / 16b	391		15	15													
2017-08-28	16d	391		30	17													
2017-08-28	16c	391		145	15	130	2	378	2		2							7
2017-08-28	16e	391		50	1	50	1	88										8
2017-08-28	20	391															3	9
2017-08-28	31a	391		100	7	90	1	415			3	1						
2017-08-28	33a	391		250	25	100	4	460								1	1025	10
2017-10-18	35a	220		53	22	25	1	166										
2017-10-18	32b	220		70	47	56	5	604			6	8	10					
2017-10-18	31a	220		220	36	200	6	672			2	5	11					
2017-10-18	33a	220		162	83	140	14	1726			4	9	2					
2017-10-18	16a / 16b	220		17	22													11
2017-10-18	16f	220		36	35	16	1	131										
2017-10-18	31b	220		1000	127	800	6	2137				2		13			1	
2017-10-18	32a	220		15	43													
2017-10-18	45a		212	9	4	8	2	51										
2017-10-20	44a		213	9	10													
2017-10-20	44b		213	11	9													
2017-10-20	35b	219		45	63													
2017-10-20	10a	219		20	58						1							
2017-10-20	16a / 16b	219		35	59	10	1	61										
2017-10-20	16d	219		120	120	75	9	489			5		5					
2017-10-20	16c	219		235	202	115	2	489	1		1							
2017-10-20	11a	219		69	39	40	1	240										
2017-10-20	19a	219		64	23					2			3					
2017-10-20	19b	219		50	44	25	1	216			1		6					
2017-10-20	21	219		12	18													
2017-10-20	22	219		4470	2	120	1	334			4		6					12
2017-10-20	26a	219		5	8													
2017-10-20	26b	219		8	5													
2017-10-20	26c	219		8	12													
2017-10-20	43b		213															
2017-10-20	43c		213	24	17	12	1	158										
2017-10-20	45b		213	40	3	25	1	164			1							

1 Les totaux présentés incluent les superficies pêchées.

2 La superficie présentée est approximative et vise à donner un ordre de grandeur.

3 En raison du grand nombre d'alevins de meuniers dans certaines cuvettes, le nombre d'alevins de meuniers a parfois été estimé.

4 Alevin de saumon mort conservé pour analyse génétique (identifiant R6000).

5 L'alevin non identifié ressemblait à un alevin de saumon, mais il s'est caché sous des roches et il a été impossible de le localiser et de le capturer pour valider l'identification.

6 Site avec un bon potentiel d'habitat pour les saumons juvéniles. Plusieurs grande cuvettes sont présentes. La profondeur des cuvettes contribue à favoriser leur survie (70 cm par endroit). L'alevin de saumon capturé n'a pas survécu au choc.

7 Les captures ont été faites dans la plus grosse cuvette. Cette dernière avait une profondeur de 80 cm et offrait beaucoup d'abris (grosses roches). Elle est presque au même niveau que la rivière mais est isolée de peu. Une entaille dans le roc en amont et en aval permettrait la libre circulation du poisson.

La seconde cuvette pêchée recelait autant d'abris et avait une profondeur max de 45 cm.

8 Cuvette sur le point d'être isolée complètement de la rivière. Profondeur maximale de 60 cm, mais aucun poisson observé.

9 Grand banc de sable inspecté à pied.

10 15 alevins de saumon additionnels ont été observés dans unedes cuvettes, mais ceux-ci ont été exclus du total puisque la cuvette n'était que partiellement isolée (circulation d'eau à travers le substrat grossier).

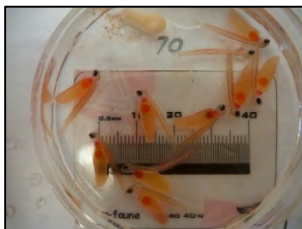
11 Deux autres cuvettes ont été pêchées sur ce site, mais celles-ci étaient situées au-dessus du niveau d'eau atteint à 400m³/s. Les données relatives à ces sites sont ici exclues.

12 Cuvette trop grande pour être entièrement pêchée. Environ 1/30^{ième} de la superficie a été pêchée.

ANNEXE 19 Évaluation de la survie des embryons de saumon – Protocole de fraie 2016

Suivi environnemental 2016 au complexe de la Romaine

Évaluation de la survie des embryons de saumon



Protocole de fraie 2016

Au LARSA, la directrice des opérations responsable pour l'approvisionnement en œufs est Émilie Proulx (418-656-3329; Emilie.Proulx@bio.ulaval.ca). Elle est assistée du chargé de projet Jean-Christophe Therrien (418-656-2131 # 6705 ; JC.Therrien@ibis.ulaval.ca).

Au Havre-Saint-Pierre, la personne contact pour la pisciculture est Marie-Philip Leclerc de Uanan (cell : 418-297-3797 ; mpleclerc14@gmail.com).

Le plan de reproduction vise 12 familles, soit le double de 2012, c'est-à-dire l'utilisation de 4 femelles et 3 mâles (Annexe A).

Fraie au LARSA

La semaine de la fécondation, les produits sexuels sont prélevés le mardi. La fécondation sera réalisée le mercredi. Ensuite, les œufs fécondés seront transportés par avion de Québec au Havre-saint-Pierre (arrivée à 14h30), puis en camion jusqu'à la pisciculture du SSRR. C'est là que WSP récupérera les œufs. L'annexe B présente les 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. Toutes les procédures devront suivre ces guides.

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 capsules 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 :

- Ilot X:** Nid 1 : 6 capsules : F1A, F1B, F1C, F2A, F2B et F2C.
Nid 2 : 6 capsules : F3A, F3B, F3C, F4A, F4B et F4C.

Ce patron est répété 3 fois (3 îlots) par frayère, pour les 4 frayères (PK 34, PK 46, PK 49 et PK 51).

Transport

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. Disposer les capsules 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, 48 heures au maximum pourront s'être écoulées.

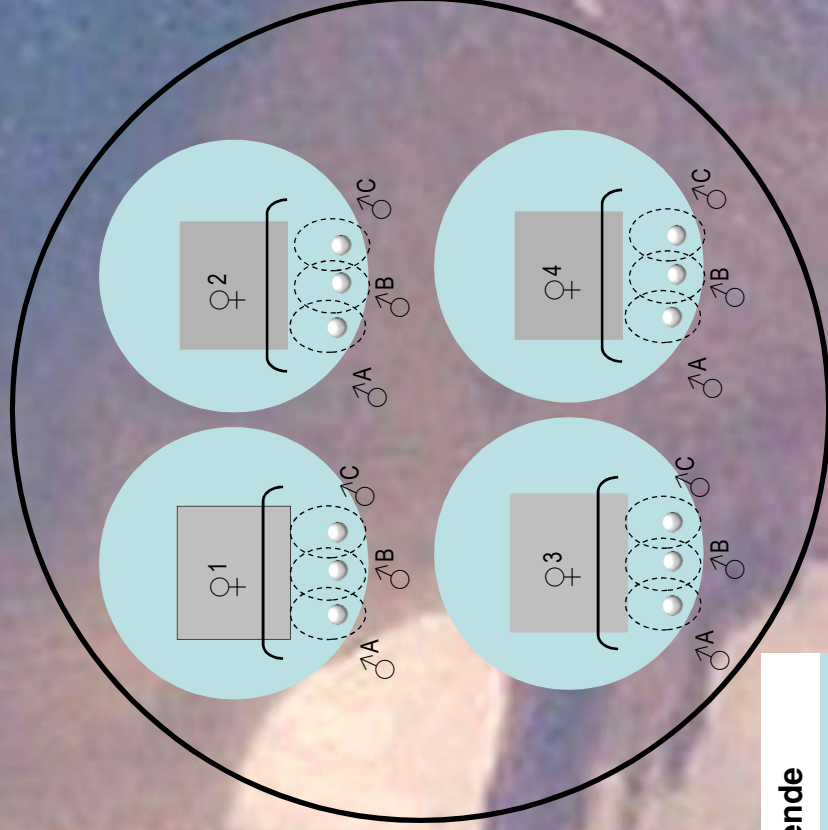
Un autre transport se fera entre l'hôtel et la rivière ou l'aéroport (hélico pour la frayère du PK 34).

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 que vous laisserez à l'extérieur pour la nuit. Le matin de votre départ pour l'insertion des capsules, commencez 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, utiliser des bouteilles remplies d'eau gelée et non directement de la glace. Lors que la température de l'eau de la glacière aura atteint la température recherchée, y déposer les capsules. Suite à cette augmentation, continuer d'augmenter la température graduellement a raison de 2 °C par heure. L'implantation en rivière peut être faite lorsque la température a un écart de 1 °C ou moins.

Annexe A
Plan expérimental

Plan expérimental par frayère



Plan expérimental

4 femelles (1-4) par îlot

3 mâles par femelle (A,B,C)

12 familles (F1A, F1B, F1C, F2A,F2B, F2C, F3A, F3B, F3C, F4A, F4B, F4C) par îlot

6 familles par support

3 îlots par frayère

4 frayères

4 ♀ x 3 ♂ = 12 capsule

x 3 îlots x 4 frayères x 12 œufs

= 1728 œufs

Légende



Îlot



Nid



Cube



Capsule



Femelle



Mâle

« Groupe témoin » au LARSA :

3 femelles

Groupe témoin au labo du Dr

Derome

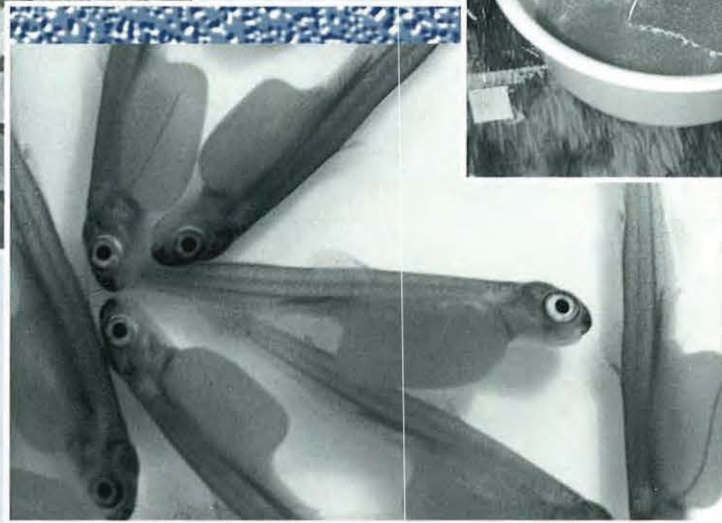
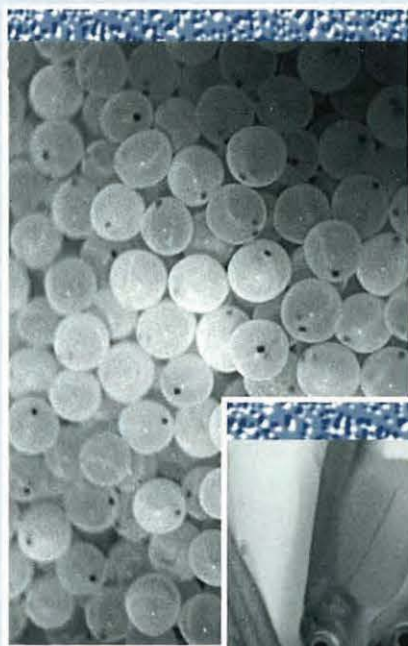
Annexe B
Guides MAPAQ (1996)
Extraits des Fascicules 3 et 9

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.

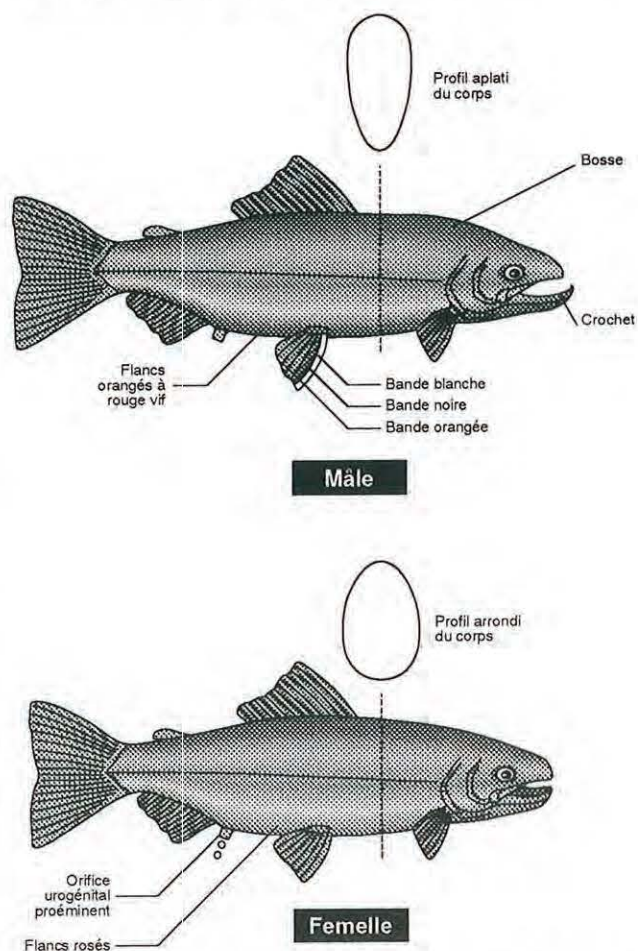


Figure 6 Caractéristiques morphologiques de l'omble de fontaine en période de reproduction

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.

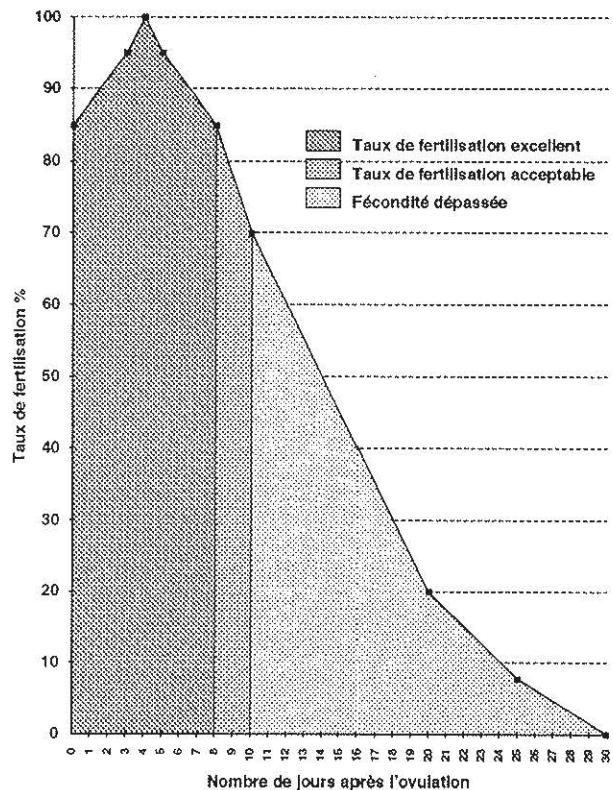


Figure 7 Taux de fertilisation attendu en fonction du nombre de jours après l'ovulation où les oeufs sont extraits, à une température de 10 °C

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.

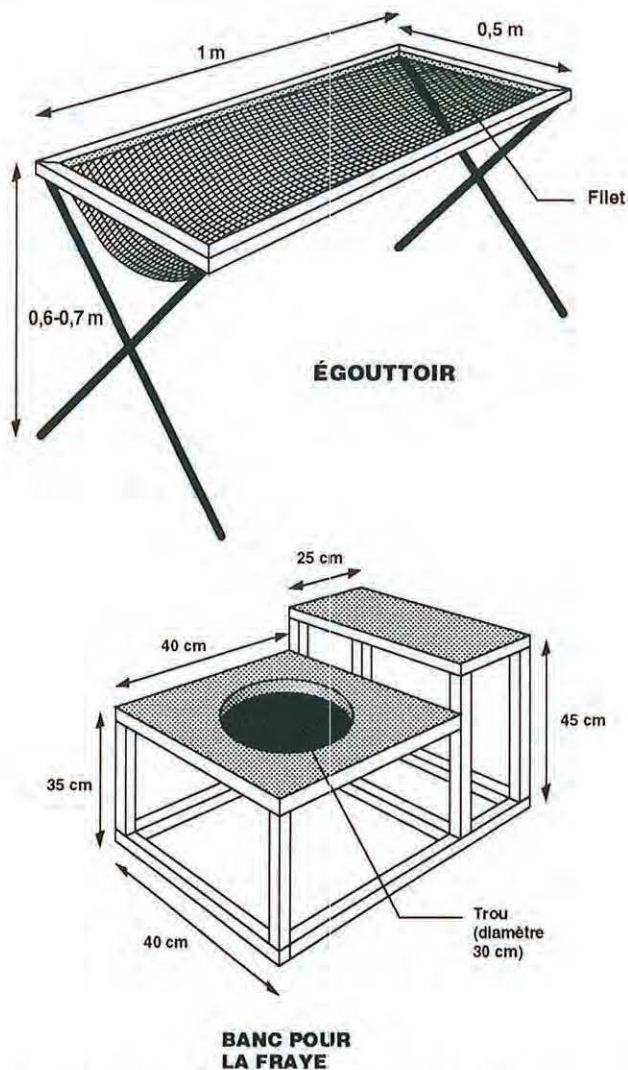


Figure 8 Égouttoir et banc utilisés pour réaliser la reproduction artificielle des salmonidés

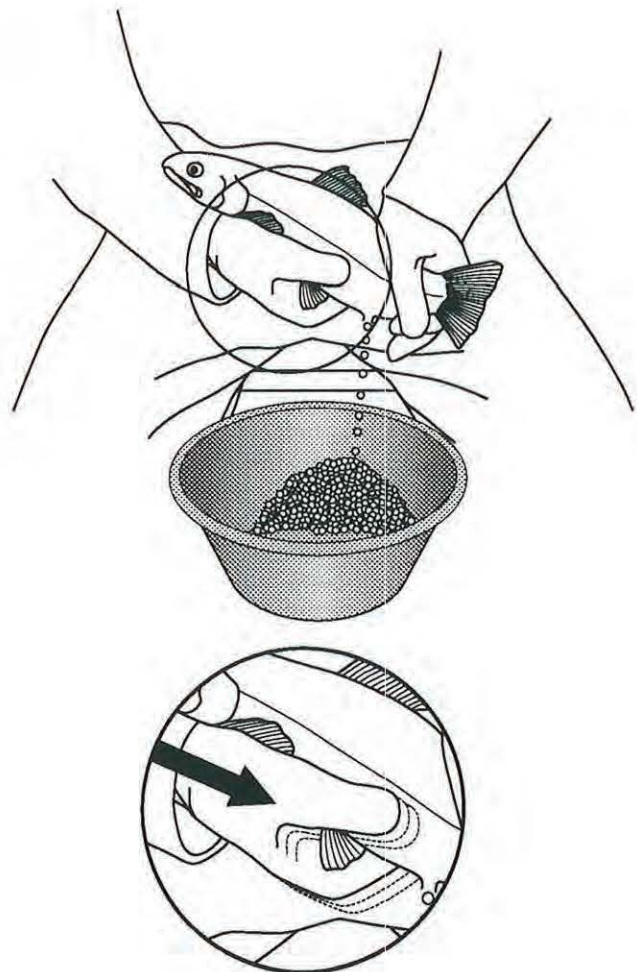


Figure 9 Méthode utilisée pour extraire les oeufs et la laitance des reproducteurs

- 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 été 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.

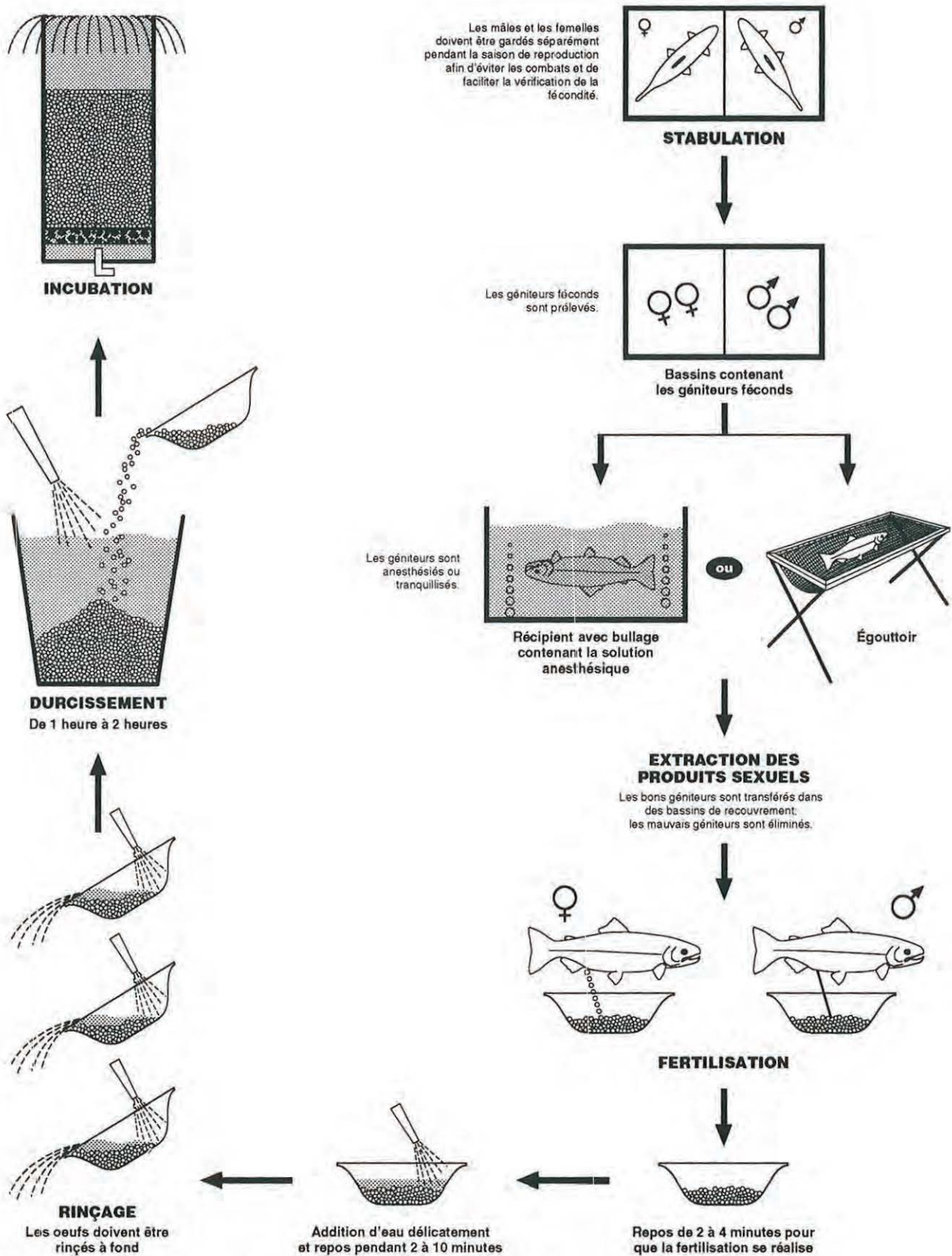


Figure 10 Séquence des opérations relatives à la reproduction artificielle des salmonidés

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.

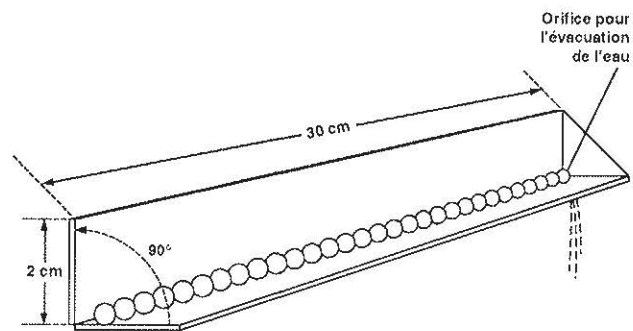


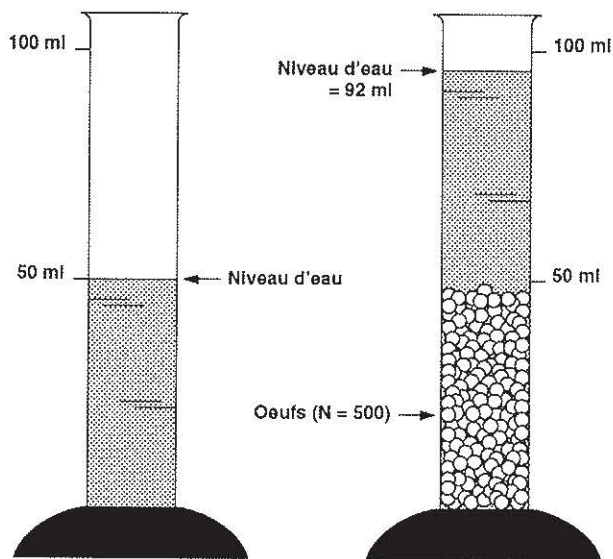
Figure 11 Règle utilisée pour le dénombrement des oeufs selon la méthode « Von Bayer »

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
 $420 \text{ ml} \times 500 \text{ oeufs} = 5\,000 \text{ oeufs}$

 42 ml

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.

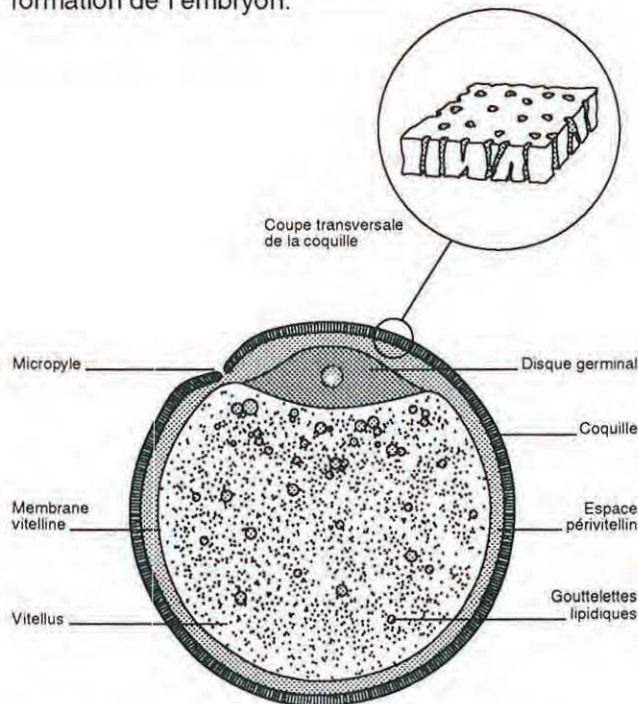


Figure 13 Anatomie de l'oeuf de salmonidés

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-

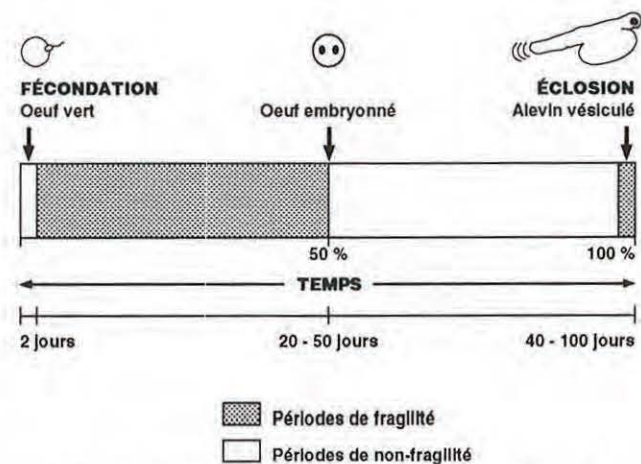


Figure 15 Périodes de fragilité et de non-fragilité de l'oeuf de salmonidés pendant l'incubation selon les stades de son développement

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.

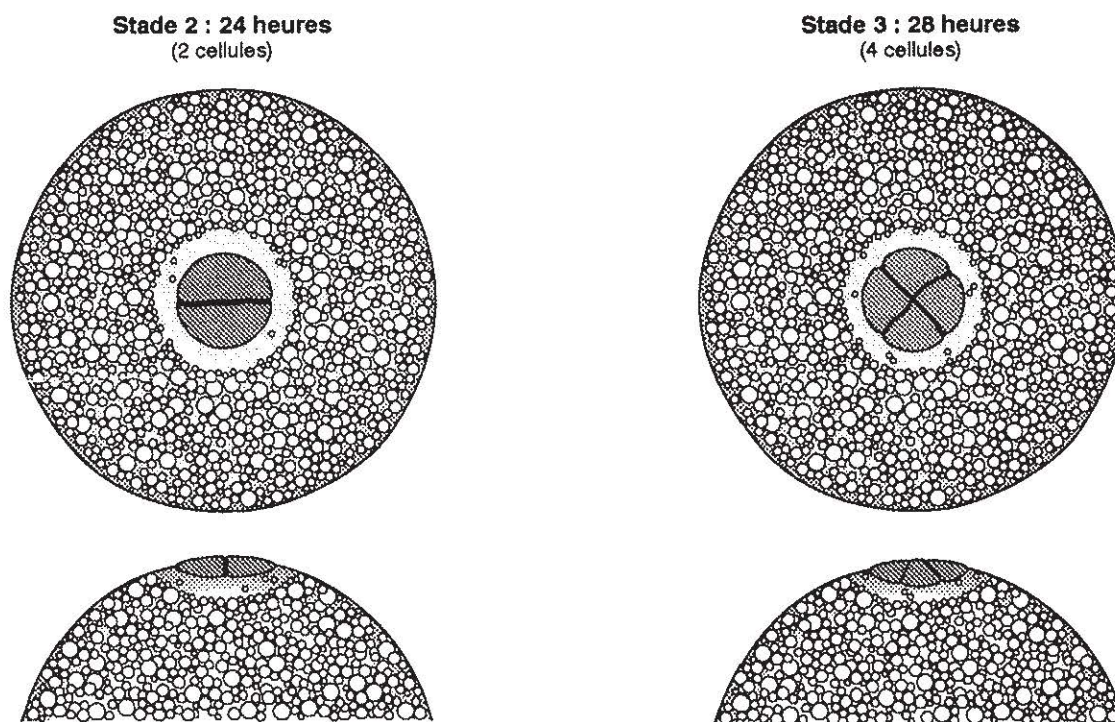


Figure 14 Structure interne de l'oeuf de truite arc-en-ciel à différents stades de son développement après la fécondation (température d'incubation = 10 °C; tirée de Vernier, 1969)

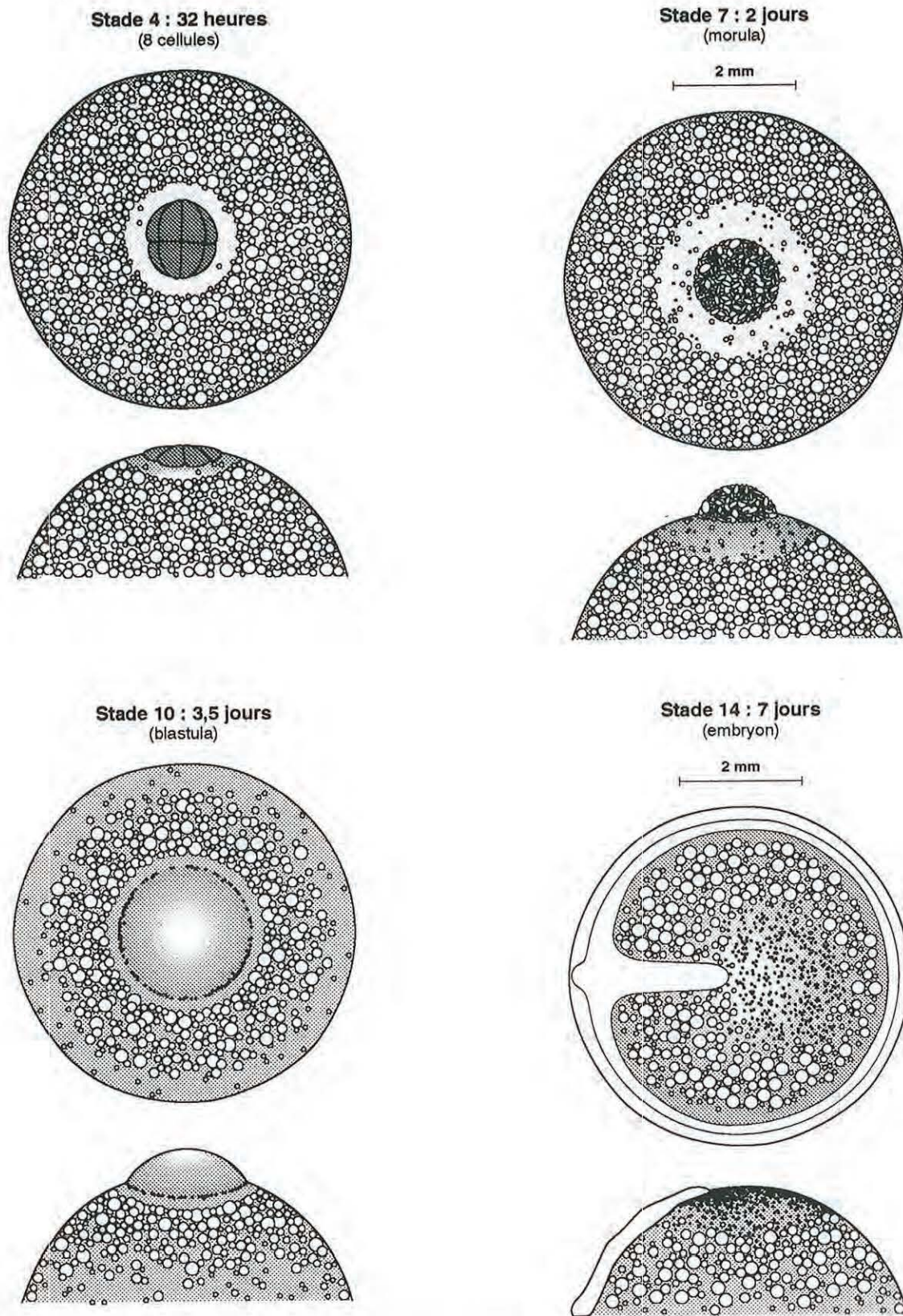


Figure 14 Structure interne de l'oeuf de truite arc-en-ciel à différents stades de son développement après la fécondation (température d'incubation = 10 °C; tirée de Vernier, 1969) (Suite)

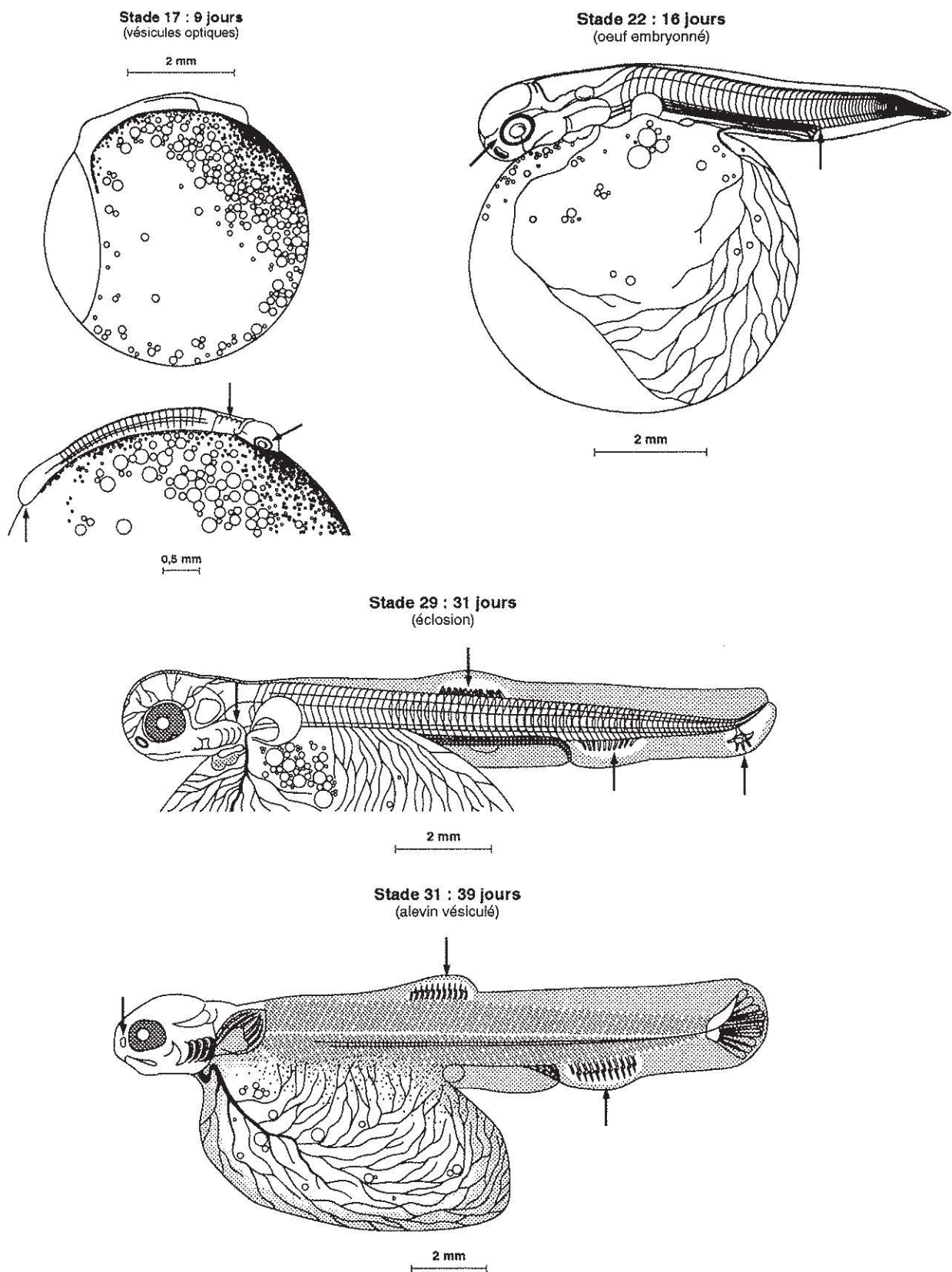


Figure 14 Structure interne de l'oeuf de truite arc-en-ciel à différents stades de son développement après la fécondation (température d'incubation = 10 °C; tirée de Vernier, 1969) (Suite)

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.

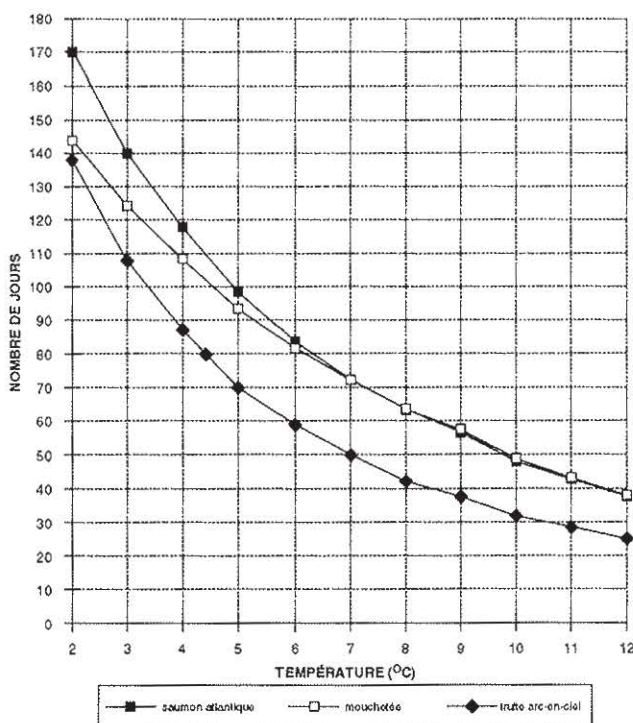


Figure 16 Nombre de jours nécessaire pour obtenir 50 % d'éclosion, à des températures constantes d'incubation, chez le saumon atlantique, l'omble de fontaine et la truite arc-en-ciel (adaptée de Crisp, 1981)

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

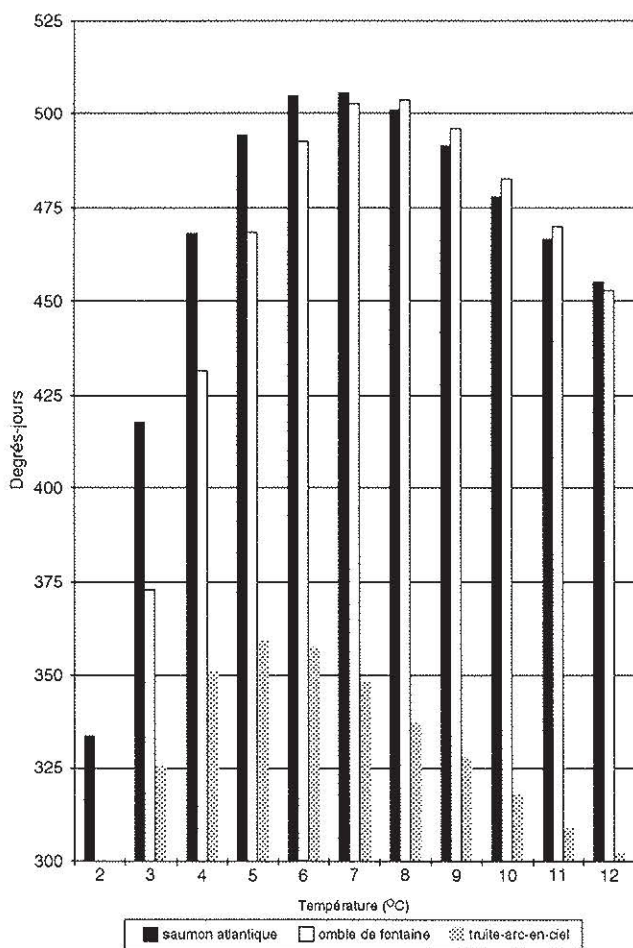


Figure 17 Nombre de degrés-jours nécessaire pour obtenir 50 % d'éclosion, à différentes températures d'incubation, chez le saumon atlantique, l'omble de fontaine et la truite arc-en-ciel

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

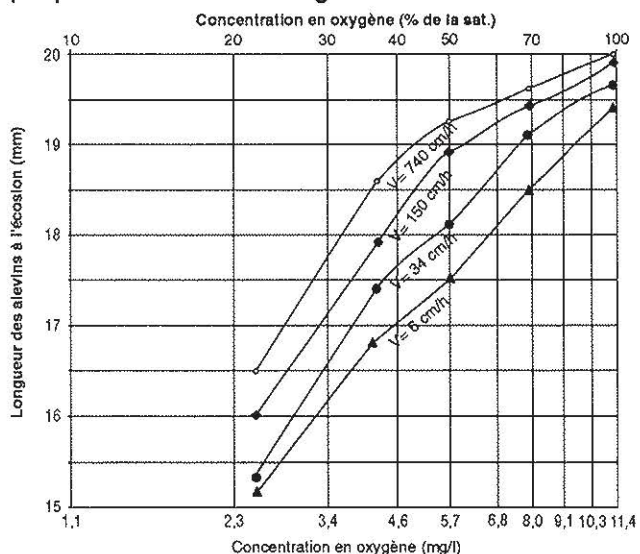


Figure 18 Effet de la concentration en oxygène dissous et de la vitesse du courant d'eau pendant l'incubation sur la longueur des alevins de truite arc-en-ciel à l'éclosion (tirée de Silver et al. 1963)

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.

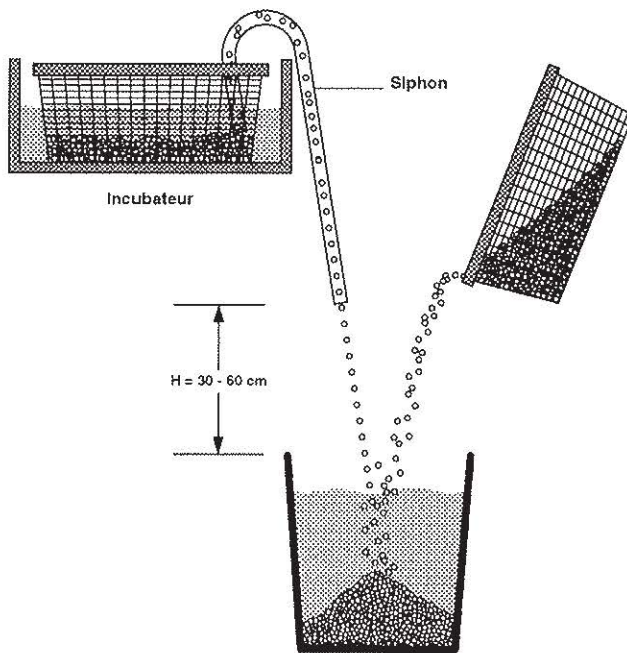


Figure 19 Méthode de choquage des oeufs par déversement dans un contenant rempli d'eau (la hauteur de chute (H) détermine l'intensité du choc)

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**.

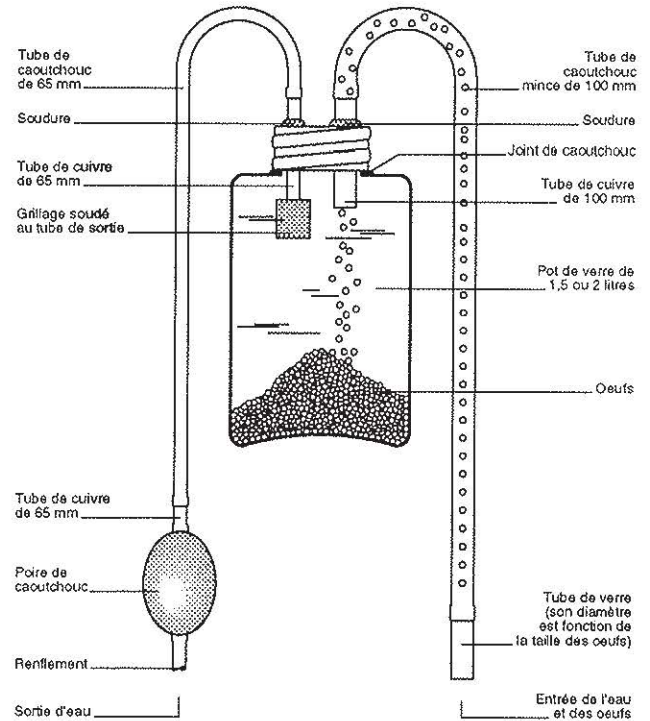


Figure 20 Modèle de construction d'un siphon pour le pipettage des oeufs

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		700 - 900
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		1 500 - 2 000

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.

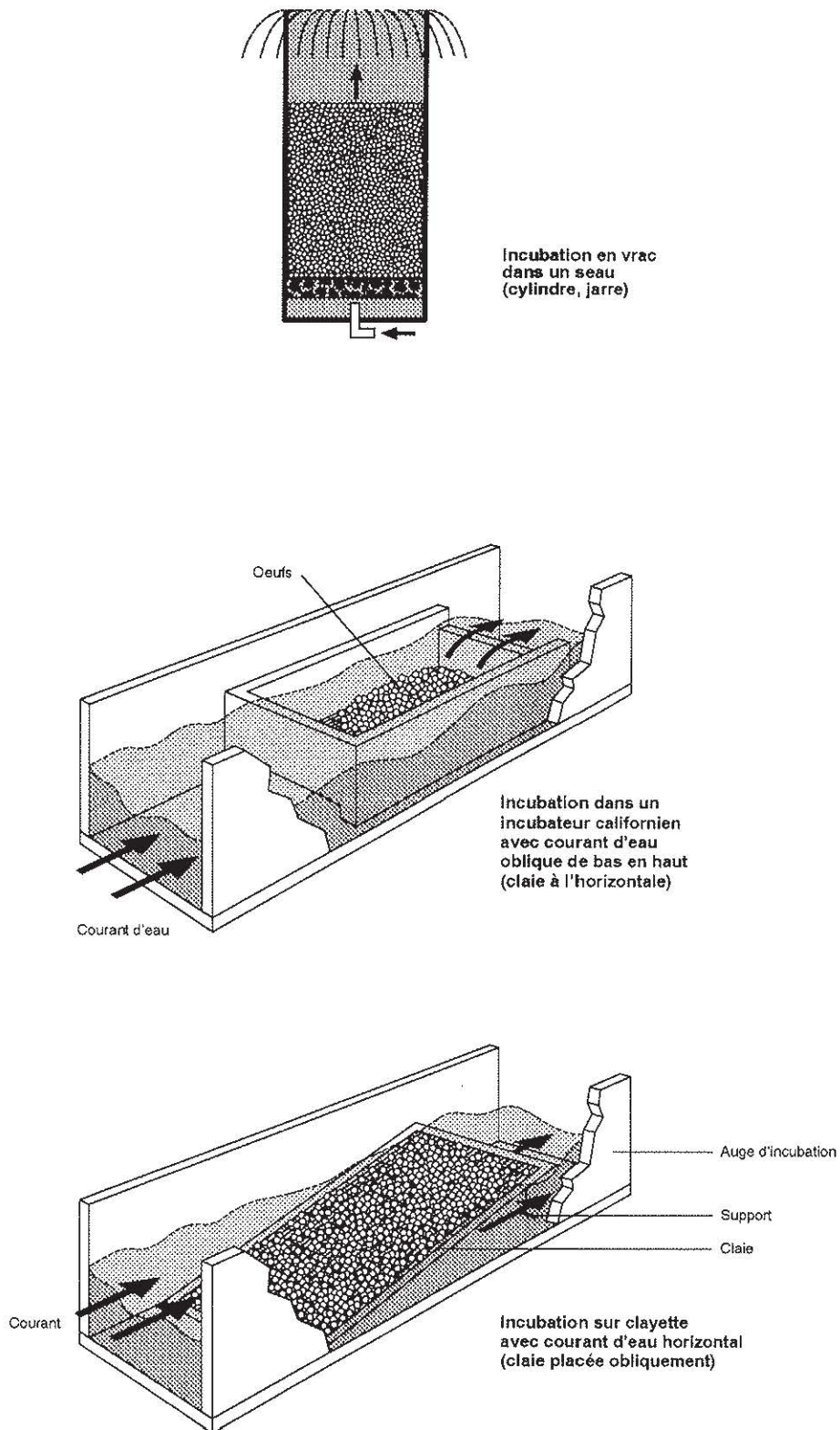


Figure 22 Trois types d'appareils destinés à l'incubation des oeufs: seau, panier californien et clayette

TRANSPORT DES OEUFS 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.

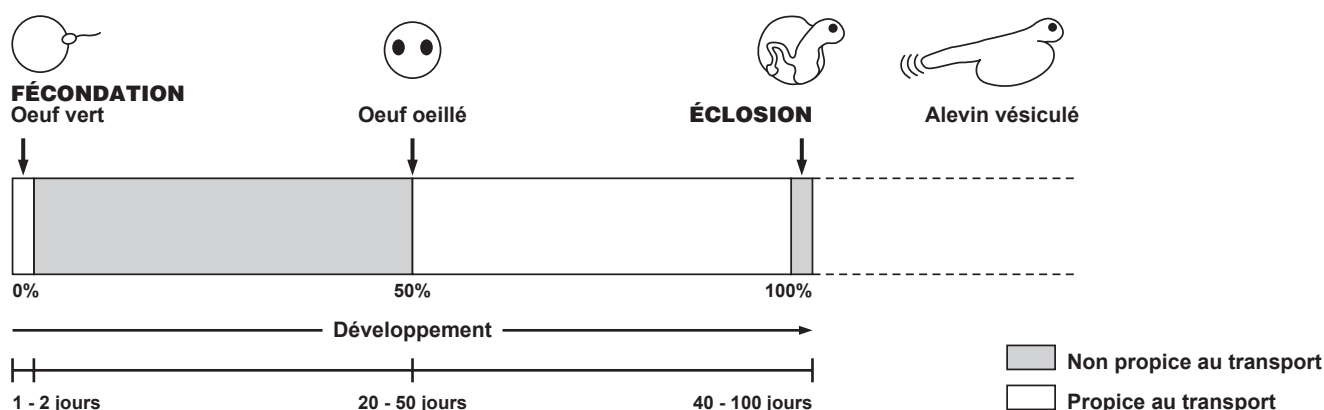


Figure 1 Périodes propices au transport des œufs

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

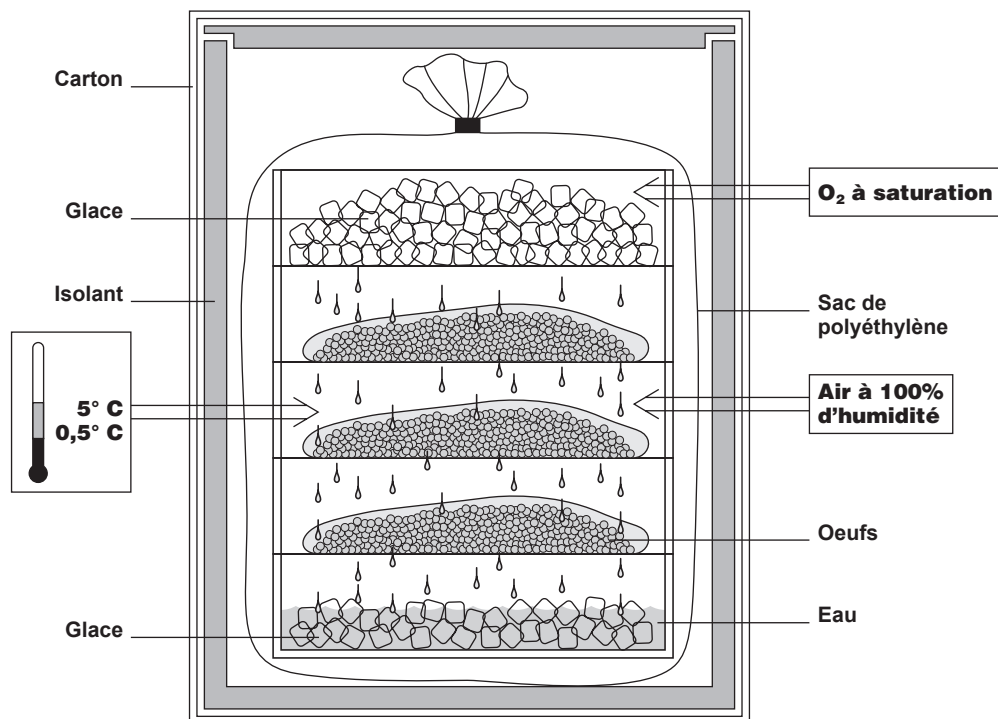


Figure 2 Conditions environnementales à l'intérieur d'une boîte de transport d'œufs

une réserve suffisante de glace, peuvent y demeurer jusqu'à 48 heures sans aucun problème.

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 du transport des œufs dans l'eau est valable pour des périodes

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.

9.2.1.3 Dénombrement et désinfection

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.

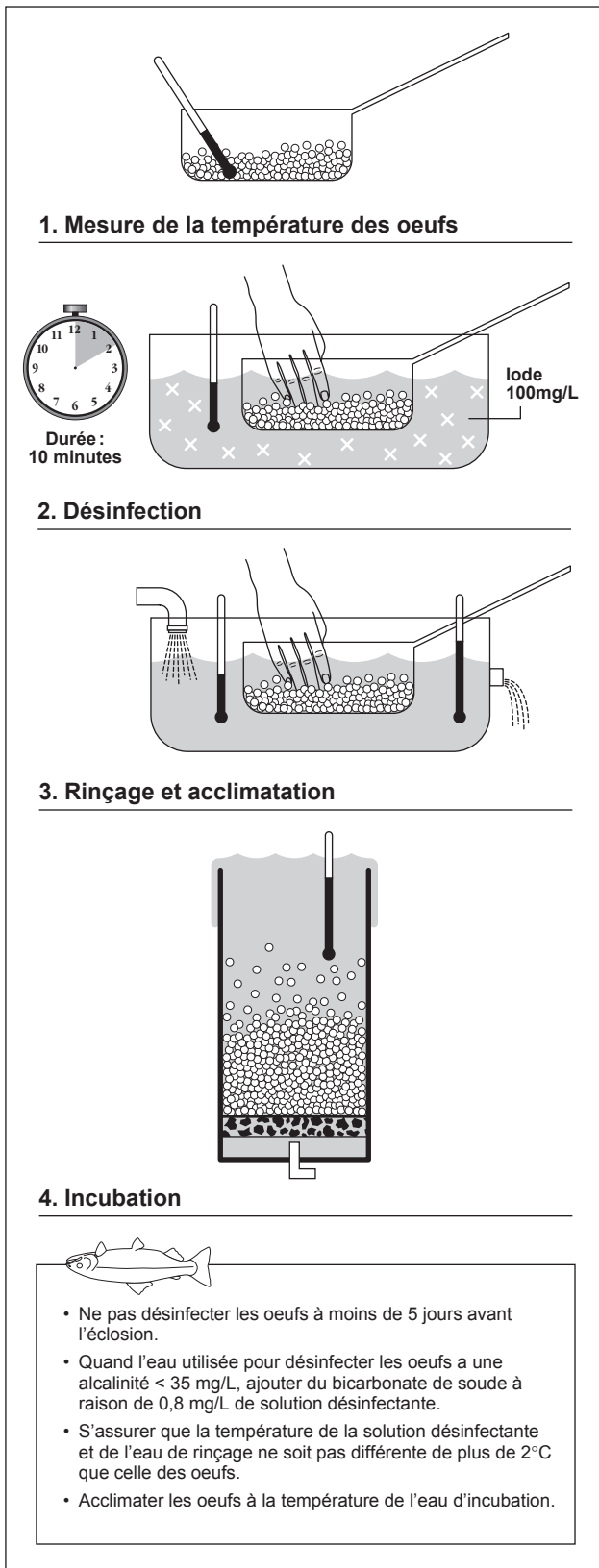


Figure 3 Méthode de désinfection des œufs dans une solution d'iode

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

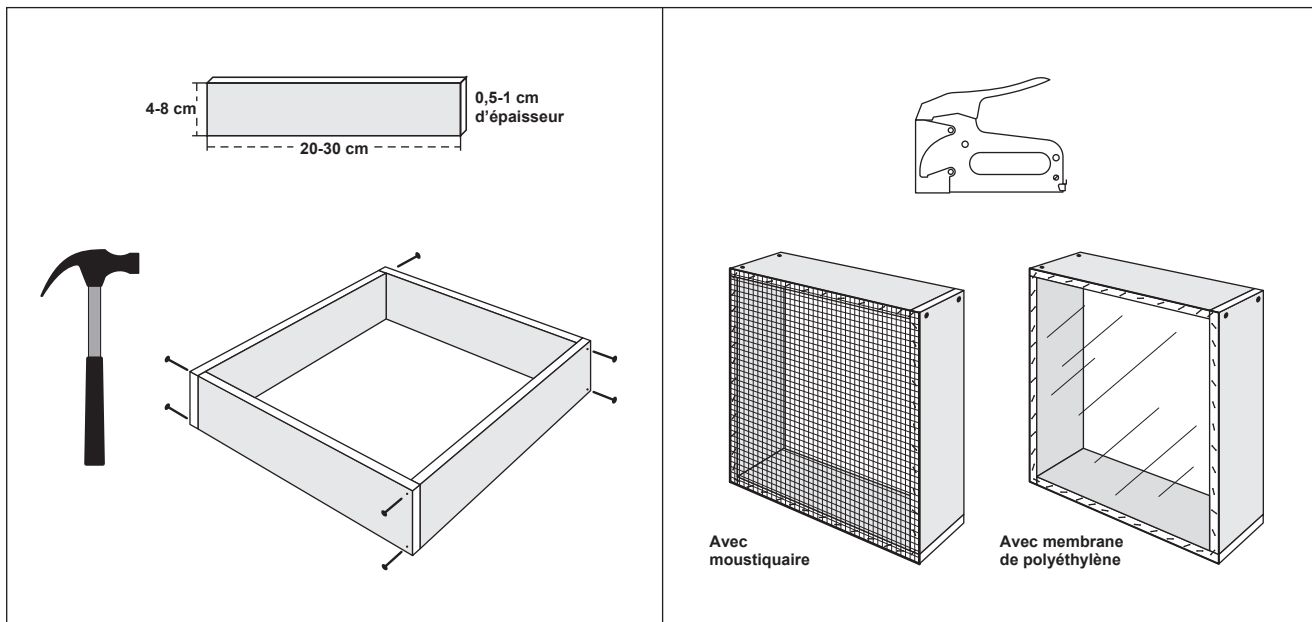


Figure 4 Modèle de construction des casiers pour le transport des œufs

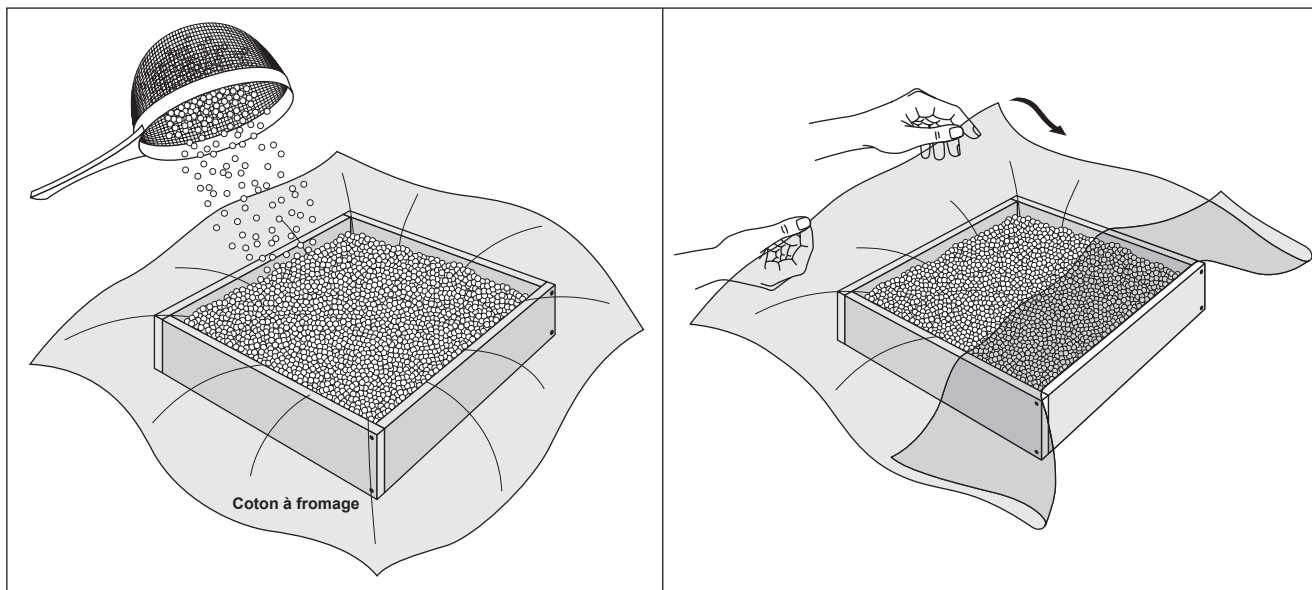


Figure 5 Méthode de remplissage d'un casier pour le transport des oeufs

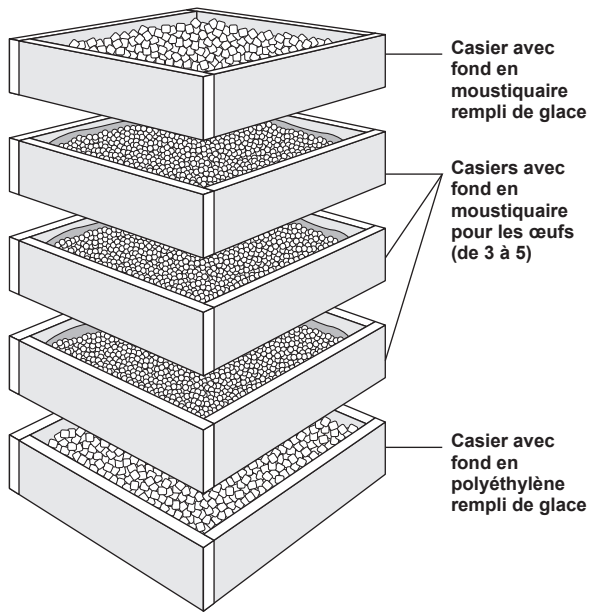
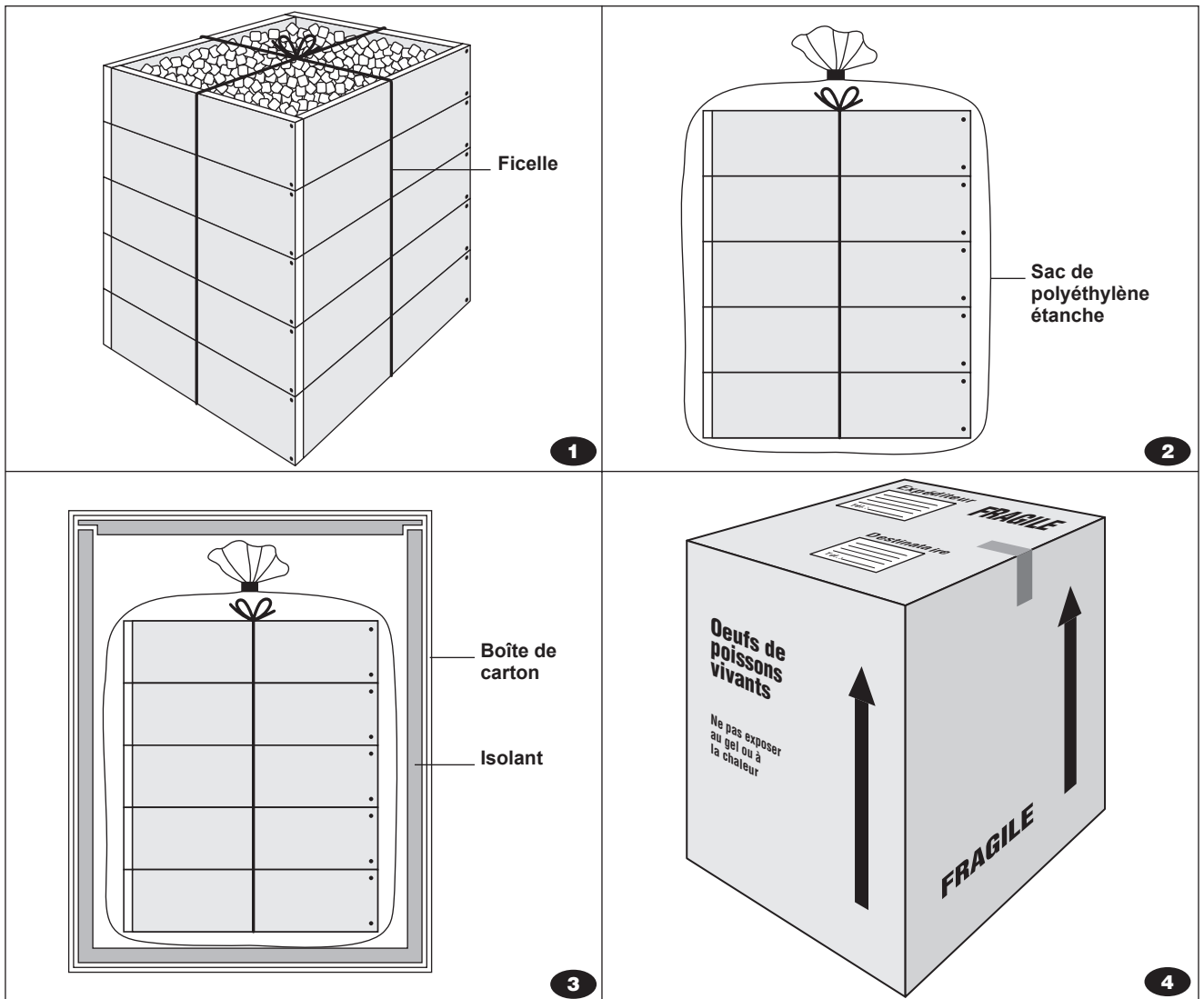


Figure 6 Méthode d'empilement des casiers pour le transport des œufs

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

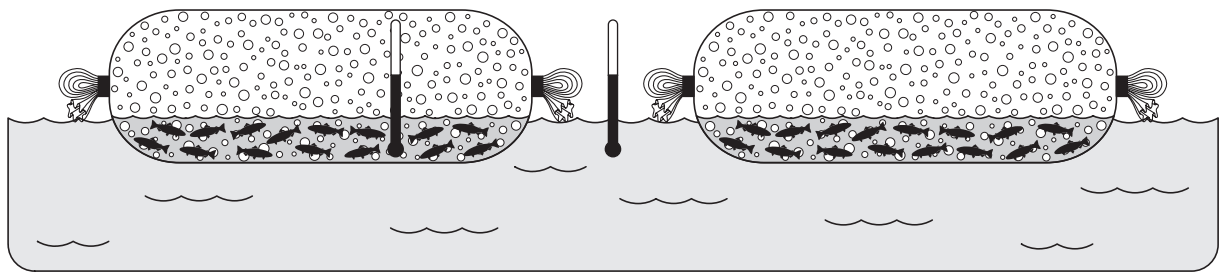
Les petits poissons sont plus sensibles aux écarts de températures que les gros. Les alevins provenant d'un sac de transport de poissons ne doivent être déversés que lorsque l'eau contenue dans le sac a atteint la même température que l'eau du milieu d'accueil. L'écart de température ne doit pas dépasser 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.

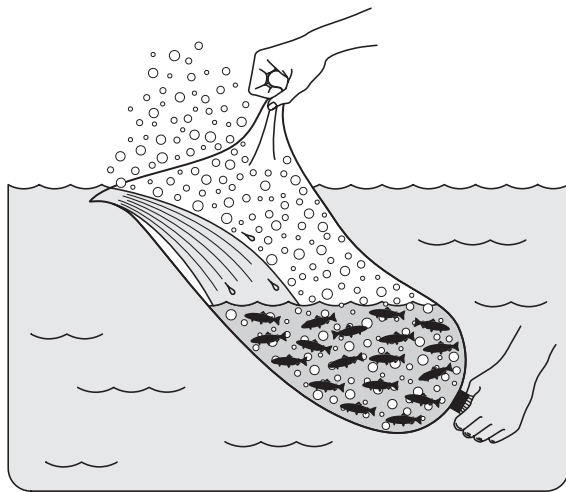
L'acclimatation des poissons doit être réduite au minimum de temps dans les opérations commerciales pour des raisons pratiques. Les pisciculteurs et leurs clients disposent de peu de temps dans les périodes intensives d'ensemencement. On peut donc prendre certaines précautions pour diminuer la période 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

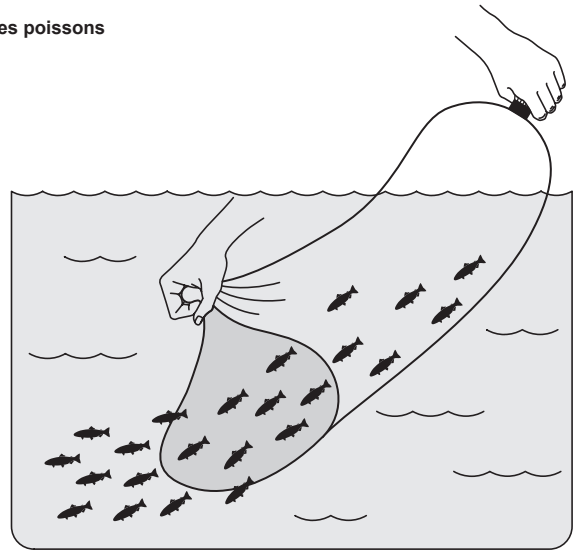
Lors de la période chaude à l'été, alors que la thermocline s'est installée dans les lacs, le déversement des poissons directement au bord du lac dans la couche d'eau chaude en surface est à proscrire. Par ailleurs, l'acclimatation des poissons à cette température d'eau par la circulation d'eau du lac 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.

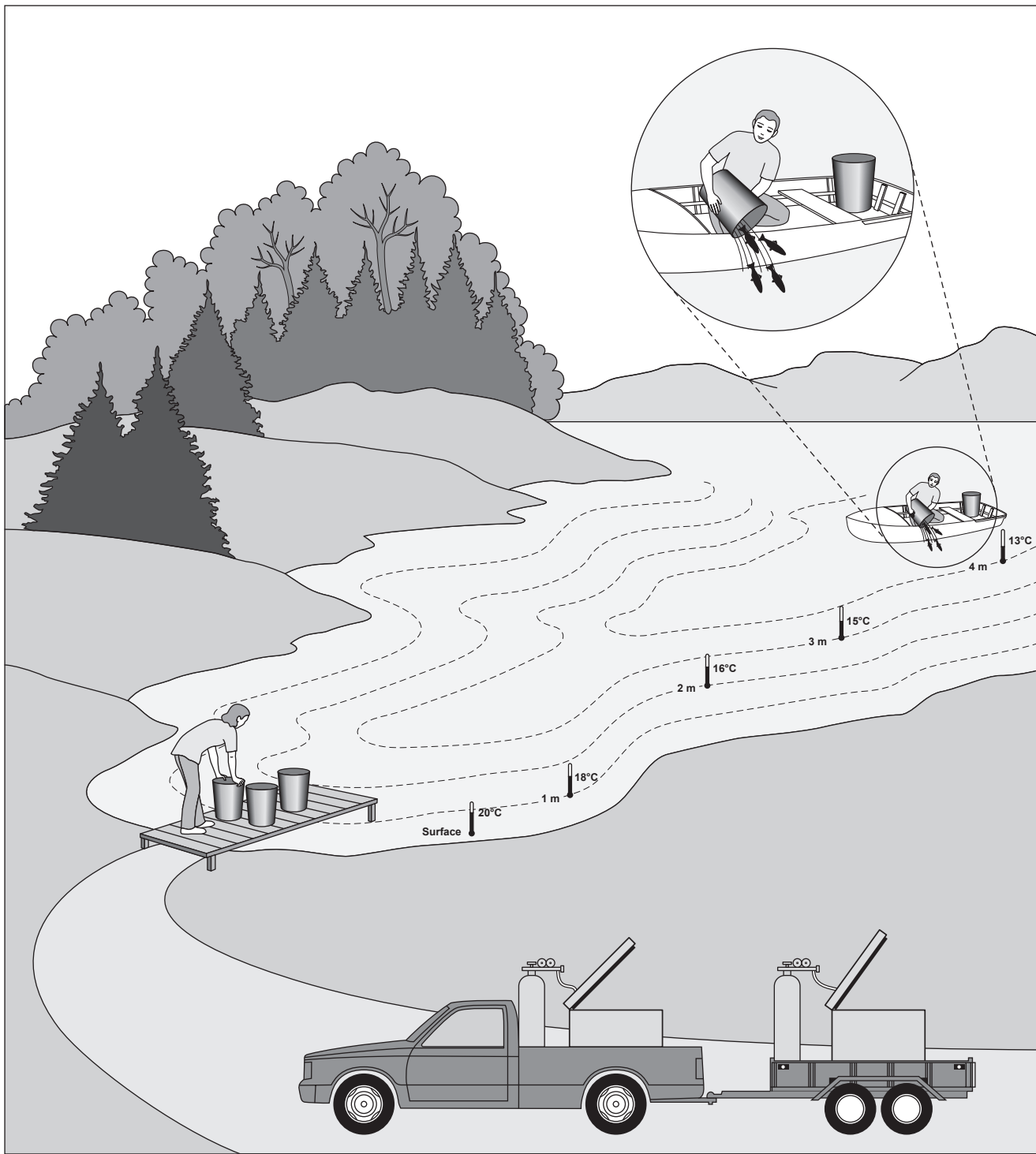


Figure 20 Méthode d'ensemencement des poissons en lac pendant la période chaude de l'été

ANNEXE 20 Mortalité postfécondation des embryons implantés dans les frayères de la Romaine

**ANNEXE 21 Calcul du développement embryonnaire théorique en
fonction de l'évolution de la température moyenne
journalière de l'eau de la Romaine au PK 46**

Calcul du développement embryonnaire théorique en fonction de l'évolution de la température moyenne journalière de l'eau de la Romaine au PK 46

Date	Année	Température moyenne journalière de l'eau au PK 46 (ROMA0944) (°C)	LogD	D	Taux de développement		% cumulatif
					1/D	%	
18-nov	2016	5,51	1,96	90,44	0,0111	1,11	1,11
19-nov	2016	5,45	1,96	91,35	0,0109	1,09	2,20
20-nov	2016	5,49	1,96	90,68	0,0110	1,10	3,30
21-nov	2016	5,79	1,94	86,50	0,0116	1,16	4,46
22-nov	2016	5,69	1,94	87,88	0,0114	1,14	5,60
23-nov	2016	5,43	1,96	91,66	0,0109	1,09	6,69
24-nov	2016	5,18	1,98	95,40	0,0105	1,05	7,74
25-nov	2016	5,19	1,98	95,27	0,0105	1,05	8,79
26-nov	2016	4,93	2,00	99,36	0,0101	1,01	9,79
27-nov	2016	4,36	2,04	109,56	0,0091	0,91	10,71
28-nov	2016	3,82	2,08	120,52	0,0083	0,83	11,54
29-nov	2016	3,54	2,10	126,76	0,0079	0,79	12,32
30-nov	2016	3,28	2,12	132,84	0,0075	0,75	13,08
1-déc	2016	2,87	2,16	143,71	0,0070	0,70	13,77
2-déc	2016	2,72	2,17	147,92	0,0068	0,68	14,45
3-déc	2016	2,85	2,16	144,29	0,0069	0,69	15,14
4-déc	2016	2,28	2,21	161,36	0,0062	0,62	15,76
5-déc	2016	2,36	2,20	158,70	0,0063	0,63	16,39
6-déc	2016	2,34	2,20	159,36	0,0063	0,63	17,02
7-déc	2016	2,13	2,22	166,30	0,0060	0,60	17,62
8-déc	2016	2,07	2,23	168,28	0,0059	0,59	18,21
9-déc	2016	1,90	2,24	173,97	0,0057	0,57	18,79
10-déc	2016	1,70	2,26	181,50	0,0055	0,55	19,34
11-déc	2016	1,49	2,28	189,65	0,0053	0,53	19,87
12-déc	2016	1,58	2,27	186,00	0,0054	0,54	20,41
13-déc	2016	1,31	2,29	197,07	0,0051	0,51	20,91
14-déc	2016	1,68	2,26	182,45	0,0055	0,55	21,46
15-déc	2016	1,94	2,24	172,78	0,0058	0,58	22,04
16-déc	2016	1,85	2,25	175,93	0,0057	0,57	22,61
17-déc	2016	1,92	2,24	173,53	0,0058	0,58	23,18
18-déc	2016	1,51	2,28	188,81	0,0053	0,53	23,71
19-déc	2016	1,48	2,28	190,33	0,0053	0,53	24,24
20-déc	2016	1,42	2,28	192,71	0,0052	0,52	24,76
21-déc	2016	1,18	2,31	203,04	0,0049	0,49	25,25
22-déc	2016	0,90	2,33	215,94	0,0046	0,46	25,71
23-déc	2016	0,75	2,35	223,34	0,0045	0,45	26,16
24-déc	2016	0,78	2,35	221,46	0,0045	0,45	26,61
25-déc	2016	0,58	2,37	231,99	0,0043	0,43	27,04
26-déc	2016	0,65	2,36	228,04	0,0044	0,44	27,48
27-déc	2016	0,61	2,36	230,22	0,0043	0,43	27,92
28-déc	2016	0,61	2,36	230,44	0,0043	0,43	28,35
29-déc	2016	0,50	2,37	236,25	0,0042	0,42	28,77
30-déc	2016	0,38	2,39	242,74	0,0041	0,41	29,19
31-déc	2016	0,53	2,37	234,67	0,0043	0,43	29,61
1-janv	2017	0,31	2,39	246,68	0,0041	0,41	30,02
2-janv	2017	0,39	2,38	242,50	0,0041	0,41	30,43
3-janv	2017	0,45	2,38	239,12	0,0042	0,42	30,85
4-janv	2017	0,37	2,39	243,57	0,0041	0,41	31,26
5-janv	2017	0,64	2,36	228,91	0,0044	0,44	31,70
6-janv	2017	0,47	2,38	238,08	0,0042	0,42	32,12
7-janv	2017	0,60	2,36	230,66	0,0043	0,43	32,55
8-janv	2017	0,68	2,36	226,85	0,0044	0,44	32,99
9-janv	2017	0,78	2,35	221,67	0,0045	0,45	33,44
10-janv	2017	0,75	2,35	223,03	0,0045	0,45	33,89
11-janv	2017	0,73	2,35	224,08	0,0045	0,45	34,34
12-janv	2017	1,06	2,32	208,39	0,0048	0,48	34,82
13-janv	2017	0,74	2,35	223,66	0,0045	0,45	35,26
14-janv	2017	0,73	2,35	223,98	0,0045	0,45	35,71
15-janv	2017	0,57	2,37	232,54	0,0043	0,43	36,14
16-janv	2017	0,55	2,37	233,43	0,0043	0,43	36,57
17-janv	2017	0,49	2,37	236,71	0,0042	0,42	36,99
18-janv	2017	0,53	2,37	234,89	0,0043	0,43	37,42
19-janv	2017	0,67	2,36	227,18	0,0044	0,44	37,86
20-janv	2017	0,62	2,36	229,78	0,0044	0,44	38,29
21-janv	2017	0,61	2,36	230,11	0,0043	0,43	38,73
22-janv	2017	0,39	2,38	242,27	0,0041	0,41	39,14
23-janv	2017	0,48	2,38	237,28	0,0042	0,42	39,56
24-janv	2017	0,59	2,36	231,54	0,0043	0,43	39,99
25-janv	2017	0,47	2,38	237,97	0,0042	0,42	40,41
26-janv	2017	0,60	2,36	231,10	0,0043	0,43	40,84

Calcul du développement embryonnaire théorique en fonction de l'évolution de la température moyenne journalière de l'eau de la Romaine au PK 46 (suite)

Date	Année	Température moyenne journalière de l'eau au PK 46 (ROMA0944) (°C)	LogD	D	Taux de développement		% cumulatif
					1/D	%	
27-janv	2017	0,77	2,35	222,30	0,0045	0,45	41,29
28-janv	2017	0,63	2,36	229,45	0,0044	0,44	41,73
29-janv	2017	0,58	2,37	231,99	0,0043	0,43	42,16
30-janv	2017	0,58	2,37	231,87	0,0043	0,43	42,59
31-janv	2017	0,68	2,36	226,64	0,0044	0,44	43,03
1-févr	2017	0,82	2,34	219,70	0,0046	0,46	43,49
2-févr	2017	0,78	2,35	221,46	0,0045	0,45	43,94
3-févr	2017	0,64	2,36	228,58	0,0044	0,44	44,38
4-févr	2017	0,57	2,37	232,32	0,0043	0,43	44,81
5-févr	2017	0,64	2,36	228,91	0,0044	0,44	45,25
6-févr	2017	0,79	2,34	221,25	0,0045	0,45	45,70
7-févr	2017	0,73	2,35	224,08	0,0045	0,45	46,14
8-févr	2017	0,26	2,40	249,59	0,0040	0,40	46,54
9-févr	2017	0,59	2,36	231,21	0,0043	0,43	46,98
10-févr	2017	0,52	2,37	235,12	0,0043	0,43	47,40
11-févr	2017	0,62	2,36	229,89	0,0043	0,43	47,84
12-févr	2017	0,77	2,35	221,98	0,0045	0,45	48,29
13-févr	2017	0,61	2,36	230,11	0,0043	0,43	48,72
14-févr	2017	0,79	2,34	221,15	0,0045	0,45	49,17
15-févr	2017	0,96	2,33	213,06	0,0047	0,47	49,64
16-févr	2017	0,77	2,35	222,09	0,0045	0,45	50,09
17-févr	2017	0,86	2,34	217,56	0,0046	0,46	50,55
18-févr	2017	0,94	2,33	213,85	0,0047	0,47	51,02
19-févr	2017	0,99	2,33	211,68	0,0047	0,47	51,49
20-févr	2017	0,88	2,34	216,85	0,0046	0,46	51,95
21-févr	2017	0,93	2,33	214,24	0,0047	0,47	52,42
22-févr	2017	1,11	2,31	205,74	0,0049	0,49	52,91
23-févr	2017	1,07	2,32	207,73	0,0048	0,48	53,39
24-févr	2017	1,09	2,32	206,97	0,0048	0,48	53,87
25-févr	2017	0,85	2,34	218,17	0,0046	0,46	54,33
26-févr	2017	1,20	2,31	201,93	0,0050	0,50	54,83
27-févr	2017	1,04	2,32	209,35	0,0048	0,48	55,30
28-févr	2017	1,04	2,32	209,16	0,0048	0,48	55,78
1-mars	2017	1,11	2,31	206,02	0,0049	0,49	56,27
2-mars	2017	0,65	2,36	228,26	0,0044	0,44	56,71
3-mars	2017	0,91	2,33	215,24	0,0046	0,46	57,17
4-mars	2017	0,91	2,33	215,04	0,0047	0,47	57,63
5-mars	2017	0,42	2,38	240,63	0,0042	0,42	58,05
6-mars	2017	0,58	2,37	232,21	0,0043	0,43	58,48
7-mars	2017	0,74	2,35	223,45	0,0045	0,45	58,93
8-mars	2017	0,48	2,38	237,51	0,0042	0,42	59,35
9-mars	2017	0,60	2,36	230,88	0,0043	0,43	59,78
10-mars	2017	0,70	2,35	225,57	0,0044	0,44	60,23
11-mars	2017	0,70	2,35	225,57	0,0044	0,44	60,67
12-mars	2017	0,97	2,33	212,37	0,0047	0,47	61,14
13-mars	2017	0,88	2,34	216,85	0,0046	0,46	61,60
14-mars	2017	1,01	2,32	210,51	0,0048	0,48	62,08
15-mars	2017	0,91	2,33	215,04	0,0047	0,47	62,54
16-mars	2017	0,88	2,34	216,55	0,0046	0,46	63,00
17-mars	2017	1,23	2,30	200,48	0,0050	0,50	63,50
18-mars	2017	1,33	2,29	196,19	0,0051	0,51	64,01
19-mars	2017	1,39	2,29	193,66	0,0052	0,52	64,53
20-mars	2017	1,23	2,30	200,75	0,0050	0,50	65,03
21-mars	2017	1,33	2,29	196,28	0,0051	0,51	65,54
22-mars	2017	1,18	2,31	202,95	0,0049	0,49	66,03
23-mars	2017	0,90	2,33	215,94	0,0046	0,46	66,49
24-mars	2017	1,30	2,30	197,51	0,0051	0,51	67,00
25-mars	2017	1,47	2,28	190,49	0,0052	0,52	67,52
26-mars	2017	1,18	2,31	202,76	0,0049	0,49	68,02
27-mars	2017	1,23	2,30	200,75	0,0050	0,50	68,51
28-mars	2017	1,26	2,30	199,39	0,0050	0,50	69,02
29-mars	2017	1,46	2,28	191,00	0,0052	0,52	69,54
30-mars	2017	1,45	2,28	191,34	0,0052	0,52	70,06
31-mars	2017	1,48	2,28	190,33	0,0053	0,53	70,59
1-avr	2017	1,55	2,27	187,40	0,0053	0,53	71,12
2-avr	2017	1,55	2,27	187,15	0,0053	0,53	71,66
3-avr	2017	1,93	2,24	173,08	0,0058	0,58	72,23
4-avr	2017	1,84	2,25	176,46	0,0057	0,57	72,80
5-avr	2017	1,70	2,26	181,34	0,0055	0,55	73,35
6-avr	2017	1,85	2,25	176,08	0,0057	0,57	73,92

Calcul du développement embryonnaire théorique en fonction de l'évolution de la température moyenne journalière de l'eau de la Romaine au PK 46 (suite)

Date	Année	Température moyenne journalière de l'eau au PK 46 (ROMA0944) (°C)	LogD	D	Taux de développement		% cumulatif
					1/D	%	
7-avr	2017	1,42	2,28	192,45	0,0052	0,52	74,44
8-avr	2017	2,03	2,23	169,50	0,0059	0,59	75,03
9-avr	2017	2,32	2,20	159,96	0,0063	0,63	75,65
10-avr	2017	2,12	2,22	166,37	0,0060	0,60	76,25
11-avr	2017	2,45	2,19	155,91	0,0064	0,64	76,90
12-avr	2017	2,03	2,23	169,50	0,0059	0,59	77,49
13-avr	2017	1,75	2,25	179,62	0,0056	0,56	78,04
14-avr	2017	2,34	2,20	159,23	0,0063	0,63	78,67
15-avr	2017	2,37	2,20	158,44	0,0063	0,63	79,30
16-avr	2017	2,06	2,23	168,43	0,0059	0,59	79,90
17-avr	2017	2,08	2,22	167,72	0,0060	0,60	80,49
18-avr	2017	2,11	2,22	166,80	0,0060	0,60	81,09
19-avr	2017	2,32	2,20	159,96	0,0063	0,63	81,72
20-avr	2017	1,98	2,23	171,31	0,0058	0,58	82,30
21-avr	2017	2,38	2,20	157,91	0,0063	0,63	82,93
22-avr	2017	2,27	2,21	161,43	0,0062	0,62	83,55
23-avr	2017	2,26	2,21	161,76	0,0062	0,62	84,17
24-avr	2017	2,35	2,20	158,90	0,0063	0,63	84,80
25-avr	2017	2,18	2,22	164,50	0,0061	0,61	85,41
26-avr	2017	2,11	2,22	166,94	0,0060	0,60	86,01
27-avr	2017	2,17	2,22	164,70	0,0061	0,61	86,61
28-avr	2017	2,28	2,21	161,29	0,0062	0,62	87,23
29-avr	2017	2,35	2,20	158,90	0,0063	0,63	87,86
30-avr	2017	2,54	2,19	153,24	0,0065	0,65	88,52
1-mai	2017	2,49	2,19	154,63	0,0065	0,65	89,16
2-mai	2017	1,93	2,24	173,15	0,0058	0,58	89,74
3-mai	2017	2,55	2,18	152,87	0,0065	0,65	90,40
4-mai	2017	2,77	2,17	146,38	0,0068	0,68	91,08
5-mai	2017	2,72	2,17	147,86	0,0068	0,68	91,75
6-mai	2017	2,21	2,21	163,46	0,0061	0,61	92,37
7-mai	2017	1,86	2,24	175,47	0,0057	0,57	92,94
8-mai	2017	2,28	2,21	161,16	0,0062	0,62	93,56
9-mai	2017	2,27	2,21	161,43	0,0062	0,62	94,18
10-mai	2017	1,65	2,26	183,57	0,0054	0,54	94,72
11-mai	2017	1,47	2,28	190,41	0,0053	0,53	95,25
12-mai	2017	1,93	2,24	173,23	0,0058	0,58	95,82
13-mai	2017	2,34	2,20	159,16	0,0063	0,63	96,45
14-mai	2017	2,51	2,19	154,13	0,0065	0,65	97,10
15-mai	2017	2,77	2,17	146,38	0,0068	0,68	97,78
16-mai	2017	2,65	2,18	149,97	0,0067	0,67	98,45
17-mai	2017	2,92	2,15	142,18	0,0070	0,70	99,15
18-mai	2017	3,34	2,12	131,51	0,0076	0,76	99,91
19-mai	2017	3,82	2,08	120,47	0,0083	0,83	100,74
20-mai	2017	4,05	2,06	115,70	0,0086	0,86	101,61
21-mai	2017	4,53	2,03	106,38	0,0094	0,94	102,55
22-mai	2017	4,79	2,01	101,86	0,0098	0,98	103,53
23-mai	2017	4,44	2,03	107,95	0,0093	0,93	104,46
24-mai	2017	4,63	2,02	104,62	0,0096	0,96	105,41
25-mai	2017	5,06	1,99	97,36	0,0103	1,03	106,44
26-mai	2017	5,18	1,98	95,40	0,0105	1,05	107,49
27-mai	2017	4,98	1,99	98,58	0,0101	1,01	108,50
28-mai	2017	5,33	1,97	93,13	0,0107	1,07	109,58
29-mai	2017	5,90	1,93	84,95	0,0118	1,18	110,75
30-mai	2017	5,82	1,93	86,01	0,0116	1,16	111,92
31-mai	2017	5,81	1,94	86,21	0,0116	1,16	113,08
1-juin	2017	6,26	1,90	80,34	0,0124	1,24	114,32
2-juin	2017	6,73	1,87	74,87	0,0134	1,34	115,66
3-juin	2017	6,46	1,89	77,90	0,0128	1,28	116,94

ANNEXE 22 Taux de survie à l'éclosion des embryons de saumon implantés dans quatre frayères naturelles (PK 34,5 et PK 46,2) et aménagées (PK 49 et PK 51) de la Romaine et conservés en station d'incubation (témoin), hiver 2016-2017

Femelles	Taux de survie des embryons (%)									
	Frayère naturelle PK 34,5		Frayère naturelle PK 46,2		Frayère aménagée PK 49		Frayère aménagée PK 51		Quatre frayères ensemble	
	Sans MPF ¹	Avec MPF ¹	Sans MPF ¹	Avec MPF ¹	Sans MPF ¹	Avec MPF ¹	Sans MPF ¹	Avec MPF ¹	Sans MPF ¹	Avec MPF ¹
<i>Femelle 1</i>										
Nombre d'œufs	82	108	87	108	68	108	80	108	317	432
Effectif ²	9	9	9	9	9	9	9	9	36	36
Nombre d'embryons vivants ³	0	0	3	3	1	1	6	6	10	10
Moyenne	0	0	3,4	2,8	1,5	0,9	7,5	5,6	3,2	2,3
Écart-type	0	0	8,3	8,3	3,0	2,8	18,4	13,8	10,2	8,1
Intervalle de confiance (95 %)	-	-	6,4	6,4	2,3	2,1	14,1	10,6	3,4	2,7
Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maximum	0	0	25,0	25,0	9,1	8,3	55,6	41,7	55,6	41,7
Médiane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Femelle 2</i>										
Nombre d'œufs	90	108	79	108	74	108	95	108	338	432
Effectif ²	9	9	9	9	9	9	9	9	36	36
Nombre d'embryons vivants ³	7	7	7	7	11	11	21	21	46	46
Moyenne	7,8	6,5	8,9	6,5	14,9	10,2	22,1	19,4	13,6	10,6
Écart-type	18,1	16,6	18,1	16,6	22,4	17,1	26,5	25,3	21,3	19,2
Intervalle de confiance (95 %)	13,9	12,7	13,9	12,7	17,2	13,1	20,3	19,5	7,2	6,5
Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maximum	54,5	50,0	54,5	50,0	66,7	50,0	63,6	58,3	66,7	58,3
Médiane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Femelle 3</i>										
Nombre d'œufs	94	108	97	108	87	108	96	108	374	432
Effectif ²	9	9	9	9	9	9	9	9	36	36
Nombre d'embryons vivants ³	3	3	4	4	18	18	18	18	43	43
Moyenne	3,2	2,8	4,1	3,7	20,7	16,7	18,8	16,7	11,5	10,0
Écart-type	6,0	5,9	12,1	11,1	25,7	25,0	25,8	23,9	20,0	18,9
Intervalle de confiance (95 %)	4,6	4,5	9,3	8,5	19,8	19,2	19,8	18,4	6,8	6,4
Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maximum	16,7	16,7	36,4	33,3	75,0	75,0	60,0	58,3	75,0	75,0
Médiane	0	0	0	0	10,0	8,3	0	0	0	0
<i>Femelle 4</i>										
Nombre d'œufs	87	108	83	108	67	108	81	108	318	432
Effectif ²	9	9	9	9	9	9	9	9	36	36
Nombre d'embryons vivants ³	0	0	2	2	0	0	0	0	2	2
Moyenne	0	0	2,4	1,9	0	0	0	0	0,6	0,5
Écart-type	0	0	5,6	5,6	0	0	0	0	2,8	2,8
Intervalle de confiance (95 %)	-	-	4,3	4,3	-	-	-	-	0,9	0,9
Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maximum	0	0	16,7	16,7	0	0	0	0	16,7	16,7
Médiane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quatre femelles ensemble</i>										
Nombre d'œufs	353	432	346	432	296	432	352	432	1347	1728
Effectif ²	36	36	36	36	36	36	36	36	144	144
Nombre d'embryons vivants ³	10	10	16	16	30	30	45	45	101	101
Moyenne	2,8	2,3	4,6	3,7	10,1	6,9	12,8	10,4	7,5	5,8
Écart-type	9,6	8,8	11,6	10,8	18,2	16,1	21,4	19,7	16,2	14,7
Intervalle de confiance (95 %)	3,2	3,0	3,9	3,7	6,2	5,5	7,2	6,7	2,7	2,4
Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maximum	54,5	50,0	54,5	50,0	75,0	75,0	63,6	58,3	75,0	75,0
Médiane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1 MPF : Mortalités postfécondation (œufs morts avant l'implantation des capsules).

2 L'effectif est formé des capsules pour les embryons et des familles pour les embryons témoins.

3 Les alevins morts ou vivants sont inclus, car ils avaient survécu au stade embryonnaire.

