

PROJET N° : 161-07367-00

# COMPLEXE DE LA ROMAINE. SUIVI ENVIRONNEMENTAL EN PHASE EXPLOITATION

## SUIVI DE LA QUALITÉ GRANULOMÉTRIQUE DES FRAYÈRES À SAUMON NATURELLES. SUIVI 2016-2017

JANVIER 2019







COMPLEXE DE LA  
ROMAINE. SUIVI  
ENVIRONNEMENTAL EN  
PHASE EXPLOITATION  
SUIVI DE LA QUALITÉ  
GRANULOMÉTRIQUE DES  
FRAYÈRES À SAUMON  
NATURELLES. SUIVI 2016-2017  
HYDRO-QUÉBEC

PROJET N° : 161-07367-00  
DATE : JANVIER 2019

WSP CANADA INC.  
1135, BOULEVARD LEBOURGNEUF  
QUÉBEC (QUÉBEC) G2K 0M5  
CANADA

TÉLÉPHONE : +1 418 623-2254  
TÉLÉCOPIEUR : +1 418 624-1857  
WSP.COM



---

# SIGNATURES

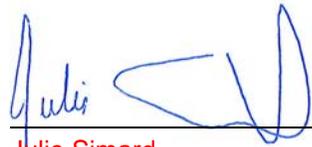
PRÉPARÉ PAR



---

Responsable scientifique  
Marie-Ève Larouche  
Géomorphologue, Chargée de projet

RÉVISÉ PAR



---

Julie Simard  
Chargée de projet

APPROUVÉ PAR

---

Contrôle qualité  
François Quinty  
Directeur de projet



---

# ÉQUIPE DE RÉALISATION

## HYDRO-QUÉBEC

Coordonnatrice du suivi environnemental	Maude Richard-St-Vincent
Responsable scientifique	Mylène Levasseur, Ph.D.

## WSP CANADA INC. (WSP)

Directeur de projet et rédaction	Jean Therrien, Biologiste
Chargée de projet et rédaction	Julie Simard, Géomorphologue, Ph.D.
Responsable scientifique, analyse et rédaction	Marie-Ève Larouche, Géomorphologue M. Sc.
Collaborateur	Jonathan Roger, Géomorphologue, M. Sc.
Infographie	Diane Gagné Line Savoie Maude LeHoullier Viens
Relecture et édition	Linette Poulin

### Travaux de terrain :

Nathalie Guérard	Marie-Ève Larouche
Carl Gauthier	Frédéric Milord
Olivier Barthell-Mailhot	Benoît Paquet
Martin Bégin	Nicolas Rathé
Benoît Chabot	Jonathan Roger
Dominick Cuerrier	William Rondeau
Alexandre Daneau	François Sabourin
Christian Demers	Julie Simard
Félix Dionne-Guertin	Antoine Therrien
Stéphane Geissel	Jean Therrien
Marie-Claude Julien	Joanie Tremblay
Terry Laberge	Frédéric Tremblay

---

# ÉQUIPE DE RÉALISATION (suite)

UANAN EXPERTS-CONSEILS INC.

## Aides de terrain d'Ekuanitshit

David Basile (coordonnateur)

Matthew Andrew

Moïse-Alexis Basile

Pierre Desjardins

Maxime Desjardins

Robert Guillemette

Jean-Philippe Hervieux

Marie-Philip Leclerc

Athanase Napess Mestokosho

Keanu Nolin

Omer Nolin

Michel-Pierre Petiquay-Roy

Robert Wapistan

---

### Référence à citer :

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 PRODUIT POUR HYDRO-QUÉBEC. 64 PAGES ET ANNEXES.

---

## SOMMAIRE

Conformément à ses engagements, Hydro-Québec a entrepris une étude visant à faire le suivi de la dynamique sédimentaire au droit de deux frayères à saumon situées aux PK 34 et 46 de la rivière Romaine. Plus précisément, l'étude a pour but d'analyser la variation temporelle de la teneur de deux classes de particules fines (soit celle < 2 mm et celle < 0,125 mm) dans le substrat de fraie, en relation avec le régime hydrologique de la rivière.

Le suivi de 2016-2017 fait suite à l'étude de référence (2005-2006) et aux études complémentaires réalisées sur deux ans (de l'automne 2009 au printemps 2011), toutes été menées en conditions naturelles. Ce rapport présente les résultats obtenus au cours de la première année de suivi en phase exploitation (mode transitoire), à la suite de la mise en service de Romaine-2 et de Romaine-1. Le protocole d'échantillonnage est globalement le même que celui développé sur les mêmes sites d'étude lors de l'établissement de l'état de référence en 2005-2006 et ensuite amélioré entre 2009 et 2011 (p. ex. ajout de trains de trappes à sédiments sur les frayères afin d'échantillonner adéquatement la charge de fond lors de la crue printanière, ajout de trappes à sédiments dans les tributaires pour caractériser les apports de sédiments provenant de ceux-ci, collecte de carottes cryogéniques pour caractériser la structure verticale du substrat des frayères). De plus, au cours de cette première année de suivi en phase exploitation, deux sondes à niveau d'eau ainsi que des galets traceurs ont été installés dans les tributaires qui se jettent dans la Romaine à proximité de chacune des deux frayères étudiées, afin de documenter les conditions hydrosédimentaires de ces derniers.

En 2018, l'échantillonnage a donc été effectué au moyen de carottages cryogéniques, de galets traceurs, de cubes d'infiltration (qui imitent un nid de saumon) et de trappes à sédiments. Les cubes et les trappes avaient été installés à l'intérieur de quatre îlots sur chacune des deux frayères vers la fin août – début septembre 2016. Un certain nombre d'entre eux avaient été relevés à trois occasions au cours de cette période (c.-à-d. immédiatement à la suite de l'installation des appareils [septembre 2016], une fois lors de la période automnale [octobre 2016], et une dernière fois après la crue printanière [juillet 2017]).

Les résultats provenant des carottes cryogéniques montrent que la structure verticale n'a pas changé à l'endroit du substrat des frayères, comparativement aux carottes prélevées en conditions naturelles. Mis en perspective avec le contexte géomorphologique plus global de la vallée, ce substrat est un sédiment ancien et hérité de conditions hydrologiques passées. À cet égard, il est peu probable que la structure verticale du substrat des frayères soit modifiée dans les conditions hydrologiques actuelles et futures.

En ce qui concerne la composition granulométrique de la charge de fond de la rivière Romaine, les résultats des trappes à sédiments installées sur les frayères ne montrent que peu de changements entre les études menées en conditions naturelles et la présente étude. En effet, peu de sédiments grossiers (cailloux et plus grossier) sont captés par les trappes sur l'ensemble de la période d'incubation et le contenu de ces dernières est essentiellement sableux pour les deux frayères. Toutefois, comparativement aux résultats des trois études menées en conditions naturelles, la proportion en particule < 0,125 mm dans les trappes est plus élevée en 2016-2017 pour les deux frayères pour toutes les périodes d'extraction.

Pour ce qui est des apports sédimentaires provenant des tributaires, la capacité de transport sédimentaire de ces derniers semble limitée à la classe granulométrique des sables selon le contenu des trappes à sédiment installées dans leur lit. Cependant, la détection des galets traceurs en juillet 2017 démontre clairement que des particules de la taille des graviers et des galets peuvent être expulsées de ces cours d'eau et se distribuer dans la rivière Romaine selon la configuration de l'embouchure (enceinte rocheuse au PK 34 et delta au PK 46).

La compétence des tributaires semble dépasser la capacité de prise en charge des sédiments par la Romaine, surtout pour les sédiments plus grossiers, mais les sources d'apports des sédiments alimentant les tributaires sont uniquement sablo-silteuses, comme en témoigne le contenu des trappes à sédiment et les observations au terrain.

En ce qui concerne la dynamique sédimentaire à l'échelle des nids de saumons artificiels, le pourcentage de particules < 0,125 mm est significativement à la hausse entre le début et la fin de la période d'incubation 2016-2017 pour les deux frayères et les valeurs dépassent le seuil de 0,17 % établi par Levasseur et coll. (2006). Ces résultats sont très similaires à ceux observés pour les trois études menées en conditions naturelles. Pour ce qui est de la teneur en particules < 2 mm, les résultats sont quelque peu différents de ceux en conditions naturelles. En effet, en conditions naturelles, une augmentation significative avec des écarts relativement importants était observée sur les deux frayères entre le début et la fin des trois périodes d'incubation étudiées (2005-2006, 2009-2010 et 2010-2011), dépassant même le seuil de 20 % de l'indice de Peterson (1978) en juillet 2011. En 2016-2017, seule la frayère du PK 46 indique une augmentation significative entre le début et la fin de la période d'incubation. En revanche, la hausse est plus faible que celles observées en conditions naturelles. Enfin, le pourcentage < 2 mm est inférieur au seuil de 20 % pour les deux frayères à la fin de la période d'incubation 2016-2017. De plus, les valeurs de juillet 2017 sont les plus faibles observées sur chacune des frayères, et ce, pour tous les suivis.

Il est trop tôt pour se prononcer clairement quant à la cause réelle des variations des pourcentages des particules inférieures à 2 mm et à 0,125 mm dans les nids artificiels de saumons implantés dans les frayères naturelles de la rivière Romaine en 2016-2017, puisqu'il s'agit du premier suivi en phase exploitation, comparativement aux trois études similaires menées en conditions naturelles. Néanmoins, les résultats de cette première année de suivi en phase exploitation renseignent sur une dynamique sédimentaire qui semble quelque peu différente, mais qui suggère la pérennité de la qualité granulométrique du substrat des frayères naturelles sans égards aux modifications du régime hydrologique. Les années de suivi à venir permettront de valider les tendances observées et de bonifier les résultats de la présente étude.

# TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION .....	1
2	ZONE D'ÉTUDE .....	5
3	MISE EN CONTEXTE ET OBJECTIFS .....	7
3.1	<b>CONDITIONS HYDROSÉDIMENTAIRES NATURELLES (AVANT AMÉNAGEMENT) .....</b>	<b>7</b>
3.1.1	DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DE LA VALLÉE FLUVIALE .....	7
3.1.2	DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE DES TRIBUTAIRES AU DROIT DES FRAYÈRES .....	9
3.1.3	DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE À L'ÉCHELLE DES FRAYÈRES À SAUMON .....	11
3.1.4	DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE À L'ÉCHELLE DU NID DE SAUMON .....	12
3.2	<b>OBJECTIFS SPÉCIFIQUES DE L'ÉTUDE .....</b>	<b>14</b>
4	MÉTHODOLOGIE .....	15
4.1	<b>DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE À L'ÉCHELLE DES FRAYÈRES À SAUMON .....</b>	<b>15</b>
4.1.1	EXTRACTIONS AU CAROTTIER CRYOGÉNIQUE .....	15
4.1.2	TRAPPES À SÉDIMENTS .....	16
4.2	<b>APPORT SÉDIMENTAIRE PROVENANT DES TRIBUTAIRES AU DROIT DES FRAYÈRES NATURELLES.....</b>	<b>17</b>
4.2.1	TRAPPES À SÉDIMENTS .....	17
4.2.2	IMPLANTATION ET DÉTECTION DES TRANSPONDEURS.....	17
4.3	<b>DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE À L'ÉCHELLE DU NID DE SAUMON.....</b>	<b>17</b>
4.4	<b>PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE.....</b>	<b>18</b>
4.4.1	ACTIVITÉS PLANIFIÉES ET RÉALISÉES .....	21
4.5	<b>ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES ET STATISTIQUES .....</b>	<b>31</b>
4.5.1	ÉCHANTILLONS RETENUS POUR LES ANALYSES .....	31
4.5.2	ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES .....	32
4.5.3	ANALYSES STATISTIQUES .....	33

<b>5</b>	<b>RÉSULTATS.....</b>	<b>35</b>
<b>5.1</b>	<b>DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE À L'ÉCHELLE DES FRAYÈRES À SAUMON .....</b>	<b>35</b>
5.1.1	COMPOSITION GRANULOMÉTRIQUE DE LA STRUCTURE VERTICALE DES FRAYÈRES .....	35
5.1.2	CHARGE DE FOND INTERCEPTÉE PAR LES TRAPPES À SÉDIMENTS INSTALLÉES SUR LES FRAYÈRES.....	37
<b>5.2</b>	<b>APPORT SÉDIMENTAIRE PROVENANT DES TRIBUTAIRES AU DROIT DES FRAYÈRES NATURELLES.....</b>	<b>41</b>
5.2.1	TRAPPES À SÉDIMENTS .....	41
5.2.2	SUIVI DES TRANSPONDEURS .....	42
<b>5.3</b>	<b>DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE À L'ÉCHELLE DU NID DE SAUMON.....</b>	<b>44</b>
5.3.1	VARIATIONS DE LA TENEUR EN PARTICULES PLUS FINES QUE 2 MM ....	44
5.3.2	VARIATIONS DE LA TENEUR EN PARTICULES PLUS FINES QUE 0,125 MM	52
<b>6</b>	<b>DISCUSSION.....</b>	<b>55</b>
<b>6.1</b>	<b>DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE À L'ÉCHELLE DES FRAYÈRES À SAUMON .....</b>	<b>55</b>
6.1.1	COMPARAISON DE LA STRUCTURE VERTICALE DES FRAYÈRES EN 2009 ET EN 2017 .....	55
6.1.2	TRANSPORT DE LA CHARGE DE FOND DE LA ROMAINE EN CONDITIONS NATURELLES VERSUS PREMIER SUIVI EN EXPLOITATION .....	58
<b>6.2</b>	<b>APPORTS SÉDIMENTAIRES PROVENANT DES TRIBUTAIRES AU DROIT DES FRAYÈRES.....</b>	<b>58</b>
6.2.1	COMPARAISON ENTRE LES CONDITIONS NATURELLES ET LE PREMIER SUIVI EN PHASE EXPLOITATION AU PK 34.....	59
6.2.2	COMPARAISON ENTRE LES CONDITIONS NATURELLES ET LE PREMIER SUIVI EN PHASE EXPLOITATION AU PK 46.....	59
6.2.3	SOMMAIRE .....	59
<b>6.3</b>	<b>DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE À L'ÉCHELLE DES NIDS DE SAUMON.....</b>	<b>60</b>
6.3.1	VARIATION TEMPORELLE DES PARTICULES < 2 MM : COMPARAISON ENTRE LES CONDITIONS NATURELLES ET LE PREMIER SUIVI EN PHASE EXPLOITATION.....	60

6.3.2	VARIATION TEMPORELLE DES PARTICULES < 0,125 MM : COMPARAISON ENTRE LES CONDITIONS NATURELLES ET LE PREMIER SUIVI EN PHASE EXPLOITATION .....	61
6.3.3	INDICE DE SURVIE DES EMBRYONS DE SAUMON : COMPARAISON ENTRE LES CONDITIONS NATURELLES ET LE PREMIER SUIVI EN EXPLOITATION .....	62
7	CONCLUSION .....	63
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	65



# TABLE DES MATIÈRES

## TABLEAUX

TABLEAU 4-1	SOMMAIRE DES EXTRACTIONS AU CAROTTIER CRYOGÉNIQUE PAR FRAYÈRE .....	21
TABLEAU 4-2	NOMBRE DE GALETS TRACEURS, DE GALETS FIXES ET DE TRANSPONDEURS TRACEURS DÉPLOYÉS À CHAQUE TRANSECT TRANSVERSAL DANS LES TRIBUTAIRES AU PK 34 ET AU PK 46 .....	21
TABLEAU 4-3	SÉQUENCE PLANIFIÉE DES TRAVAUX EN RIVIÈRE ET DES ACTIVITÉS RÉALISÉES .....	27
TABLEAU 4-4	ÉTAT DES TRAPPES À SÉDIMENTS AU MOMENT DE LEUR EXTRACTION ET CONSTAT DE LEUR ACTIVATION LORS DE CHAQUE CAMPAGNE DE TERRAIN .....	30
TABLEAU 4-5	SOMMAIRE DES EXTRACTIONS DE CUBES PAR ÎLOT ET PAR FRAYÈRE .....	31
TABLEAU 4-6	NOMBRE D'ÉCHANTILLONS AYANT FAIT L'OBJET D'UNE ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE .....	32
TABLEAU 4-7	CLASSIFICATION GRANULOMÉTRIQUE (MODIFIÉE D'APRÈS WENTWORTH, 1922).....	32
TABLEAU 5-1	ANALYSE VISUELLE DE LA PROPORTION EN SABLE À DIFFÉRENTES PROFONDEURS DANS LE SUBSTRAT DES FRAYÈRES DU PK 34 ET DU PK 46 DE LA RIVIÈRE ROMAINE .....	35
TABLEAU 5-2	VALEURS DU D10, DU D50 ET DU D90 DES ÉCHANTILLONS PRÉLEVÉS AUX FRAYÈRES DU PK 34 ET DU PK 46 DE LA RIVIÈRE ROMAINE ET CLASSES GRANULOMÉTRIQUES ASSOCIÉES SELON L'ÉCHELLE DE WENTWORTH (1922) (TOUTES STRATES CONFONDUES). .....	36

TABLEAU 5-3	PROPORTION (%) DES SÉDIMENTS FINS < 0,125 MM ET < 2 MM DES ÉCHANTILLONS PRÉLEVÉS SUR LA FRAYÈRE DU PK 34 ET DU PK 46 DE LA RIVIÈRE ROMAINE (TOUTES STRATES CONFONDUES). .....	37
TABLEAU 5-4	VALEURS DU D <sub>10</sub> , DU D <sub>50</sub> ET DU D <sub>90</sub> CALCULÉES À PARTIR DU CONTENU DES TRAPPES À SÉDIMENTS SUR LES FRAYÈRES. ....	38
TABLEAU 5-5	VALEURS DU D <sub>10</sub> , DU D <sub>50</sub> ET DU D <sub>90</sub> CALCULÉES À PARTIR DU CONTENU DES TRAPPES À SÉDIMENTS DANS LES TRIBUTAIRES. ....	41
TABLEAU 5-6	COMPARAISON ENTRE LE NOMBRE DE TRANSPONDEURS IMPLANTÉ ET LE NOMBRE DÉTECTÉ POUR LES PÉRIODES D'ÉCHANTILLONNAGE ENTRE AOÛT 2016 ET JUILLET 2017 DANS LES TRIBUTAIRES DU PK 34 ET DU PK 46 ET À LEUR CONFLUENCE AVEC LA RIVIÈRE ROMAINE .....	43
TABLEAU 5-7	DÉPLACEMENT MOYEN (M) DES TRANSPONDEURS RETROUVÉS POUR LES PÉRIODES D'ÉCHANTILLONNAGE ENTRE AOÛT 2016 ET JUILLET 2017 DANS LES TRIBUTAIRES DU PK 34 ET DU PK 46 ET À LEUR CONFLUENCE AVEC LA RIVIÈRE ROMAINE .....	43
TABLEAU 6-1	COMPARAISON DES RÉSULTATS DE 2017 AVEC LES PARAMÈTRES GRANULOMÉTRIQUES DES CAROTTES DE SÉDIMENTS DE L'ÉTUDE D'ENVIRONNEMENT ILLIMITÉ (2009).....	57
TABLEAU 6-2	COMPARAISON DU POURCENTAGE MOYEN DE PARTICULES FINES < 2 MM DANS LES NIDS ARTIFICIELS DES DEUX FRAYÈRES NATURELLES POUR LES EXTRACTIONS DU DÉBUT ET DE LA FIN DE CHACUNE DES PÉRIODES D'INCUBATION EN CONDITIONS NATURELLES (2005-2006, 2009-2010, 2010-2011) ET EN PHASE	

	EXPLOITATION (MODE TRANSITOIRE) 2016-2017.....	61
TABLEAU 6-3	COMPARAISON DU POURCENTAGE MOYEN DE PARTICULES FINES < 0,125 MM DANS LES NIDS ARTIFICIELS DES DEUX FRAYÈRES NATURELLES POUR LES EXTRACTIONS DU DÉBUT ET DE LA FIN DE CHACUNE DES PÉRIODES D'INCUBATION EN CONDITIONS NATURELLES (2005-2006, 2009-2010, 2010-2011) ET EN PHASE EXPLOITATION (MODE TRANSITOIRE) 2016-2017.....	61



# TABLE DES MATIÈRES

## FIGURES

FIGURE 3-1	HYDROGRAMME DE LA RIVIÈRE ROMAINE, BASÉ SUR LES DONNÉES HISTORIQUES COUVRANT LA PÉRIODE COMPRISE ENTRE 1956 ET 2001).....	10
FIGURE 3-2	COUPE LONGITUDINALE ET VERTICALE D'UN NID TYPIQUE DE SAUMON (TIRÉE DE LEVASSEUR, 2008).....	13
FIGURE 4-1	CAROTTIER CRYOGÉNIQUE UTILISÉ POUR LE PRÉLÈVEMENT DE CAROTTES DE SÉDIMENTS DANS LE SUBSTRAT DES FRAYÈRES NATURELLES. ....	15
FIGURE 4-2	TRAPPES À SÉDIMENTS UTILISÉES POUR LA PRÉSENTE ÉTUDE.....	16
FIGURE 4-3	À GAUCHE, DISPOSITION D'UN TRAIN DE TRAPPES À SÉDIMENTS. À DROITE, VUE AVANT SON INSTALLATION (GENIVAR, 2012). ....	16
FIGURE 4-4	UN CUBE D'INFILTRATION MONTRÉ AVEC SON SAC D'ÉCHANTILLONNAGE PARTIELLEMENT REPLIÉ VERS LE BAS AVANT L'INSTALLATION.....	18
FIGURE 4-5	SÉQUENCE PLANIFIÉE ET RÉALISÉE DES TRAVAUX EN RIVIÈRE POUR L'ÉTUDE DE LA QUALITÉ GRANULOMÉTRIQUE DU SUBSTRAT DE FRAIE ET DE LA CAPACITÉ DE TRANSPORT SÉDIMENTAIRE AU PK 34 ET AU PK 46 DE LA RIVIÈRE ROMAINE LORS DE LA PÉRIODE D'INCUBATION 2016-2017.....	19
FIGURE 4-6	CROQUIS ILLUSTRANT LE POSITIONNEMENT DES TRANSECTS ET DES GALETS FIXES AU TRIBUTAIRE DU PK 34 LORS DE LEUR INSTALLATION (AOÛT 2016).....	25
FIGURE 4-7	CROQUIS ILLUSTRANT LE POSITIONNEMENT DES TRANSECTS ET DES GALETS FIXES AU TRIBUTAIRE DU PK 46 LORS DE LEUR INSTALLATION (AOÛT 2016).....	26

FIGURE 5-1	POURCENTAGE DES DIFFÉRENTES CLASSES DE SÉDIMENTS RÉCOLTÉ PAR LES TRAPPES.....	39
FIGURE 5-2	INSTALLATION ET EXTRACTION DES APPAREILS D'ÉCHANTILLONNAGES EN FONCTION DE L'HYDROGRAMME DE LA RIVIÈRE ROMAINE ET DES NIVEAUX D'EAU DES TRIBUTAIRES AU PK 34 ET AU PK 46.....	40
FIGURE 5-3	VARIATION DE LA PROPORTION MOYENNE DE PARTICULES < 2 MM DANS LE SUBSTRAT DES CUBES D'INFILTRATION (NIDS ARTIFICIELS) À LA FRAYÈRE DU PK 34 DE LA RIVIÈRE ROMAINE D'AOÛT 2016 À JUILLET 2017.....	49
FIGURE 5-4	VARIATION DE LA PROPORTION MOYENNE DE PARTICULES < 2 MM DANS LE SUBSTRAT DES CUBES D'INFILTRATION (NIDS ARTIFICIELS) À LA FRAYÈRE DU PK 46 DE LA RIVIÈRE ROMAINE D'AOÛT 2016 À JUILLET 2017.....	50
FIGURE 5-5	VARIATION DE LA PROPORTION MOYENNE DE PARTICULES < 0,125 MM DANS LE SUBSTRAT DES CUBES D'INFILTRATION (NIDS ARTIFICIELS) À LA FRAYÈRE DU PK 34 DE LA RIVIÈRE ROMAINE D'AOÛT 2016 À JUILLET 2017.....	51
FIGURE 5-6	VARIATION DE LA PROPORTION MOYENNE DE PARTICULES < 0,125 MM DANS LE SUBSTRAT DES CUBES D'INFILTRATION (NIDS ARTIFICIELS) À LA FRAYÈRE DU PK 46 DE LA RIVIÈRE ROMAINE D'AOÛT 2016 À JUILLET 2017.....	53
FIGURE 6-1	HYDROGRAMME DE LA RIVIÈRE ROMAINE ENTRE 2016 ET 2017.....	56

# TABLE DES MATIÈRES

## CARTES

CARTE 1-1	SITUATION DU PROJET .....	2
CARTE 2-1	LOCALISATION DES PRINCIPALES FRAYÈRES À SAUMON NATURELLES DU COURS PRINCIPAL DE LA RIVIÈRE ROMAINE .....	6
CARTE 4-1	LOCALISATION DES CAROTTAGES RÉALISÉS EN JUILLET 2017 SUR LES FRAYÈRES DU PK 34 ET DU PK 46 DE LA RIVIÈRE ROMAINE .....	23
CARTE 4-2	LOCALISATION DES APPAREILS D'ÉCHANTILLONNAGE DANS LE SUBSTRAT DE LA FRAYÈRE DU PK 34.....	28
CARTE 4-3	LOCALISATION DES APPAREILS D'ÉCHANTILLONNAGE DANS LE SUBSTRAT DE LA FRAYÈRE DU PK 46.....	29
CARTE 5-1	DÉPLACEMENT DES GALETS TRACEURS ENTRE AOÛT 2016 ET JUILLET 2017 DANS LE TRIBUTAIRE DU PK 34 DE LA RIVIÈRE ROMAINE.....	45
CARTE 5-2	DÉPLACEMENT DES GALETS TRACEURS ENTRE AOÛT 2016 ET JUILLET 2017 DANS LE TRIBUTAIRE DU PK 46 DE LA RIVIÈRE ROMAINE.....	47



# TABLE DES MATIÈRES

---

## ANNEXES

- 1 REPORTAGE PHOTOGRAPHIQUE
- 2 CAROTTIER CRYOGÉNIQUE
- 3 POSITION DES ÎLOTS EN 2005-2006, 2009-2010, 2010-2011  
ET 2016-2017
- 4 POURCENTAGE DES DIFFÉRENTES CLASSES DE  
SÉDIMENTS RÉCOLTÉS PAR LES TRAPPES EN 2016-2017
- 5 DONNÉES BRUTES DES CUBES PAR ÎLOTS EN 2016-2017
- 6 HYDROGRAMME JOURNALIER MOYEN AU PK 16 DE LA  
RIVIÈRE ROMAINE ET VARIATION DE LA PROPORTION  
MOYENNE DE PARTICULES < 0.125 MM ET < 2 MM EN 2005-  
2006, 2009-2010 ET 2010-2011
- 7 POURCENTAGE DES DIFFÉRENTES CLASSES DE  
SÉDIMENTS RÉCOLTÉS PAR LES TRAPPES EN 2005-2006,  
2009-2010 ET 2010-2011



# 1 INTRODUCTION

Hydro-Québec a amorcé, en mai 2009, 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. À échéance, 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 52,5 (Romaine-1), comprendra un barrage en enrochement, une centrale et un réservoir (carte 1-1). Leur mise en service s'échelonna de 2014 à 2020, soit 2014 pour Romaine-2, 2015 pour Romaine-1, 2017 pour Romaine-3 et 2021 pour Romaine-4.

La mise en eau des réservoirs et le début de l'exploitation du complexe de la Romaine ont entraîné une modification du régime hydrologique, particulièrement dans le tronçon entre l'embouchure et la centrale de Romaine-1. Auparavant, le régime de la rivière Romaine était typique des rivières de la Côte-Nord, c'est-à-dire caractérisé par des crues printanières généralement fortes (1 500 m<sup>3</sup>/s en moyenne) et des étiages hivernaux prononcés (entre 100 et 75 m<sup>3</sup>/s). Ce régime a été remplacé, depuis la mise en service des centrales, par un régime d'exploitation où le module annuel demeure environ le même, mais où le débit devrait varier à l'intérieur d'une plage plus restreinte, soit entre 200 et 400 m<sup>3</sup>/s en mode pleine exploitation.

Pour obtenir les autorisations gouvernementales nécessaires à la construction du Complexe de la Romaine, Hydro-Québec a réalisé une vaste étude d'impact sur l'environnement. Un des nombreux rapports sectoriels accompagnant cette étude d'impact portait sur la dynamique hydrosédimentaire des trois frayères à saumon atlantique situées en aval de l'aménagement projeté de la Romaine-1 (GENIVAR, 2007). Ce rapport visait surtout à décrire les caractéristiques sédimentaires de ces frayères en conditions naturelles (période d'incubation 2005-2006), et à prévoir les effets sur celles-ci à la suite des changements hydrologiques en lien avec la mise en place des aménagements hydroélectriques.

Après l'analyse de l'étude d'impact du Complexe de la Romaine, les autorités gouvernementales ont formulé plusieurs questions et commentaires concernant, d'une part, la dynamique sédimentaire de la rivière Romaine au droit des frayères à saumon et, d'autre part, le protocole d'échantillonnage et certains aspects des résultats de l'étude sectorielle (GENIVAR, 2007).

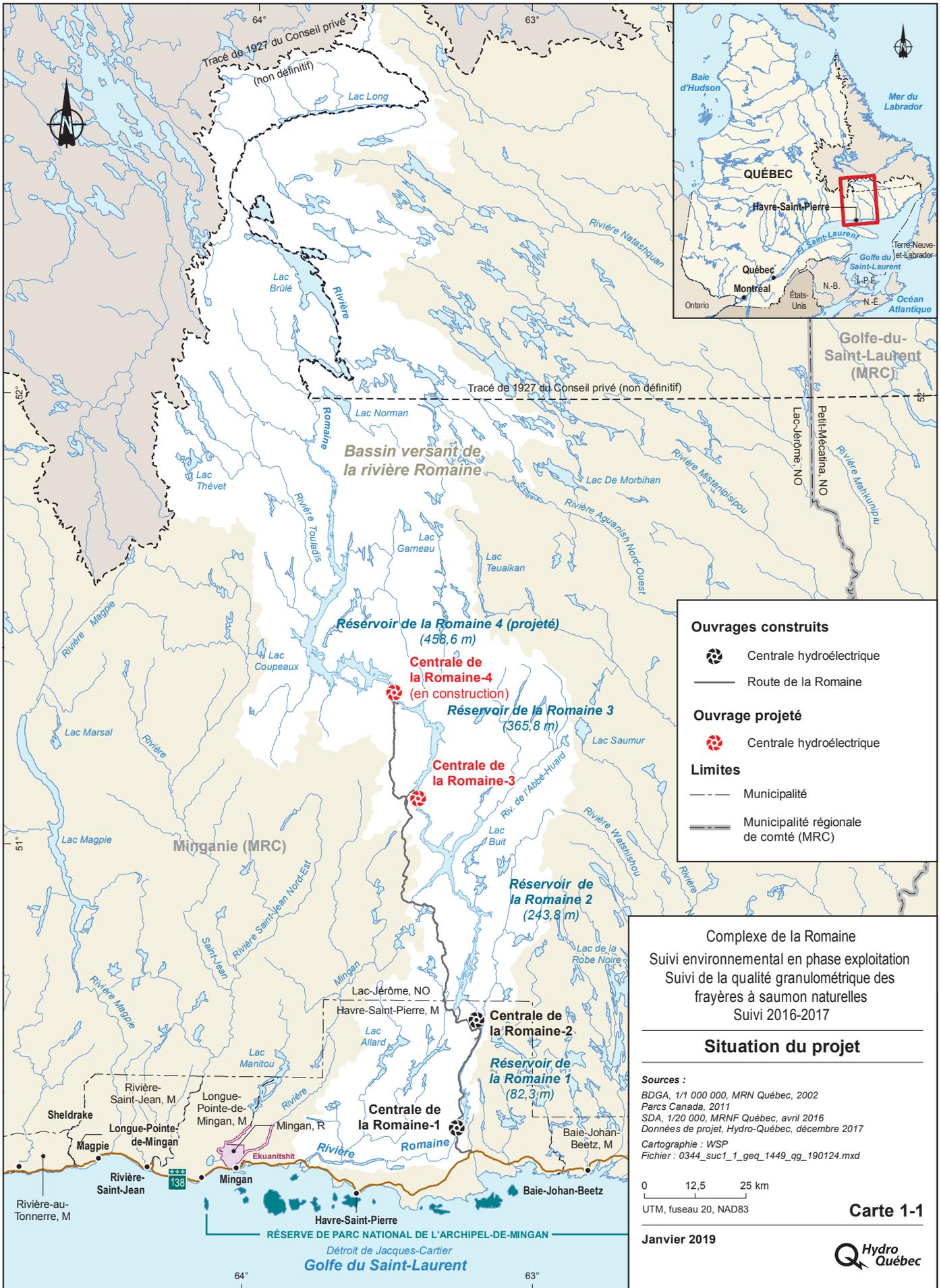
Il en est résulté la nécessité d'entreprendre une étude complémentaire sur le sujet en conditions naturelles dont les sources spécifiques d'engagement d'Hydro-Québec sont les suivantes :

- 1 Certificat d'autorisation du MDDEP<sup>1</sup> (décret n° 530-2009 délivré le 6 mai 2009) :
  - Condition 1, sous la mention « Lettre de monsieur Paul DesRoches, d'Hydro-Québec, à monsieur Gilles Brunet, du MDDEP, datée du 25 mars 2009, concernant le complexe de la Romaine – information complémentaire et engagements d'Hydro-Québec ».

Les engagements d'Hydro-Québec qui accompagnent cette lettre précisent le protocole de l'étude complémentaire des conditions sédimentaires des frayères à saumon en conditions naturelles. Ces engagements impliquent également que le protocole d'échantillonnage de 2005-2006 sera réitéré, notamment en améliorant le plan initial, et que l'étude débutera dès 2009 et couvrira deux périodes d'incubation consécutives.

---

<sup>1</sup> Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) depuis octobre 2018.



- 2 Autorisation en vertu de la Loi sur les pêches de Pêches et Océans Canada MPO (autorisation n° 2009-12 délivrée le 11 mai 2009) :
- Condition 1.4.1 qui stipule que : les travaux seront effectués suivant les pratiques décrites dans le document intitulé « Complexe de la Romaine-Suivi complémentaire pour la sédimentologie. Mise à jour des réponses aux questions QC-74 et QC-76 (Hydro-Québec, mars 2009) »;
  - Condition 2.5.1 qui stipule que : « La requérante devra soumettre au MPO, d'ici le 31 décembre 2013, une étude complémentaire sur la dynamique hydrosédimentaire des frayères à saumon atlantique, qui aura pour objectif de déterminer les paramètres hydrologiques du régime de débit d'entretien requis, soit le moment, l'amplitude, la durée, la fréquence et la forme de l'hydrogramme ».

L'étude complémentaire a par conséquent été effectuée en conditions naturelles, soit avant le début des travaux de construction, et a été réalisée durant deux périodes d'incubation consécutives, soit au cours des années 2009-2010 et 2010-2011 (GENIVAR, 2011 et 2012; Environnement Illimité, 2012). Elle comprend deux volets, le premier portant sur les conditions sédimentaires au droit des frayères à saumon et le second sur la dynamique sédimentaire à l'échelle du nid de saumon. Il est à noter que la survie des embryons de saumon a été évaluée en parallèle lors de la période d'incubation 2010-2011 et que ces résultats ont fait l'objet d'un rapport distinct.

De plus, conformément à ses engagements et pour respecter les prescriptions énoncées dans la condition 2 du certificat d'autorisation (CA) du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP)<sup>1</sup>, ainsi que dans l'autorisation de Pêches et Océans Canada (MPO) délivrée en vertu de la *Loi sur les pêches*, Hydro-Québec a élaboré un programme détaillé de suivi environnemental qui s'étend de 2009 à 2040. Son objectif général est de vérifier l'évolution du milieu et l'efficacité des mesures d'atténuation afin qu'Hydro-Québec puisse apporter les correctifs nécessaires, au besoin.

Le programme de suivi environnemental 2009-2040 qui porte spécifiquement sur la qualité granulométrique des frayères à saumon naturelles, stipule qu'Hydro-Québec doit effectuer le suivi des teneurs en sables et en particules fines dans le pavement des frayères à saumons pendant une période minimale de 15 années, soit en l'an 2, 3, 4, 6, 8, 11 et 16 suivant la mise en service de la centrale de la Romaine-2. La présente étude a donc pour objectif de présenter les résultats de la première des sept années de suivi prévues en phase exploitation. Cette première année de suivi vise à refléter les conditions pour la période d'incubation de 2016-2017, soit à l'an 2 suivant la mise en service de la centrale de la Romaine-2 qui a eu lieu en 2014. Notons que l'étude tient également compte des conditions liées à la mise en service de la centrale de la Romaine-1 qui a eu lieu en 2015.

Globalement, cette étude décrit la dynamique sédimentaire à l'échelle du nid de saumon au droit des frayères des PK 34 et 46 de la rivière Romaine lors de la période d'incubation des œufs de saumon. Dans la rivière Romaine, cette période débute lors de la fraie, soit à l'automne, et se termine à l'émergence des alevins au printemps.

Plus précisément, cette étude vise à analyser la variation temporelle de la teneur en particules fines dans le substrat de fraie et le transport en charge de fond en relation avec les événements hydrologiques majeurs de la rivière, tels que la période de crues automnales, de l'étiage hivernal et de la crue printanière. En grande partie, comme prévu, cette étude réitère le protocole d'échantillonnage de l'étude de GENIVAR menée en 2005-2006 (2007), laquelle avait été reprise en 2009-2010 et en 2010-2011, en y apportant toutefois certaines améliorations au plan méthodologique (voir rapports de GENIVAR 2011 et 2012 pour les détails et l'étude d'Environnement Illimité de 2009-2011 (2012)).

En somme, le présent rapport rend compte des résultats obtenus après la première année d'échantillonnage en conditions d'exploitation (mode transitoire<sup>2</sup>), laquelle s'est déroulée de septembre 2016 à juillet 2017. Après une brève mise en contexte, les aspects suivants sont traités dans l'ordre : la zone d'étude, les méthodes, les résultats, la discussion et les conclusions.

---

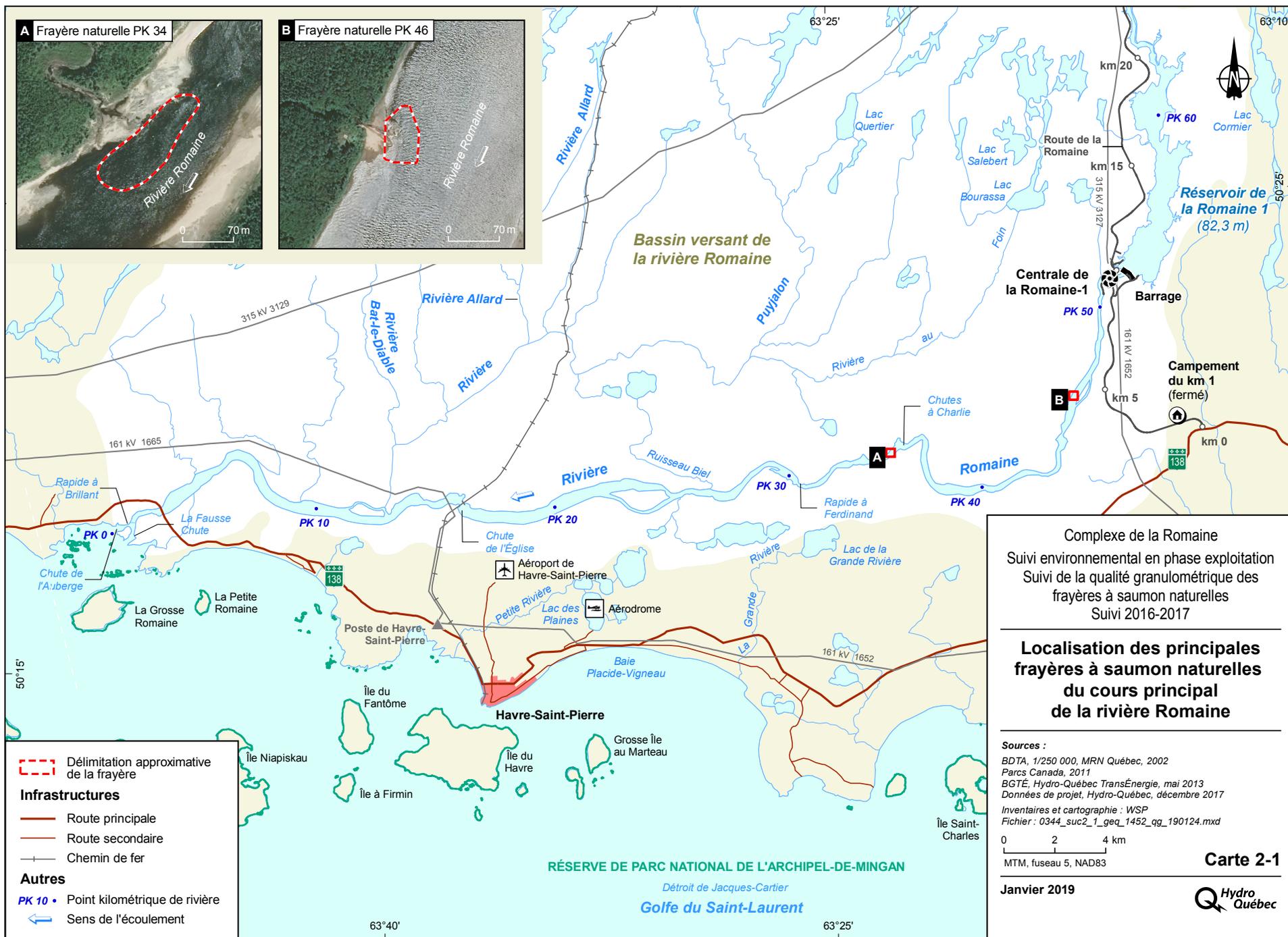
2 Puisque les centrales de Romaine-3 et de la Romaine-4 sont en construction.



## 2 ZONE D'ÉTUDE

Le tronçon de la rivière Romaine ciblé pour cette étude se situe entre l'embouchure et la centrale de la Romaine-1 (carte 2-1). Sur le plan géomorphologique, cette section de rivière s'écoule sur la plaine côtière, telle que décrite par Poly-Géo inc. (2002, 2006a et 2016). Ce tronçon correspond également à la portion de la rivière Romaine accessible au saumon et comprend les deux principales frayères (PK 34 et 46), dont la dynamique sédimentaire a déjà été étudiée en conditions naturelles en 2005-2006 (GENIVAR, 2007a), en 2009-2010 (GENIVAR, 2011) et en 2010-2011 (GENIVAR, 2012). La zone d'étude spécifique à la caractérisation de la dynamique sédimentaire à l'échelle du nid de saumon se limite à ces deux principales frayères.

Comme décrit en détail dans l'étude antérieure (GENIVAR, 2007a), les contextes hydraulique et sédimentaire sont différents pour ces deux frayères. Celle du PK 34 est profonde (2 à 4 m) et située dans le talweg de la rivière alors que la frayère du PK 46 se trouve en bordure du talweg de la Romaine et en périphérie du haut-fond que constitue le delta du tributaire du PK 46 (carte 2-1).



# 3 MISE EN CONTEXTE ET OBJECTIFS

---

## 3.1 CONDITIONS HYDROSÉDIMENTAIRES NATURELLES (AVANT AMÉNAGEMENT)

De nombreuses études visant à comprendre différents aspects de la dynamique fluviale de la rivière Romaine ont été réalisées en avant-projet. Parmi ces études, il y a celles qui ont permis d'établir un état des connaissances plus global de la rivière, à partir desquelles se sont déclinées des études plus détaillées, portant parfois sur plusieurs années et traitant de la nature des matériaux de surface (Poly-Géo inc., 2004; 2006a), de la dynamique sédimentaire de l'ensemble de la rivière (Poly-Géo inc., 2006a; GENIVAR, 2007), de la contribution de l'érosion des berges et des tributaires au bilan sédimentaire (Poly-Géo inc., 2014 ; 2016), du transport de la charge de fond (Aecom, 2016), des conditions hydrosédimentaires au niveau des frayères (Environnement Illimitée, 2012) et des conditions hydrosédimentaires à l'échelle du nid de saumon (GENIVAR, 2007a; GENIVAR, 2011; GENIVAR, 2012).

Puisque le présent rapport concerne le suivi spécifique des conditions hydrosédimentaires à l'échelle du nid de saumon, il devient essentiel de prendre le recul nécessaire et de camper le contexte global dans lequel il se situe, en utilisant l'ensemble des études réalisées, afin de mieux saisir les enjeux. La mise en contexte qui suit vise donc à synthétiser l'état des connaissances sur le contexte géologique et géomorphologique afin de bien comprendre dans quels types d'environnement et de dépôts anciens s'est incisée la rivière et dans quels types de sédiments elle s'écoule actuellement. Ceci permettra, par conséquent, de bien définir la nature du substrat dans lesquelles se sont implantées les frayères naturelles de la rivière Romaine et de bien comprendre en quoi consiste le substrat de fraie actuel qui les compose.

---

### 3.1.1 DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DE LA VALLÉE FLUVIALE

#### CONTEXTE GÉOMORPHOLOGIQUE

Comme certains paléodeltas<sup>3</sup> de la Côte-Nord, le paléodelta de la rivière Romaine fait partie de la catégorie des « deltas sans seuils » et mis en place en conditions distales, c'est-à-dire que le front glaciaire était presque hors du bassin versant de la Romaine lors de la mise en place du delta dans la plaine côtière (Dietrich et coll., 2017).

Dans la région de la Romaine, la limite de la mer de Goldwaith aurait atteint 100 m au-dessus du niveau actuel de la mer (Dietrich et coll., 2017). La sédimentation d'un premier delta postglaciaire aurait donc débuté au niveau du bassin des Murailles (PK 80), profitant d'un ralentissement du retrait glaciaire à cet endroit qui est marqué par la présence d'une moraine (Poly-Géo inc., 2002). Dans ce secteur, en amont de la plaine côtière et près du front glaciaire, les deltas sont de types juxtaglaciaire ou fluvioglaciaire et présentent des unités sédimentaires constituées de sables, de graviers et de galets, comme le montre la carte des matériaux de surface (Poly-Géo inc., 2004). Or, plus en aval, les constructions deltaïques sont plutôt issues de la baisse graduelle du niveau marin et des apports fluviaux de la rivière Romaine puisqu'à cette époque, le front glaciaire en retrait avait quitté le bassin de drainage et ne fournissait plus d'eau de fonte chargée en sédiments dans le bassin de la Romaine. C'est la raison pour laquelle les unités sédimentaires deltaïques en aval du bassin des murailles sont dites paraglaciales (Dietrich et coll., 2017) et, par conséquent, sont composées surtout de sables silteux. D'ailleurs, ces sables silteux ont été observés lors d'une visite au terrain au site des frayères (observ. pers. juillet 2017, J. Simard) à l'embouchure des tributaires des PK 34 et PK 46.

---

<sup>3</sup> Delta mis en place lors d'anciens niveaux de la mer à la suite du retrait des glaciers.

silteux ont été observés lors d'une visite au terrain au site des frayères (observ. pers. juillet 2017, J. Simard) à l'embouchure des tributaires des PK 34 et PK 46.

La baisse graduelle du niveau marin au cours de l'Holocène a fait en sorte que le paléodelta dans les secteurs des PK 34 et PK 46, entre 20 et 30 m d'altitude, se serait sédimenté autour de 7,5 ka et qu'au même moment, le front du glacier en recul se situait complètement au nord du bassin versant de la rivière Romaine (Dietrich et coll., 2017).

Le niveau marin a par la suite diminué jusqu'à son niveau actuel, comme le démontre la succession de niveaux de terrasses emboîtées, observées partout dans la vallée fluviale de la Romaine dans le secteur en aval de RO-1 (Polygéo inc., 2002; 2004). C'est lors de cet encaissement dans les anciens dépôts deltaïques que la rivière Romaine, beaucoup plus puissante qu'aujourd'hui, aurait érodé les sédiments grossiers du bassin des Murailles. Les sables, graviers et galets très arrondis ont été transportés et sédimentés, formant des lits fluviaux. Ces anciens lits fluviaux sont susceptibles d'être retrouvés sur les replats des différents niveaux de terrasses et dans le lit fluvial actuel de la rivière Romaine.

Il est également intéressant de noter qu'au cours de l'Holocène, le niveau marin n'a pas baissé de façon constante et a subi quelques épisodes de bas niveaux / stabilisations / remontées (Bernatchez, 2003; Simard, 2010). Ces fluctuations du niveau marin ont entraîné des épisodes d'incision, de stabilisation et d'aggradation du lit de la rivière Romaine. Au fil de ces fluctuations, le profil longitudinal de la rivière Romaine s'est donc ajusté en s'encaissant dans les dépôts, parfois jusqu'au roc, ou encore en s'aggradant lors de remontées du niveau marin.

## DÉPÔTS DE SURFACE ET SÉQUENCE STRATIGRAPHIQUE

En avant-projet, la vallée fluviale de la rivière Romaine a été sous-divisée en zones homogènes afin de documenter le milieu physique (Poly-Géo inc., 2002). Le tronçon dans lequel se situent les frayères à saumon est situé entre le PK 51 et l'embouchure de la rivière. Ce tronçon est nommé « la plaine côtière » et correspond à la surface du paléodelta de la rivière Romaine dans laquelle s'est encaissée la rivière, comme décrit précédemment.

Les études géomorphologiques, les reconstitutions paléogéographiques récentes, l'analyse des images satellitaires, ainsi que les observations réalisées lors de nombreux survols hélicoptérés du secteur et activités de terrain récents ont permis de reconstituer la séquence stratigraphique type de ce tronçon fluvial.

Tout d'abord, la présence de nombreux affleurements rocheux dans la plaine et les changements brusques de direction de la rivière indiquent que les discontinuités rocheuses influencent fortement le parcours de la rivière et que la vallée rocheuse a été entièrement comblée de sédiments lors de la construction du paleodelta. Recouvrant le roc, l'unité stratigraphique la plus ancienne observée au fond de la vallée rocheuse est constituée d'un till (annexe 1, photo 1). Ce dernier a entre autres été observé reposant directement sur la surface rocheuse le long d'une coupe naturelle localisée dans le tributaire du PK 34 (observ. pers. juillet 2017, J. Simard).

Ce till est recouvert d'une couche d'argile glaciomarine. Le contact entre ces deux unités est franc et en plusieurs autres endroits, l'argile est observée en discordance sur la surface rocheuse. Cette unité d'argile peut atteindre par endroit jusqu'à 6 m d'épaisseur (Poly-Géo inc., 2002). Le contact franc entre le till et l'argile indique que l'invasion marine a immédiatement succédé au retrait glaciaire et que la profondeur de l'eau dans la plaine côtière a rapidement atteint au moins 50 m pour permettre le dépôt des argiles.

Ces argiles glaciomarines sont recouvertes par une troisième unité stratigraphique, composée de dépôts deltaïques<sup>4</sup> dont la granulométrie est constituée de silt à leur base et de sédiments plus sableux vers la surface. Ces dépôts recouvrent l'ensemble de la plaine côtière et peuvent atteindre des épaisseurs d'environ 5-6 m par endroit (Poly-Géo inc., 2002).

---

<sup>4</sup> Dépôt de silt, sable et gravier se sédimentant lorsqu'une rivière atteint la mer.

## COMPOSITION DU LIT FLUVIAL

En fonction de la composition des unités stratigraphiques de la plaine côtière, la rivière Romaine est actuellement susceptible de s'écouler sur un lit fluvial composé soit : 1) du socle rocheux; 2) de sédiments hérités lors du dernier cycle glaciaire (till, argile, sables deltaïques); ou 3) de sédiments fluviaux anciens (reliques) (sable, graviers et galets arrondis) ou récents (sable fin à moyen provenant de l'érosion des berges ou des tributaires (Poly-Géo inc. 2014; 2016). Une étude portant sur la dynamique sédimentaire de la rivière Romaine démontre que les secteurs localisés en amont de la plaine côtière acheminent peu de sédiments vers l'aval (Poly-Géo inc., 2006a). Cette même étude soutient également que la rivière Romaine s'écoulant sur la plaine côtière est apte à transporter et à évacuer vers la mer, sur une base annuelle, des volumes équivalents à ceux produits par l'érosion des berges et l'apport des tributaires. Puisque le bilan sédimentaire annuel de la rivière Romaine est neutre, tout porte à croire que globalement, le tronçon de la rivière Romaine le long de la plaine côtière s'écoule sur des sédiments anciens ou reliques et que le lit fluvial constitué de sables provenant des sources sédimentaires actuelles est très mobile, ne favorisant pas d'aggradation globalement, mais plutôt une condition d'équilibre hydrosédimentaire (Poly-Géo inc., 2006a).

## CONDITIONS HYDROLOGIQUES NATURELLES DE LA RIVIÈRE ROMAINE

Les conditions hydrologiques naturelles de la rivière Romaine montrent que la crue printanière débute en moyenne un peu après la mi-avril et atteint habituellement son pic en début juin (figure 3-1). La décrue se prolonge jusqu'au début du mois de juillet et la période d'étiage estival atteint son niveau le plus bas au début du mois de septembre. Les valeurs maximales journalières de l'hydrogramme indiquent qu'au cours de l'automne, plusieurs épisodes de crues peuvent survenir et qu'au cours du mois de décembre, les débits décroissent pour la période hivernale, pour atteindre un minimum habituellement dans les mois de février et mars.

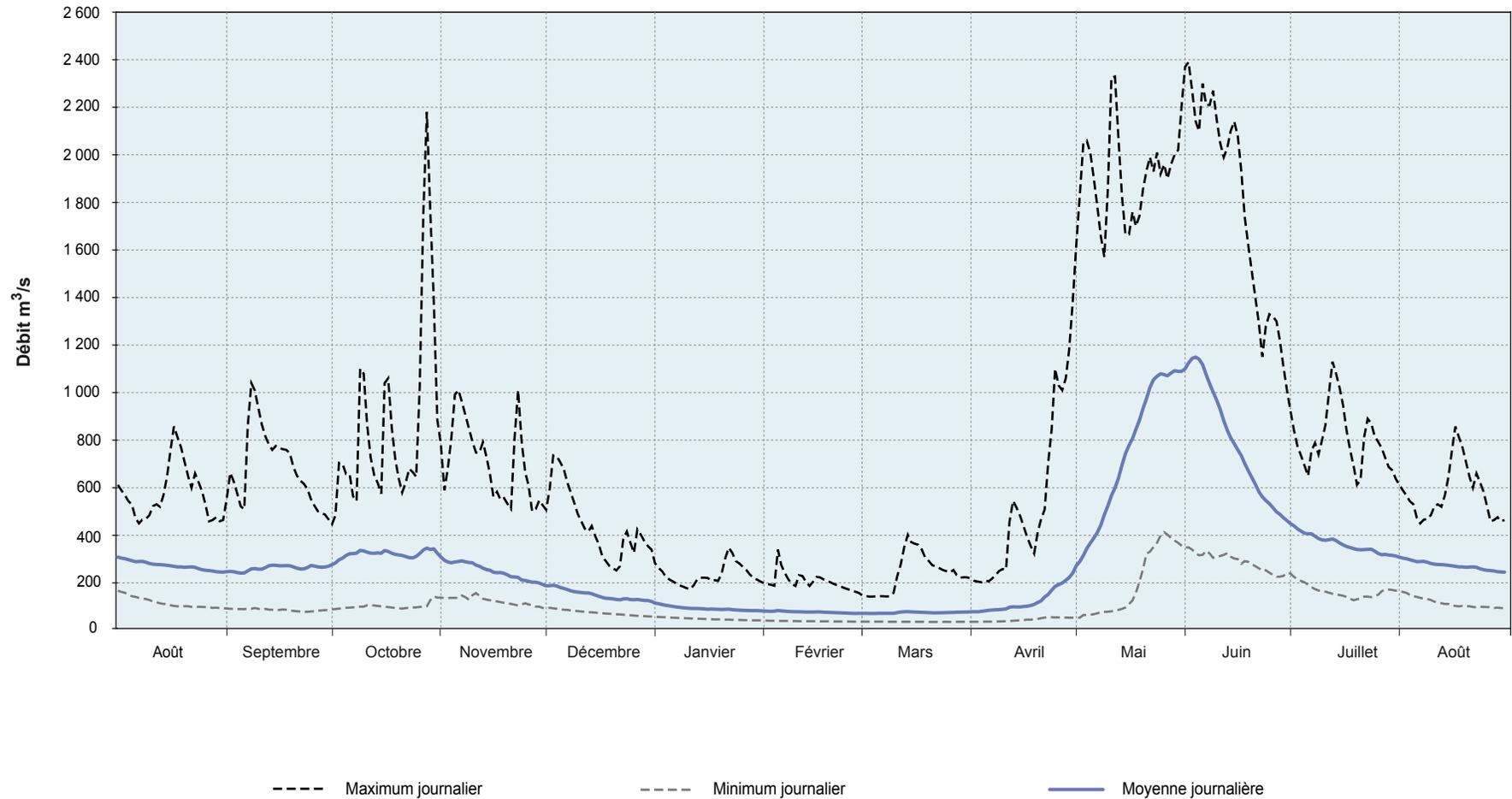
---

### 3.1.2 DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE DES TRIBUTAIRES AU DROIT DES FRAYÈRES

Puisqu'un tributaire se situe directement au droit de chacune des deux frayères naturelles, il est nécessaire de documenter adéquatement leur dynamique sédimentaire afin de mesurer leur influence sur la dynamique hydrosédimentaire de chacune des frayères et, par conséquent, la qualité du substrat de fraie.

Chacune des deux frayères (PK 34 et PK 46) est localisée au droit de tributaires, longs respectivement de 9,3 et 5,9 km et avec un dénivelé compris entre 60 et 70 m (Environnement Illimité inc., 2012). Leur bassin versant fait moins de 5 km<sup>2</sup> et ils prennent leurs sources dans les tourbières localisées sur les plateaux adjacents à la vallée fluviale de la Romaine. Le tronçon amont de ces deux tributaire s'écoule donc sur le plateau de faible pente alors que le tronçon central, fortement encaissé, s'écoule sur le versant de la vallée fluviale. Le tronçon aval s'écoule sur une plus faible pente et sur les différents niveaux de terrasses fluviales de la rivière Romaine. En raison de ces caractéristiques, la dynamique de ces deux affluents est susceptible d'être torrentielle, non seulement en raison de la petite taille de leur bassin, mais également à cause de la présence de sols indurés de type Orstein qui exacerbent le ruissellement de surface, donc un drainage rapide (Poly-Géo inc., 2006b). Cette réactivité, combinée à la forte pente de leur tronçon central, provoque des courants torrentiels aptes à éroder efficacement les versants, et à acheminer des coulées sableuses dans leur tronçon aval. Ces coulées de sable peuvent être retenues temporairement derrière des embâcles constitués de débris ligneux grossiers, qui peuvent céder et acheminer le sable sous forme de lobes jusqu'à leur delta respectif dans la rivière Romaine, donc sur les frayères. La dynamique sédimentaire des tributaires a été caractérisée pour une première fois en 2010-2011 (GENIVAR, 2012). Les résultats démontrent qu'une plus grande quantité de matériel a transité par le tributaire du PK 46 plutôt que par le celui du PK 34 au cours de la période d'incubation. Les particules interceptées par ces trappes étaient essentiellement sableuses.

Figure 3-1 Hydrogramme de la rivière Romaine entre 1956 et 2001



Note : Hydrogramme du PK 16 de la rivière Romaine

0344\_suf3\_1\_geq\_1587\_qg\_190124.ai

Le tributaire du PK 34 s'est incisé dans les dépôts sableux deltaïques, puis dans les dépôts argileux et enfin dans le till. Les blocs anguleux contenus dans le till sont visibles dans le tronçon aval du tributaire et dans la rivière Romaine, ce qui démontre que le tributaire est encore en mode d'incision dans les unités sédimentaires anciennes (annexe, 1 photo 1). Un affleurement rocheux est localisé à la confluence du tributaire avec la rivière Romaine, dont l'enceinte piège les lobes de sables, alors qu'un petit delta s'est formé plus en aval. Selon les observations de terrain, la morphologie de ce dernier prend la forme de lobes composés de sables homogènes de granulométrie fine à moyenne.

Le contexte géomorphologique est similaire concernant le tributaire du PK46. Le tronçon central est incisé dans les dépôts deltaïques constituant les versants de la vallée fluviale de la Romaine. L'encaissement est tel que de nombreuses cicatrices de mouvements de masse y sont observées (annexe, 1 photo 3). Vers l'aval, plusieurs indicateurs géomorphologiques portent à croire que des coulées de sable homogène, alimentées par les mouvements de masses en amont, transitent vers la rivière Romaine. En contrepartie, les observations des berges au terrain montrent que la partie aval du tributaire est encaissée dans les sédiments anciens qui sont constitués surtout de silt-sableux qui témoignent de la présence de l'unité d'argile ancienne tout près de la position du lit fluvial. Selon les observations au terrain, tout porte à croire que le tributaire du PK 46 est en équilibre hydrosédimentaire, puisqu'il semble être en mesure d'évacuer les apports sableux provenant de l'amont vers son embouchure qui tend à retrouver son lit de base constitué de sédiments fluviaux plus grossiers et arrondis « reliques ».

---

### **3.1.3 DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE À L'ÉCHELLE DES FRAYÈRES À SAUMON**

#### **SUBSTRAT DES FRAYÈRES**

La composition des versants de la vallée fluviale et des berges de la rivière Romaine, telle que décrite par Poly-Géo inc., est fortement susceptible d'être représentative des différents types de lits fluviaux de la vallée. Ainsi, dans le tronçon compris entre le PK 30 et le PK 35, le roc et l'argile ancienne prédominent le long des berges, ce qui peut suggérer que ce tronçon de rivière continue à s'inciser dans les dépôts anciens dans le secteur de la frayère du PK 34. Selon la caractérisation des sédiments jusqu'à environ 500 m en amont et en aval de la frayère du PK 34, les sédiments du lit fluvial sont surtout composés de graviers fins sableux ou de graviers fins à moyens avec présence de sable dans l'axe de la frayère (Environnement Illimité inc., 2012). Des carottages cryogéniques ont permis de caractériser davantage le substrat au niveau des frayères et leurs environs. Ainsi, 60 % des 14 carottes prélevées montrent que le contact entre l'argile et les sédiments fluviaux graveleux « reliques », considérés comme le substrat de frayère, est inférieur à 20 cm, les autres étant inférieurs à 30 cm (Environnement Illimité, 2012).

En ce qui concerne le tronçon compris entre le PK 35 et le PK 47, le silt et le sable prédominent le long des berges (Poly-Géo inc., 2006a), ce qui peut suggérer que le lit de la rivière dans le secteur de la frayère du PK 46 pourrait être constitué davantage de sable. À cet égard, la caractérisation du substrat du lit fluvial jusqu'à environ 500 m en amont et en aval de la frayère confirme que le sable moyen est omniprésent et qu'au niveau de la frayère, ce sont les graviers fins et moyens avec présence de sable qui prédominent (Environnement Illimité, 2012). Au niveau de la frayère, le carottage cryogénique a permis de constater que le contact avec l'unité d'argile est moins fréquemment observé, puisque cette dernière est plus profonde qu'à la frayère du PK 34, soit entre 43 et 60 cm sous le lit fluvial. Ces carottes montrent également que la couche de sédiments « reliques » qui constitue la frayère est composée soit de sédiments graveleux ou encore de sédiments graveleux interstratifiés avec des lits sableux, qui témoignent de variations passées de vitesses d'écoulement au moment de leur sédimentation.

Une autre des conclusions qui ressort de l'analyse des carottes cryogéniques est que la stratigraphie des unités graveleuses supérieures des deux frayères ne permet pas d'observer le profil de pavement, de sous-pavement et de lit de base typique des rivières à lits graveleux (Environnement Illimité, 2012). De plus, cette même étude présente une analyse de galets traceurs qui démontre qu'aucun matériel grossier (graviers, cailloux, galets) ne se déplace de façon significative sur le lit des frayères, et ce, même lors de la période de crue printanière. Le mode de transport des sédiments sableux a été caractérisé et les résultats montrent que lorsque les graviers, les cailloux et les galets sont protubérants, ils peuvent être mobilisés sur de courtes distances avant que le sable en charge de fond commence à combler les espaces entre les galets, cailloux et graviers. Les résultats montrent également que le sable est parfois transporté sous forme de rides et de dunes, qui font en sorte que le substrat des frayères peut être temporairement recouvert.

Les sables transportés en charge de fond ont également été caractérisés à l'aide de trappes à sédiments à deux reprises, soit en 2009-2010 et en 2010-2011 par GENIVAR (2011 ; 2012). Les résultats indiquent que le transport en charge de fond, principalement constitué de sables, s'exercerait de façon continue tout au long de la période d'incubation. Les galets et les cailloux, tout de même présents dans le substrat des frayères, restent majoritairement en place sur les frayères peu importe les événements hydrologiques. Ces résultats concordent avec ceux d'Environnement Illimité concernant les galets traceurs. Ces conclusions confirment donc que les sédiments graveleux dans lesquelles évoluent les frayères naturelles de la rivière Romaine sont issus d'une sédimentation fluviale passée et ancienne et qu'ils sont soumis actuellement qu'à des processus superficiels de transport de la charge de fond, principalement du sable.

---

### **3.1.4 DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE À L'ÉCHELLE DU NID DE SAUMON**

Dans des conditions idéales, un nid de saumon doit répondre à un ensemble de variables qui réunissent les conditions favorables à la survie des œufs. Ainsi, lorsque ces conditions sont rencontrées à l'échelle de la frayère, la femelle saumon sélectionne un site et creuse pendant plusieurs jours un nid allant jusqu'à 30 cm de profondeur. La forme finale de ce nid est longitudinale et constituée d'une dépression, suivie d'un monticule vers l'aval. Lors du creusage, la proportion de particules fines est réduite par le brassage de sédiments au moyen de la nageoire caudale de la femelle, ce qui augmente la porosité du substrat. Les œufs sont ensuite déposés dans la dépression et une fois fertilisés, ces derniers sont recouverts de substrat par la femelle afin de les protéger.

La porosité du substrat doit être maintenue pendant toute la période d'incubation afin d'assurer de bonnes vitesses d'écoulement intergranulaire apte à alimenter suffisamment les embryons en oxygène. Cependant, une dégradation de la porosité du substrat peut survenir, par exemple à la suite d'un apport en sédiments fins dans le substrat. Les trois études menées en conditions naturelles sur les deux principales frayères de la rivière Romaine ont mis en évidence une dégradation de la qualité du substrat de fraie durant la période d'incubation 2005-2006, 2009-2010 et 2010-2011. Cette dégradation résulterait principalement du transport en charge de fond, des processus d'infiltration des sédiments fins ainsi que de la sédimentation qui survient pendant la période d'incubation. Par ailleurs, les résultats tendent également à démontrer que les crues de la rivière Romaine en conditions naturelles, y compris celle du printemps, ne semblent pas participer au maintien de la qualité du substrat de fraie et à son nettoyage par une diminution de la quantité de sédiments fins dans les nids artificiels. Au contraire, à la suite de ces événements hydrologiques, l'augmentation de la proportion des particules fines dans le substrat se maintient, voire augmente.

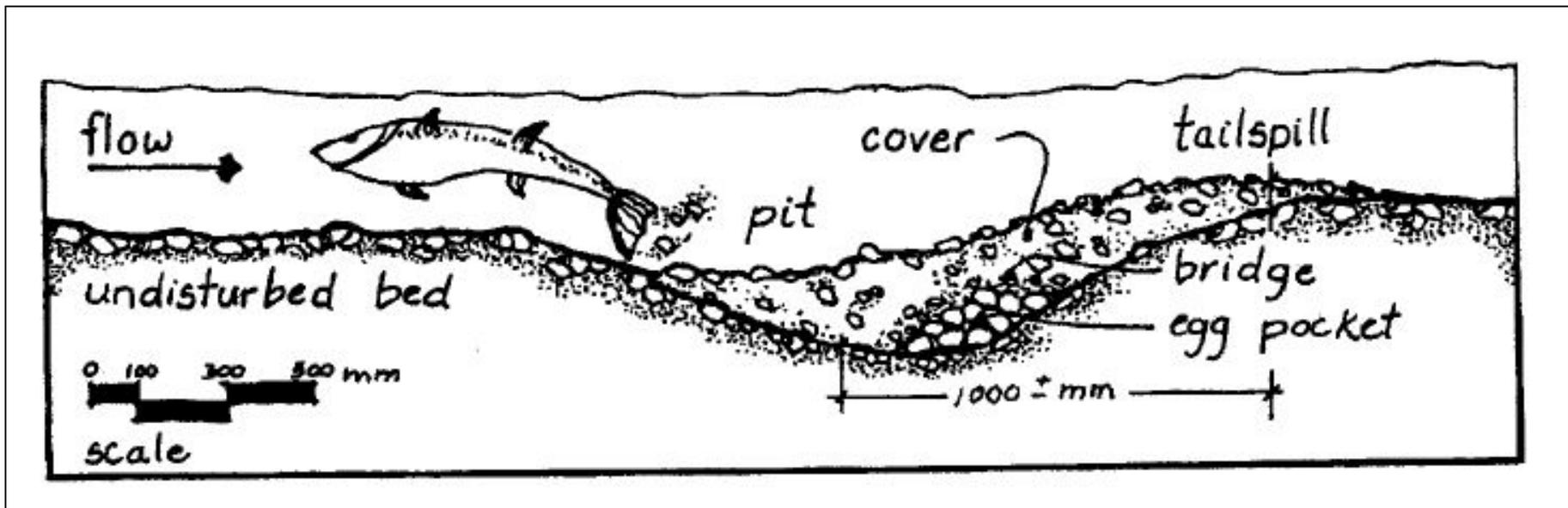


Figure 3-2 Coupe longitudinale et verticale d'un nid typique de saumon (tirée de Levasseur, 2008)

---

## 3.2 OBJECTIFS SPÉCIFIQUES DE L'ÉTUDE

La section précédente visait à synthétiser l'ensemble des connaissances dans le but de bien comprendre le contexte dans lequel s'inscrit la dynamique hydrosédimentaire de la rivière Romaine en conditions naturelles et celle qui prévaut spécifiquement à l'échelle du nid de saumon. À la lumière de cette synthèse, il est essentiel de retenir que la rivière Romaine s'écoule sur un lit fluvial composé de sédiments anciens (dont font partie les frayères), sur lequel circulent les sédiments fins et sableux, très mobiles, tout au long de la période d'incubation. Ces sédiments fins, qui s'infiltrent dans le substrat fraîchement remanié par le saumon lors de la fraie ou qui se déposent, ont pour effet de diminuer la qualité granulométrique du substrat des frayères à saumon pendant la période d'incubation. Les études menées en conditions naturelles sur les deux principales frayères de la rivière Romaine en 2005-2006, 2009-2010 et 2010-2011 ont mis en évidence une dégradation de la qualité du substrat de fraie durant les périodes d'incubation.

La présente étude de suivi de la qualité granulométrique des frayères à saumon des PK 34 et 46 porte sur la période d'incubation 2016-2017 qui correspond à la première année du programme de suivi environnemental en phase exploitation (mode transitoire<sup>5</sup>) puisque les centrales de la Romaine-2 et de la Romaine-1 ont été mises en service respectivement en 2014 et 2015.

Tout comme les études précédentes (GENIVAR, 2007a; GENIVAR, 2011 et GENIVAR, 2012), cette étude vise à analyser la variation temporelle de la teneur en particules fines dans le substrat de fraie et le transport en charge de fond pour la période au cours de la période d'incubation de 2016-2017. Plus spécifiquement, le rapport consiste à :

- 1 caractériser le substrat à l'échelle de la frayère en analysant à nouveau la structure verticale du substrat des frayères et en analysant la compétence de l'écoulement de la rivière Romaine;
- 2 mesurer les apports de sédiments provenant des tributaires;
- 3 mesurer la teneur en sédiments fins dans les nids artificiels de saumon.

La section qui suit présente la démarche méthodologique pour y parvenir.

---

<sup>5</sup> Étant donné que les centrales de Romaine-3 et de la Romaine-4 sont en construction.

## 4 MÉTHODOLOGIE

La démarche méthodologique suivie pour atteindre les objectifs de l'étude est essentiellement la même que celle utilisée dans l'étude de la dynamique sédimentaire des frayères à saumon du tronçon aval de la rivière Romaine menée en 2005-2006 et reprise en 2009-2010 et en 2010-2011 (GENIVAR, 2007a; GENIVAR, 2011; GENIVAR, 2012).

Les appareils d'échantillonnage utilisés lors de l'étude pour caractériser la dynamique hydrosédimentaire à l'échelle des frayères, les apports sédimentaires provenant des tributaires et la dynamique sédimentaire à l'échelle du nid de saumon sont succinctement décrits aux sections 4.1, 4.2 et 4.3. La section 4.4 décrit en détail le plan d'échantillonnage envisagé et réalisé tandis que la section 4.5 porte sur les différentes analyses granulométriques et statistiques effectuées sur les échantillons collectés et retenus lors de la période d'incubation concernée.

### 4.1 DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE À L'ÉCHELLE DES FRAYÈRES À SAUMON

#### 4.1.1 EXTRACTIONS AU CAROTTIER CRYOGÉNIQUE

Le prélèvement de carottes de sédiments est effectué dans le substrat de chacune des deux frayères afin d'évaluer la structure verticale de ce dernier. Pour y arriver, un carottier cryogénique (figure 4-1) est utilisé tout comme lors de l'étude de 2009-2011 (Environnement Illimité, 2012). La description détaillée de la technique d'échantillonnage au carottier cryogénique est présentée dans le rapport d'Environnement Illimité (2012). Une méthode similaire a été utilisée pour le présent suivi et est décrite à l'annexe 2 (annexe 1, photos 4 et 5).



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

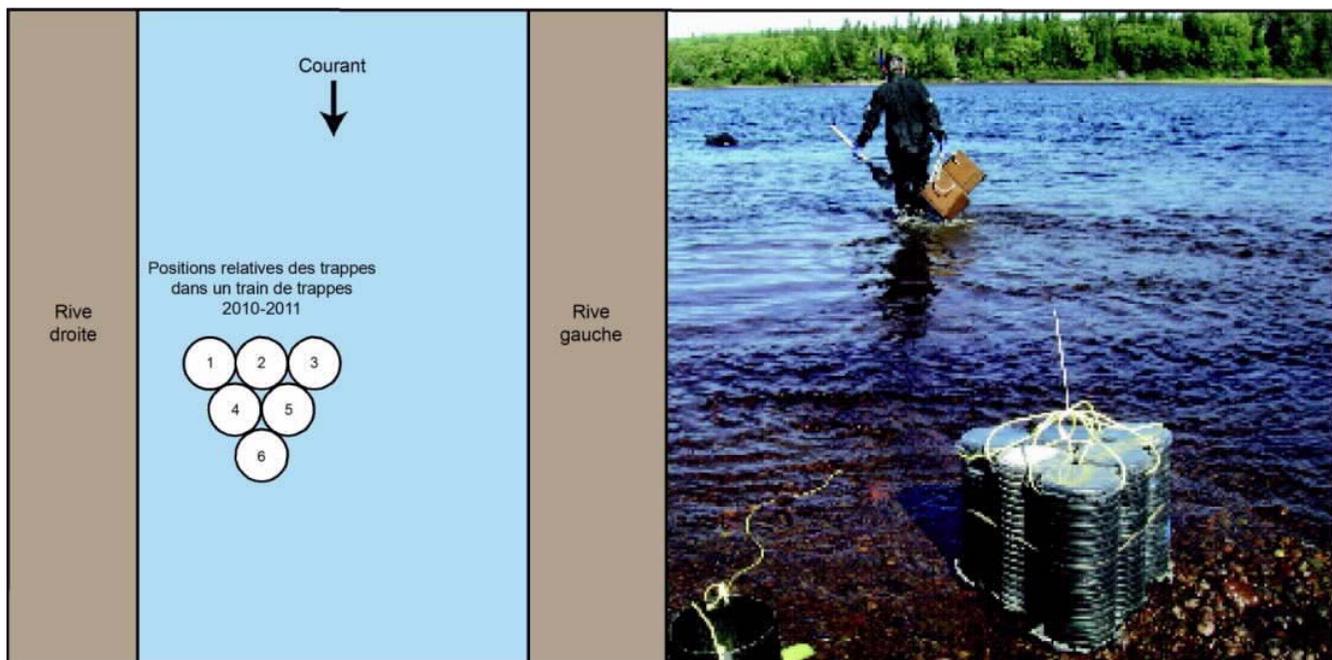
## 4.1.2 TRAPPES À SÉDIMENTS

L'implantation de trappes à sédiments dans le substrat des frayères vise à suivre l'évolution temporelle du transport sédimentaire en charge de fond au droit des frayères pendant la période d'incubation (figure 4-2). Des trains de trappes sont utilisés pour échantillonner durant la période de crue printanière étant donné les plus grandes quantités de sédiments transportés et afin d'éviter que les trappes se saturent (figure 4-3). Une description détaillée des trappes à sédiments a été présentée dans le rapport de l'étude initiale (GENIVAR, 2007a) et dans les rapports subséquents (GENIVAR, 2011 et 2012). Quelques améliorations apportées ensuite à cette méthode sont présentées dans l'étude de 2010-2011 (GENIVAR, 2012).



**Figure 4-2 Trappes à sédiments utilisées pour la présente étude.**

La plus haute (38 cm) est celle utilisée pour former les trains de trappes et la plus petite trappe a été utilisée pour la période d'août à novembre 2016.



**Figure 4-3 À gauche, disposition d'un train de trappes à sédiments. À droite, vue avant son installation (GENIVAR, 2012).**

---

## 4.2 APPORT SÉDIMENTAIRE PROVENANT DES TRIBUTAIRES AU DROIT DES FRAYÈRES NATURELLES

---

### 4.2.1 TRAPPES À SÉDIMENTS

L'implantation de trappes à sédiments dans le lit des tributaires localisés au droit des frayères du PK 34 et du PK 46 vise à suivre l'évolution temporelle du transport sédimentaire en charge de fond provenant de ces tributaires pendant la période d'incubation. Une description détaillée des trappes à sédiments a été présentée dans le rapport de l'étude initiale (GENIVAR, 2007a) et dans les rapports subséquents (GENIVAR, 2011 et 2012). Quelques améliorations apportées ensuite à cette méthode sont présentées dans l'étude de 2010-2011 (GENIVAR, 2012), comme mentionné précédemment.

### 4.2.2 IMPLANTATION ET DÉTECTION DES TRANSPONDEURS

L'utilisation de transpondeurs passifs (annexe 1, photo 2) constitue une nouvelle technique d'échantillonnage, complémentaire aux trappes à sédiments, qui a été déployée dans les tributaires au droit de chacune des deux frayères pour la première fois depuis le début du programme de suivi. L'objectif est de tenter de documenter davantage la contribution des tributaires sur la dynamique sédimentaire de ces deux frayères. Pour ce faire, des galets naturels, c'est-à-dire arrondis à sub-arrondis, ont été sélectionnés selon différentes tailles et percés afin d'y insérer un transpondeur passif. La perforation a été rebouchée à l'aide d'une fine pellicule de mastique à base de ciment. Afin de les repérer facilement selon leur taille différente, les galets ont été peints selon un code de couleur en fonction de leur taille.

Les transpondeurs passifs qui ont été insérés dans des galets, dont l'axe A est d'environ 160 mm, sont qualifiés de galets fixes. Ces derniers ont été mis en place à une quinzaine de centimètres sous la surface du lit de chacun des tributaires au PK 34 et PK 46, alors que d'autres ont été déposés sur le lit afin d'établir des repères statiques le long des deux cours d'eau. Ces repères fixes permettent un positionnement de références aux galets traceurs et permettent également de documenter des épisodes d'érosion ou de sédimentation à un endroit précis.

Pour leur part, les galets traceurs sont de moins grandes dimensions pour qu'ils soient aptes à être mobilisés par le courant. Ainsi, l'axe A des galets traceurs varie selon les catégories suivantes : 75-85 mm (correspond à 80 mm dans tableau 4-7), 55-65 mm (60 mm), 35-45 mm (40 mm) et 15-25 mm (20 mm). Enfin, des transpondeurs de 24 mm (moyen) et de 12 mm (petit), préalablement peints, ont été disposés librement ou enfouis de 2 cm dans les tributaires.

L'implantation a eu lieu en août 2016 et deux campagnes de détection des galets instrumentés, en novembre 2016 et en juillet 2017, ont permis de relever et à enregistrer leurs positions au moyen d'une antenne et d'un GPS-RTK, et de mesurer leur déplacement depuis leur mise en place (voir section 4.4.1.2 pour plus de détails).

---

## 4.3 DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE À L'ÉCHELLE DU NID DE SAUMON

Les cubes d'infiltration (figure 4-4) installés dans le substrat des frayères font office de nids artificiels fraîchement aménagés par le saumon, c'est à dire exempt de sédiments fins au début de la période d'incubation. Ces cubes d'infiltration sont extraits ensuite à différents moments lors de la période d'incubation pour suivre l'évolution temporelle de la teneur en sédiments fins dans le substrat afin d'en évaluer la qualité à l'échelle du nid de saumon.

Une description détaillée des cubes d'infiltration et de leur fonctionnement a été présentée dans le rapport de l'étude initiale (GENIVAR, 2007a) et dans les rapports subséquents (GENIVAR, 2011 et 2012). Quelques améliorations apportées ensuite sont présentées dans l'étude de 2010-2011 (GENIVAR, 2012).

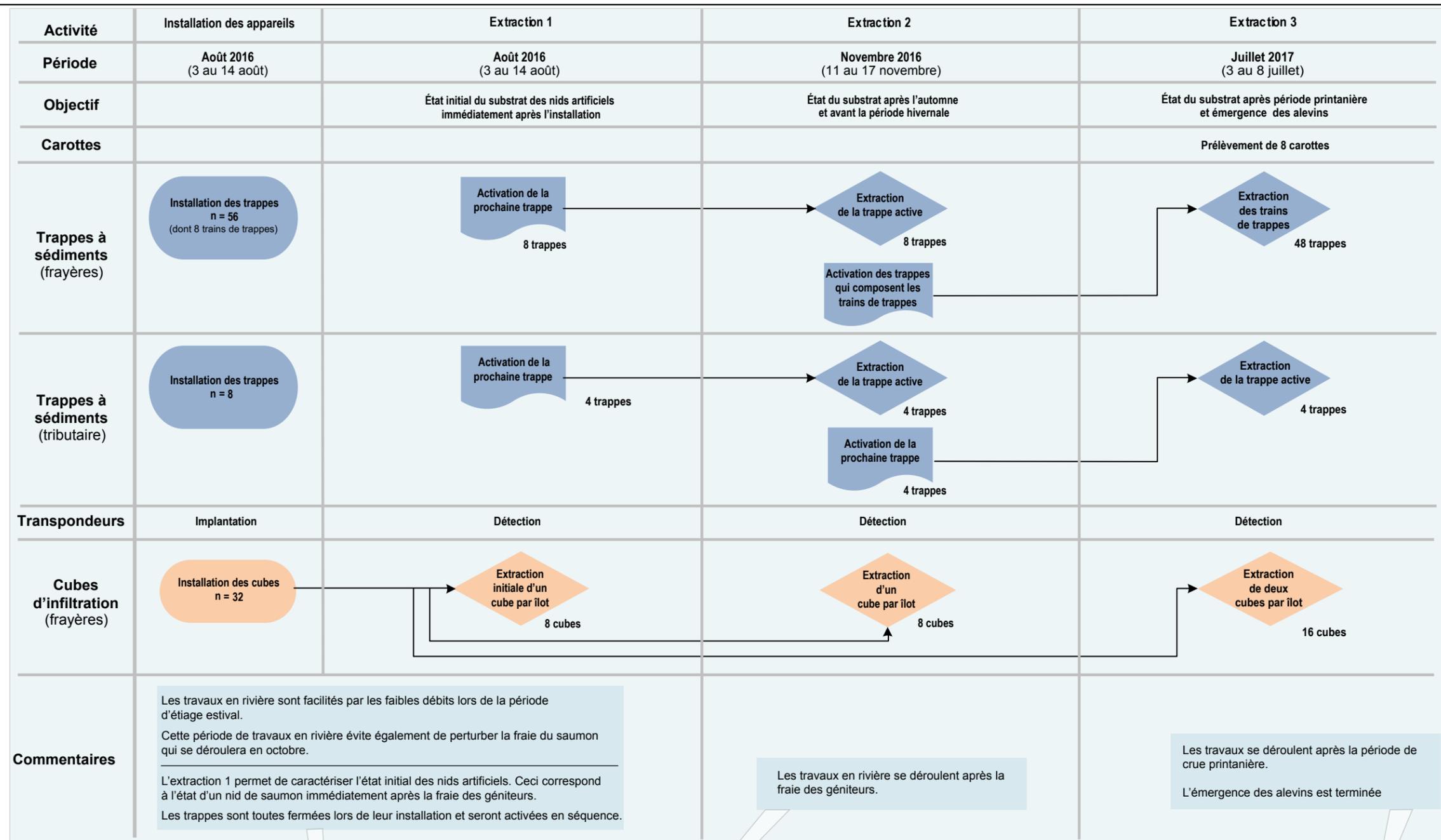


**Figure 4-4** Un cube d'infiltration montré avec son sac d'échantillonnage partiellement replié vers le bas avant l'installation.

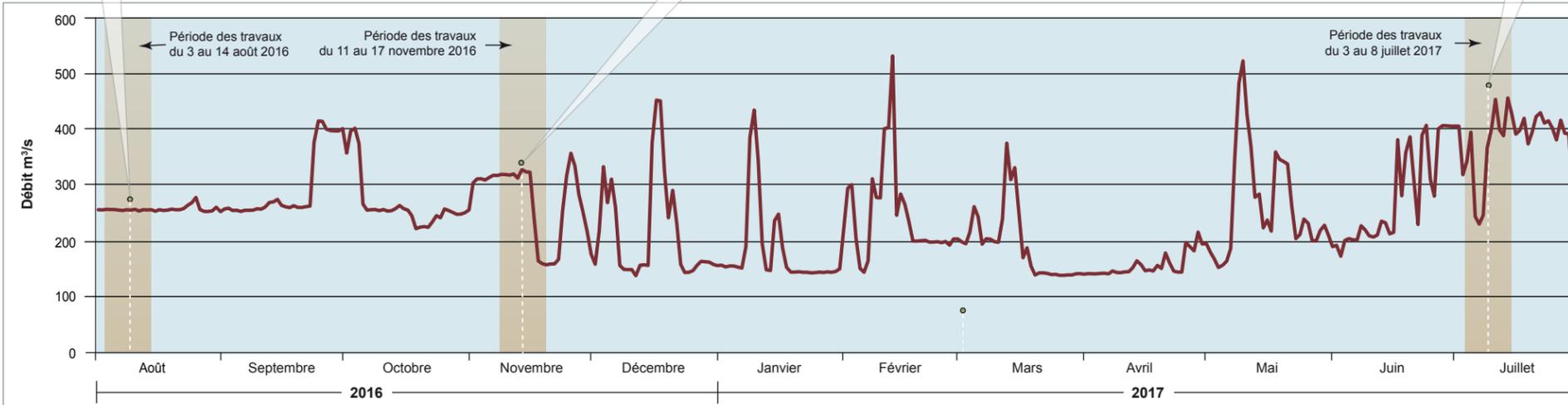
---

## 4.4 PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

La figure 4-5 présente la séquence planifiée et réalisée des travaux en rivière. L'installation et la séquence d'extraction des appareils d'échantillonnage ont été planifiées initialement en fonction de l'hydrogramme moyen de la Romaine. Le plan d'échantillonnage de 2016-2017 est légèrement différent de celui de 2009-2010 et de 2010-2011. D'abord, pour réduire l'empreinte de l'ensemble des appareils sur les frayères, il a été décidé, en collaboration avec les ministères concernés, de réduire le nombre d'appareils d'échantillonnage sur ces dernières. Ainsi, une seule extraction à l'automne a été planifiée. Ensuite, en raison des conditions de couvert de glace imprévisibles et périlleuses en mode exploitation, il a été jugé préférable de ne plus réaliser d'extractions durant la période hivernale.



**Hydrogramme 2016-2017 de la rivière Romaine**



Note : Débit moyen journalier à la station hydrométrique du PK 16

Complexe de la Romaine  
Suivi environnemental en phase exploitation  
Suivi de la qualité granulométrique des frayères à saumon naturelles - Suivi 2016-2017

**Séquence planifiée et réalisée des travaux en rivière pour l'étude de la qualité granulométrique du substrat de fraie et de la capacité de transport sédimentaire aux PK 34 et PK 46 de la rivière Romaine lors de la période d'incubation 2016-2017**

Fichier : 0344\_suf4\_5\_geq\_1454\_qg\_190124.ai

**Figure 4-5**

Janvier 2019





## 4.4.1 ACTIVITÉS PLANIFIÉES ET RÉALISÉES

### 4.4.1.1 CAROTTAGE CRYOGÉNIQUE

Les carottes de sédiments ont été prélevées du 4 au 8 juillet 2017 après l'émergence des alevins. Au total, quatre carottes ont été échantillonnées sur chacune des deux frayères (carte 4-1) afin d'obtenir un portrait détaillé de la structure verticale du substrat de ces dernières à la fin de la période d'incubation.

Le tableau 4-1 présente le sommaire des extractions au PK 34 et au PK 46. Aucune problématique particulière n'est survenue et quatre carottes par frayère ont été récupérées.

**Tableau 4-1** Sommaire des extractions au carottier cryogénique par frayère

FRAYÈRE	ACTIVITÉS PRÉVUES	ACTIVITÉS RÉALISÉES
PK 34	4 carottes	4 carottes
PK 46	4 carottes	4 carottes

### 4.4.1.2 IMPLANTATION ET DÉTECTION DES TRANSPONDEURS DANS LES TRIBUTAIRES

À l'embouchure du tributaire du PK 34 de la rivière Romaine, 30 galets instrumentés et 40 transpondeurs traceurs ont été positionnés le long de quatre transects (tableau 4-2, figure 4-6). Le premier transect se situe en amont des trappes à sédiment et le deuxième transect se situe plus en aval, entre les deux couples de trappes. Le troisième transect se situe à l'embouchure du tributaire et le quatrième, sur le delta.

**Tableau 4-2** Nombre de galets traceurs, de galets fixes et de transpondeurs traceurs déployés à chaque transect transversal dans les tributaires au PK 34 et au PK 46

Type de galets	Taille du transpondeur (mm)	Taille de l'axe A des galets (mm)	PK 34	PK 46	Couleur
			Mis en place	Mis en place	
Galet fixe	24	160	10	29	Jaune
Galet traceur	12	80	5	4	Orange
	12	60	5	4	Vert
	12	40	5	4	Rouge
	12	20	5	4	Jaune
Transpondeur traceur <sup>1</sup>	12	n/a	25	28	Rouge
	24	n/a	15	37	Rouge

<sup>1</sup> Transpondeur libre, non fixé à un galet.

Un total de 45 galets instrumentés et 65 transpondeurs traceurs (annexe 1, photo 2) ont été positionnés dans le tributaire du PK 46 (tableau 4-2, figure 4-7). Ce nombre supérieur à celui du PK 34 est lié à la dynamique sédimentaire plus active de ce tributaire. Les galets ont été positionnés selon sept transects perpendiculaires à l'écoulement. Le transect 1 correspond au transect le plus en amont, tandis que le transect 6 correspond au transect le plus en aval.

Une première détection a été effectuée les 11 et 12 novembre 2016 au PK 34 (débits respectifs de la Romaine de 318 et 320 m<sup>3</sup>/s) et le 13 novembre 2016 au PK 46 (débit de 312 m<sup>3</sup>/s). Une deuxième détection a été effectuée le 4 juillet au PK 46 (débit de 343 m<sup>3</sup>/s) et les 5 et 6 juillet 2017 au PK 34 (débits respectifs de 243 et 394 m<sup>3</sup>/s). Le lit et les berges des tributaires ont été balayés à gué avec l'antenne de détection de l'amont vers l'aval (annexe 1, photo 7). L'embouchure des tributaires a également été balayée le long de transects transversaux à la berge de la rivière Romaine et espacés d'environ 2 à 3 m. Les transects ont été prolongés le plus loin possible sur le delta des tributaires, dépendamment du niveau d'eau et de la facilité à y circuler à gué (annexe 1, photo 6).

#### 4.4.1.3 IMPLANTATION ET EXTRACTION DES CUBES ET DES TRAPPES

L'installation des appareils (cubes et trappes) dans les îlots d'échantillonnage des deux frayères et dans les tributaires adjacents, ainsi que leur extraction selon la séquence prévue au plan d'échantillonnage, ont été réalisées par une équipe technique d'une dizaine de personnes (aide technique, techniciens de la faune, géomorphologues, biologistes) incluant des plongeurs professionnels. Dans chacune des deux frayères à l'étude (PK 34 et PK 46), les mêmes quatre îlots d'échantillonnage correspondant à des zones, jugées relativement homogènes en 2010-2011 et réparties de façon à représenter la variété des écoulements et de la granulométrie des frayères (GENIVAR, 2012), ont été ciblés afin d'y installer les appareils d'échantillonnage (cubes et trappes) (cartes 4-2 et 4-3). La répartition de ces îlots pour les trois études antérieures réalisées sur la Romaine en conditions naturelles est présentée à l'annexe 3. Soulignons que pour l'étude de 2005-2006, il y avait cinq îlots à chaque frayère.

L'installation des appareils (cubes, trappes et trains de trappe) a été réalisée à la mi-août 2016, selon l'échéancier prévu (tableau 4-3) au moment où se produit habituellement l'étiage estival dans la Romaine, pour faciliter les travaux en rivière et éviter de perturber la fraie. L'installation a été effectuée du 3 août au 14 août 2016, alors que les débits journaliers de la Romaine se situaient entre 253 à 256 m<sup>3</sup>/s (figure 4-5).

Quatre cubes d'infiltration ont été installés par îlot, et ce, même s'il n'y avait que trois extractions planifiées. Le cube supplémentaire avait pour objectifs de servir de cube de remplacement dans l'éventualité où un cube ne pouvait être extrait convenablement lors d'une extraction planifiée pendant la période d'incubation, ou de servir de double lors de l'extraction finale prévue à la mi-juillet 2017.

Trois activités d'extraction ont par la suite été réalisées à des moments précis de l'année (tableau 4-3), soit :

- une extraction de cubes d'infiltration immédiatement après l'installation des appareils, soit les 8, 9 et 13 août 2016 pour établir l'état initial du substrat contenu dans les cubes d'infiltration nouvellement installés. Ces travaux, qui visent à recréer artificiellement un nid de saumon à son état initial, ont été réalisés avant la fraie, qui a eu lieu généralement dans le dernier tiers d'octobre depuis la première mise en eau en 2014, pour éviter de la perturber (Com. Pers. Jean Therrien, 2016);
- une extraction de cubes d'infiltration et de trappes à sédiments a eu lieu au début du mois de novembre, soit les 12, 13 et 15 novembre 2016, après la fraie du saumon. Ces travaux visaient à évaluer la capacité de transport sédimentaire de la rivière Romaine et des tributaires lors de la période automnale et avant la période hivernale;
- une extraction de cubes d'infiltration et de trappes à sédiments a finalement eu lieu au début juillet, soit les 4, 5 et 6 juillet 2017 après l'émergence des alevins. Ces travaux visaient à évaluer la capacité de transport sédimentaire de la rivière Romaine et des tributaires lors de la période hivernale et de la période printanière.

Il est à mentionner que les trappes simples ont été activées à la suite de leur installation en août, puis extraites en novembre 2016. Les trains de trappes ont quant à eux été activés en novembre à la suite de l'extraction du même mois, pour permettre d'enregistrer la capacité de prise en charge des sédiments par la rivière durant la totalité de la période d'incubation et qui inclut la période printanière. Par conséquent, elles ont été extraites au début juillet 2017.



-  Carotte extraite en juillet 2017 (carottier cryogénique)
-  Sens de l'écoulement
-  Limite approximative de la frayère



Complexe de la Romaine  
 Suivi environnemental en phase exploitation  
 Suivi de la qualité granulométrique des  
 frayères à saumon naturelles  
 Suivi 2016-2017

**Localisation des carottages réalisés en  
 juillet 2017 sur les frayères du PK 34 et  
 du PK 46 de la rivière Romaine**

Sources :  
 Ortho-image (Pleiades), résolution 50 cm, Hydro-Québec, 2014  
 Inventaires et cartographie : WSP, 2017  
 Fichier : 0344\_suc4\_1\_geq\_1472\_qg\_181026.mxd

Carte 4-1

Octobre 2018





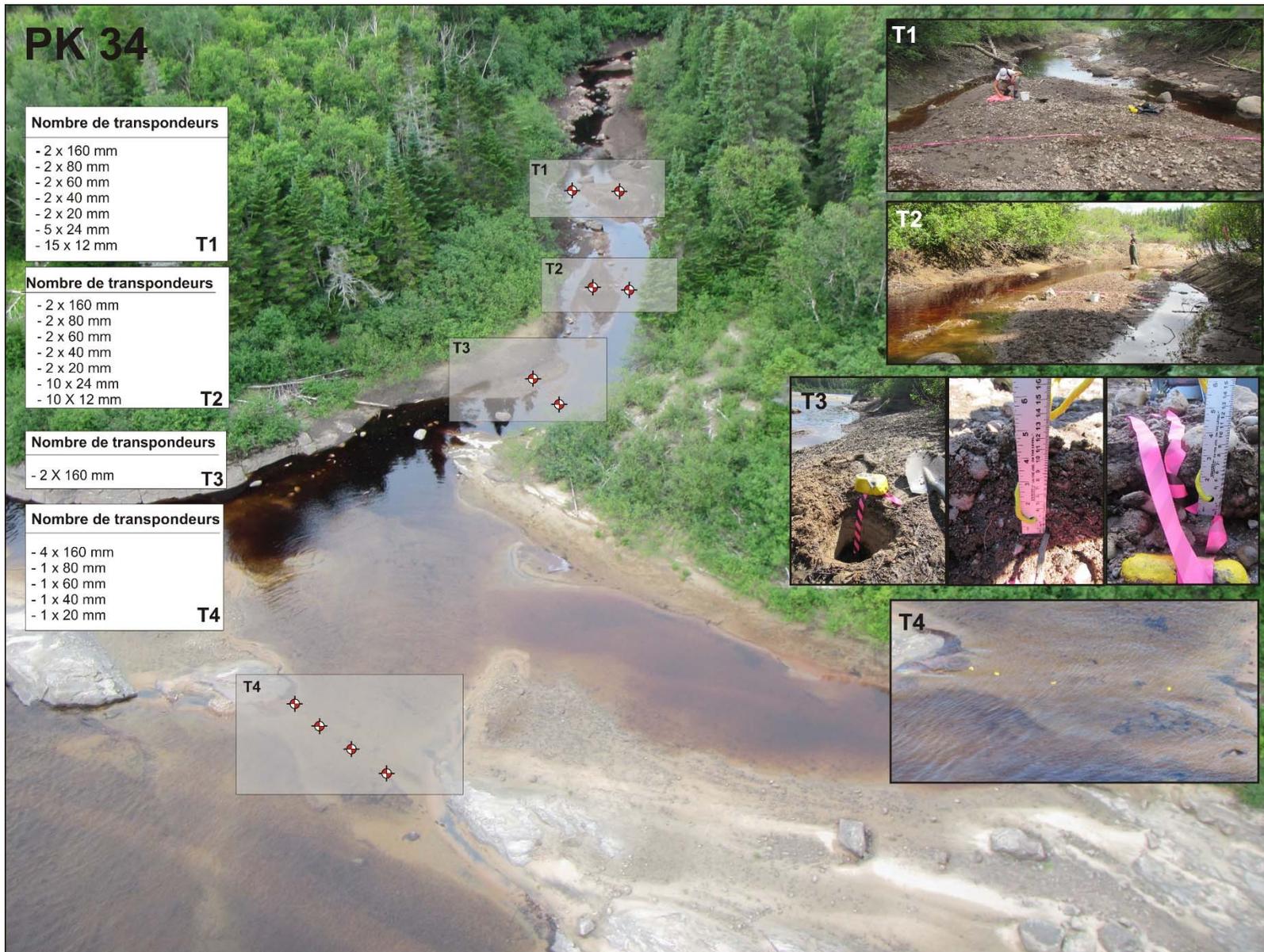


Figure 4-6 Croquis illustrant le positionnement des transects et des galets fixes au tributaire du PK 34 lors de leur installation (août 2016)

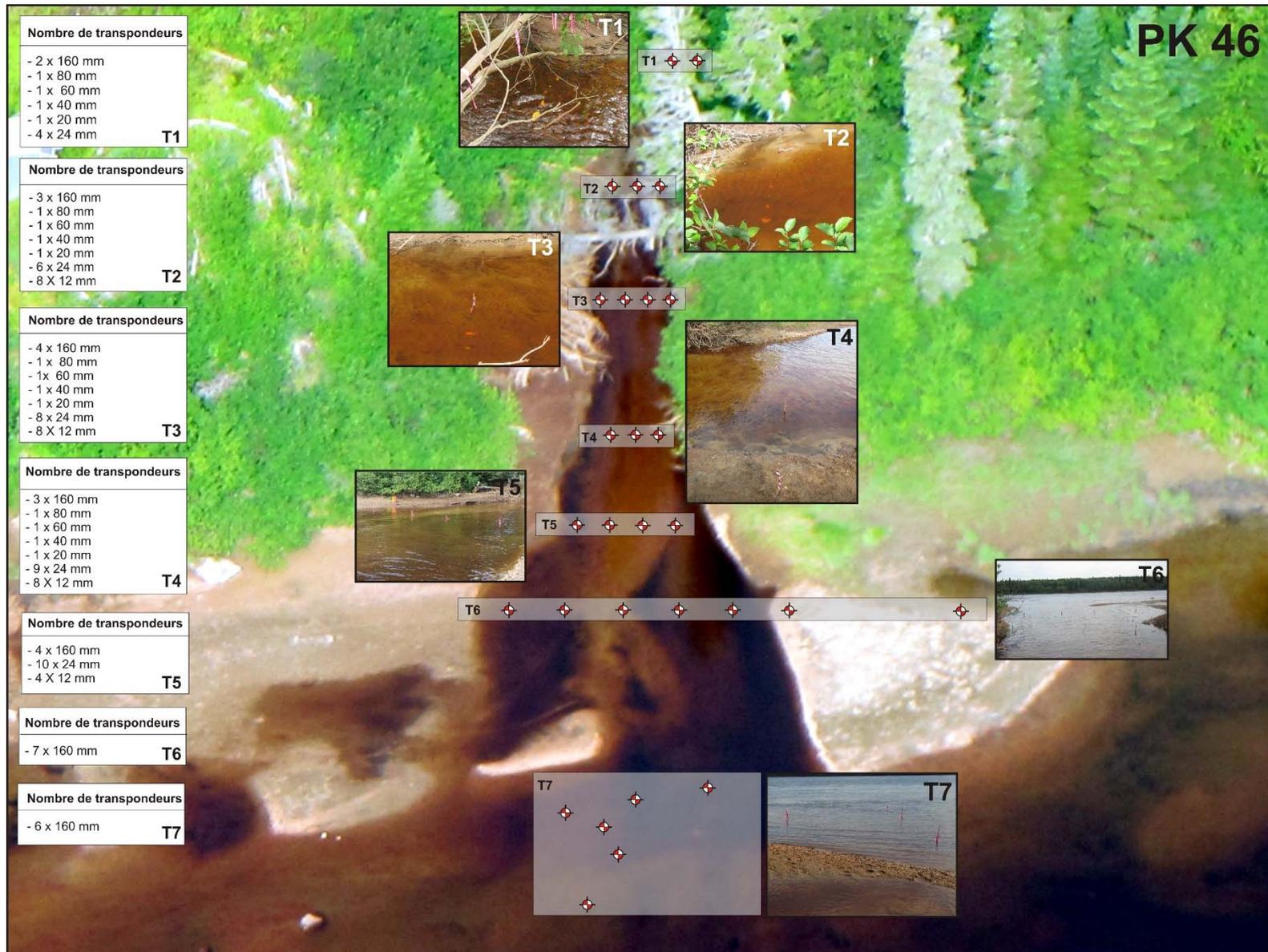


Figure 4-7 Croquis illustrant le positionnement des transects et des galets fixes au tributaire du PK 46 lors de leur installation (août 2016)

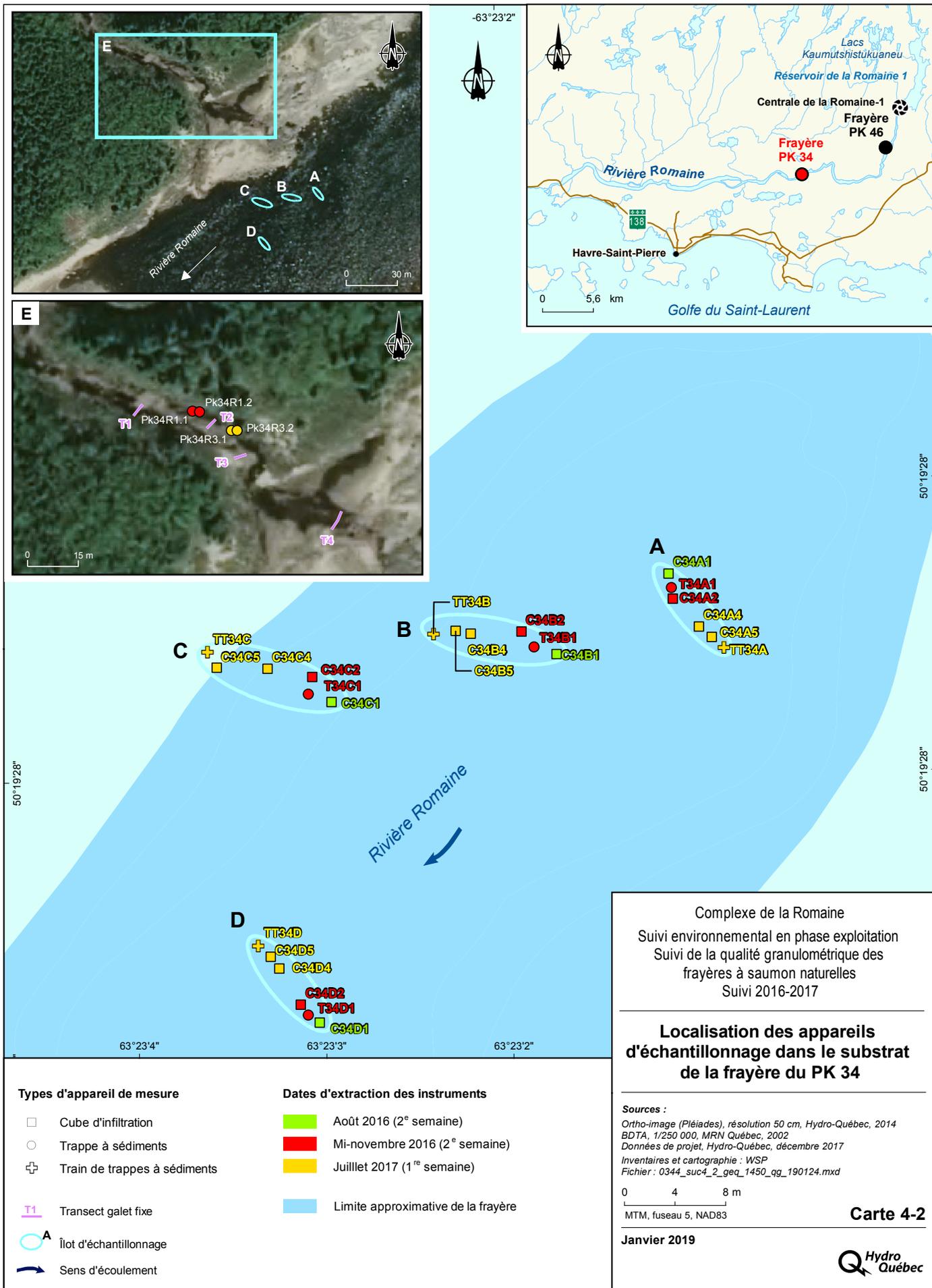
**Tableau 4-3 Séquence planifiée des travaux en rivière et des activités réalisées**

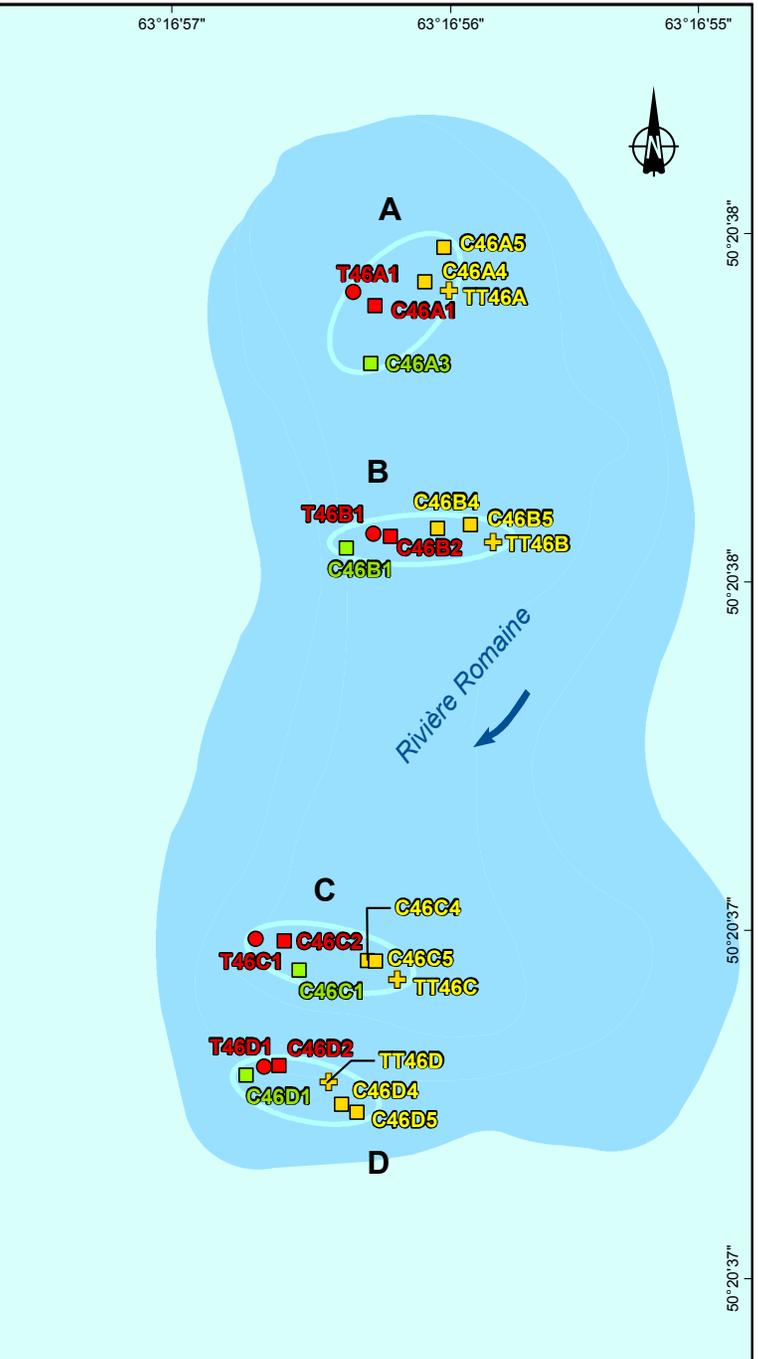
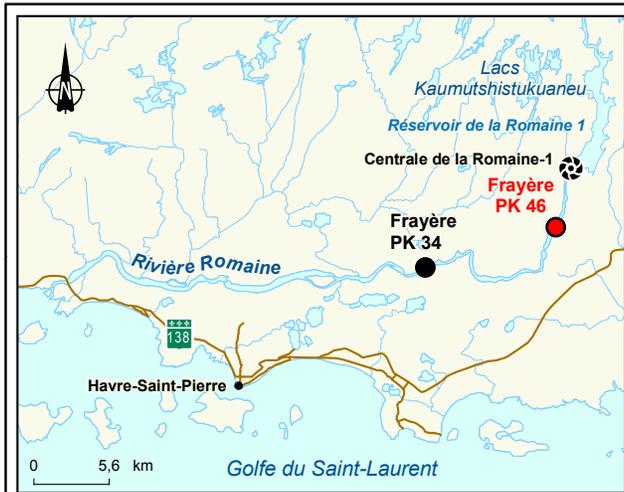
Activités prévues	Période planifiée	Activités réalisées			Constat
		Appareil	Période réalisée	Plage de débits journaliers (m <sup>3</sup> /s)*	
<b><u>Installation des appareils</u></b> <b>32 cubes</b> <b>64 trappes :</b> - 56 en frayère dont 8 trains de trappes - 8 en tributaires	Août 2016	<b>32 cubes</b> <b>64 trappes :</b> - 56 en frayère dont 8 trains de trappes - 8 en tributaires	3 au 13 août 2016	253 à 256	Activités réalisées comme prévu
<b><u>Extraction 1</u></b> <b>8 cubes</b> <b>Activation 8 trappes</b> <b>Activation 4 trappes en tributaires</b>	Août 2016	<b>8 cubes</b> <b>Activation 8 trappes</b> <b>Activation 4 trappes en tributaires</b>	8, 9 et 13 août 2016	254 à 256	Activités réalisées comme prévu
<b><u>Extraction 2</u></b> <b>8 cubes</b> <b>4 trappes en tributaires</b> <b>Activation 8 trains de trappes</b>	Novembre 2016	<b>8 cubes</b> <b>3 trappes en tributaires</b> <b>Activation 8 trains de trappes</b>	12, 13 et 15 novembre 2016	312 à 323	Activités réalisées comme prévu à l'exception d'une trappe introuvable dans le tributaire au PK 46
<b><u>Extraction 3</u></b> <b>16 cubes</b> <b>8 trains de trappes</b> <b>4 trappes en tributaires</b>	Juillet 2017	<b>16 cubes</b> <b>8 trains de trappes</b> <b>2 trappes en tributaires</b>	4, 5 et 6 juillet 2017	244 à 394	Activités réalisées comme prévu, à l'exception d'une paire de trappes introuvable dans le tributaire au PK 46
<b>8 carottes cryogéniques</b>	Juillet 2017	<b>8 carottes cryogéniques</b>	4 au 8 juillet 2017	244 à 394	Activités réalisées comme prévu

\* Débits journaliers moyens à la station hydrométrique du PK 16

## Trappes

Le tableau 4-4 résume le constat de leur activation (réussie ou non) et l'état des trappes au moment de leur extraction (c.-à-d. partiellement remplie, presque pleine ou pleine) pour l'extraction de novembre 2016. Pour l'extraction de juillet 2017, c'est l'épaisseur de matériel collecté pour chaque trappe des trains de trappe qui est présentée. Tout comme en 2010-2011 (GENIVAR, 2012), deux paires de trappes à sédiments ont été installées dans le lit de chacun des tributaires, tout juste en amont de leur confluence avec la rivière Romaine (cartes 4-2 et 4-3), pour tenter de mieux comprendre la contribution de ces tributaires à la dynamique sédimentaire des frayères. Les paires de trappes installées dans les tributaires ont été activées et extraites selon le même patron que celles implantées dans les frayères.

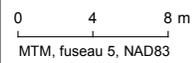




Complexe de la Romaine  
 Suivi environnemental en phase exploitation  
 Suivi de la qualité granulométrique des frayères  
 à saumon naturelles  
 Suivi 2016-2017

**Localisation des appareils  
 d'échantillonnage dans le substrat  
 de la frayère du PK 46**

Sources :  
 Ortho-image (Pléiades), résolution 50 cm, Hydro-Québec, 2014  
 BDTA, 1/250 000, MRN Québec, 2002  
 Données de projet, Hydro-Québec, décembre 2017  
 Inventaires et cartographie : WSP  
 Fichier : 0344\_suc4\_3\_geq\_1451\_qg\_190124.mxd



**Carte 4-3**

Janvier 2019



Types d'appareil de mesure	Dates d'extraction des instruments
<input type="checkbox"/> Cube d'infiltration	<span style="background-color: #90EE90; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> Août 2016 (2 <sup>e</sup> semaine)
<input type="radio"/> Trappe à sédiments	<span style="background-color: #FF0000; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> Mi-novembre 2016 (2 <sup>e</sup> semaine)
<input type="checkbox"/> Train de trappes à sédiments	<span style="background-color: #FFD700; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> Juillet 2017 (1 <sup>re</sup> semaine)
<span style="color: purple;">T1</span> Transect galet fixe	<span style="background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> Limite approximative de la frayère
<span style="border: 1px solid blue; border-radius: 50%; padding: 2px;">A</span> Îlot d'échantillonnage	
<span style="color: blue;">→</span> Sens d'écoulement	

**Tableau 4-4 État des trappes à sédiments au moment de leur extraction et constat de leur activation lors de chaque campagne de terrain**

Frayère	Îlot	Août 2016		Novembre 2016		Juillet 2017					
		État des trappes	Activa-tion	État des trappes	Activation	État des trappes composant le train de trappes <sup>1</sup> (en cm)					
						T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6
PK 34	A	-	Réussie	Pleine	Réussie	28	33	18	13	13	8
	B	-	Réussie	Partielle	Réussie	8	13	13	3	3	3
	C	-	Réussie	Pleine	Réussie	33	33	31	31	31	31
	D	-	Réussie	Partielle	Réussie	Peu de matériel					
	Tributaire (trappe #1)	-	Réussie	-- <sup>2</sup>	Réussie	-- <sup>2</sup>					
	Tributaire (trappe #2)	-	Réussie	-- <sup>2</sup>	Réussie	-- <sup>2</sup>					
PK 46	A	-	Réussie	Très peu	Réussie	8	18	13	8	8	3
	B	-	Réussie	Très peu	Réussie	38	38	26	30	33	33
	C	-	Réussie	Très peu <sup>3</sup>	Réussie	32	30	18	13	18	28
	D	-	Réussie	Pleine	Réussie	36	36	36	32	32	18
	Tributaire (trappe #1)	-	Réussie	-- <sup>2,3</sup>	Réussie	-- <sup>4</sup>					
	Tributaire (trappe #2)	-	Réussie	-- <sup>4</sup>	Réussie	-- <sup>4</sup>					

1 Épaisseur de matériel dans chaque trappe (profondeur des trappes de 38 cm). Voir le schéma de la figure 4-3 pour la position des trappes dans le train de trappes.

2 L'état de la trappe n'a pas été caractérisé lors de l'extraction.

3 Réinstallation du dispositif au mois de novembre.

4 Trappe non retrouvée lors de l'extraction.

En termes de contenu en sédiments, la situation se résume comme suit :

- en novembre 2016, les trappes du PK 34 étaient pleines (îlots A et C) ou partiellement pleines (îlots B et D). Au PK 46, les trappes retirées étaient toutes presque vides, à l'exception de celle de l'îlot D, qui était pleine;
- en juillet 2017, les trappes à sédiments qui forment les trains de trappes de l'îlot C du PK 34 étaient presque pleines. Les trappes de l'îlot B étaient remplies partiellement, tandis qu'il y a eu très peu de matériel observé dans les trappes de l'îlot D (annexe 1, photos 8 et 9). Au PK 46, les trappes qui composent les trains de trappes des îlots B, C et D étaient toutes presque pleines ou pleines. Seules les trappes de l'îlot A étaient partiellement remplies.

Les problèmes survenus aux trappes à sédiments durant la période d'incubation sont les suivants :

- des observations effectuées lors d'un autre mandat (capture de juvéniles et évaluation de la chronologie de la fraie) à partir de la mi-octobre 2016 ont permis de constater que les quatre trappes installées dans le tributaire en août 2016 au PK 46 ont toutes été déchaussées de 36 cm (sur un maximum de 38 cm de hauteur). De plus, en novembre 2016 une des quatre trappes du tributaire du PK 46 qui était non activée a été évacuée du tributaire puis transportée jusqu'à quelques mètres en aval le long de la rive droite de la rivière Romaine. Une autre des trappes qui avait été activée en août a été retrouvée près de 6 m en aval de sa position initiale dans le tributaire du PK 46. Les deux autres trappes implantées en août 2016 dans le tributaire du PK 46 n'ont pas été retrouvées. Ces dernières ont probablement été ensevelies ou transportées plus loin en aval lors d'une crue dans le tributaire. Afin de poursuivre le suivi, les trappes non activées et évacuées du tributaire du PK 46 ont été remises en place et activées à nouveau au mois de novembre;

- en novembre 2016, l'ensemble des trappes ont été récupérées sur les deux frayères ainsi que sur le tributaire du PK 34. Une seule trappe dans le tributaire du PK 46 a été retrouvée. Enfin, le train de trappe de l'îlot C du PK 46 était partiellement déchaussé et il a été remis en place;
- en juillet 2017, les deux trappes du tributaire du PK 46 n'ont pas été retrouvées. Le substrat du lit de la rivière a été creusé manuellement avec une pelle afin de vérifier si le dispositif était enfoui. Les trappes ont probablement été déchaussées et emportées vers l'aval pendant la crue printanière;
- les trappes situées dans les deux tributaires n'ont pas été caractérisées par les techniciens plongeurs lors de leur extraction en novembre 2016 et en juillet 2017.

## Cubes

Le tableau 4-5 présente un sommaire des extractions de cubes d'infiltration prévues et celles effectuées pour chaque îlot des frayères (annexe 1, photo 10). Globalement, le mécanisme de fermeture des sacs des cubes d'infiltration a bien fonctionné, et ce, pour tous les cubes lors des trois extractions. Toutefois, certains problèmes sont survenus en novembre. Des pertes de matériel ont été notées au PK 34 (îlots B et C) et au PK 46 (îlots B et D). Ces dernières ont été occasionnées par la manipulation des cubes après l'extraction. Les données provenant de ces échantillons ont été rejetées des analyses statistiques et comparatives.

**Tableau 4-5** Sommaire des extractions de cubes par îlot et par frayère

Frayère	Îlot	Août 2016		Novembre 2016		Juillet 2017	
		Prévue	Réalisée	Prévue	Réalisée	Prévue	Réalisée
PK 34	A	1	1	1	1	2	2
	B	1	1	1	1 <sup>1</sup>	2	2
	C	1	1	1	1 <sup>1</sup>	2	2
	D	1	1	1	1	2	2
	<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
PK 46	A	1	1	1	1	2	2
	B	1	1	1	1 <sup>1</sup>	2	2
	C	1	1	1	1	2	2
	D	1	1	1	1 <sup>1</sup>	2	2
	<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>8</b>

<sup>1</sup> Échantillon rejeté en raison d'une perte de sédiments lors des manipulations (voir texte).

## 4.5 ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES ET STATISTIQUES

### 4.5.1 ÉCHANTILLONS RETENUS POUR LES ANALYSES

Le nombre d'échantillons retenus pour les analyses est ventilé par frayère, par type d'appareil d'échantillonnage et par mois d'extraction au tableau 4-6. Les cubes de l'îlot B et de l'îlot C de la frayère du PK 34 extraits en novembre 2016 n'ont pas été retenus en raison de la perte de matériel lors des manipulations suivant leurs remontées. Il en est de même du cube de l'îlot B et de l'îlot D de la frayère du PK 46 extrait en novembre 2016 qui sont exclus des analyses en raison de la quantité significative de matériel perdu lors de leur retrait. En ce qui concerne les trappes, certaines d'entre elles n'ont pas été retrouvées dans le tributaire au PK 46 en juillet 2017 (section 4.4.1).

Seulement trois des quatre carottes extraites à la frayère du PK 34 ont été retenues pour les analyses granulométriques. En effet, la carotte PK34-F04 était entièrement composée d'argile. Cette carotte est tout de même considérée comme étant un résultat. Au total, sept carottes cryogéniques ont fait l'objet d'analyses granulométriques à la frayère du PK 34 et du PK 46.

**Tableau 4-6 Nombre d'échantillons ayant fait l'objet d'une analyse granulométrique**

Extraction	Frayère PK 34			Frayère PK 46		
	Cube retenu/prévu	Trappe <sup>1</sup> retenu/prévu	Carotte retenu /prévu	Cube retenu /prévu	Trappe <sup>1</sup> retenu /prévu	Carotte retenu /prévu
Août 2016	4/4	n/a	n/a	4/4	n/a	n/a
Novembre 2016	2/4	4/4 [2/2]	n/a	2/4	4/4 [1/2]	n/a
Juillet 2017	8/8	4/4 <sup>2</sup> [2/2]	4 <sup>3</sup> /4	8/8	4/4 <sup>2</sup> [0/2]	4/4

1 Trappes des îlots de la frayère (rivière Romaine) et du tributaire associé [entre accolades].

2 Trains de trappes pour la frayère.

3 La carotte PK34-F04 était entièrement composée d'argile et n'a pas fait l'objet d'une analyse granulométrique.

## 4.5.2 ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES

À la suite de l'extraction des carottes, des cubes et des trappes, un tri des classes granulométriques grossières (> 16 mm) a été effectué directement sur place lors de la campagne d'août 2016. Pour les campagnes de novembre 2017 et de juillet 2017, le tri a été réalisé au laboratoire de sédimentologie de WSP à Québec. Le tri a été effectué 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 séchées 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 en 2005-2006 (GENIVAR, 2007a), en 2009-2010 (GENIVAR, 2011) et en 2010-2011 (GENIVAR, 2012) et permet ainsi la comparaison des résultats. Les classes granulométriques utilisées dans ce rapport (tableau 4-7) font référence à la classification de Wentworth (1922).

**Tableau 4-7 Classification granulométrique (modifiée d'après Wentworth, 1922)**

Taille des particules (mm)	Classe granulométrique
≥ 256	Bloc
64 - < 256	Galet
16 - < 64	Caillou
2 - < 16	Gravier
1 - < 2	Sable très grossier
0,500 - < 1	Sable grossier
0,250 - < 0,500	Sable moyen
0,125 - < 0,250	Sable fin
0,063 - < 0,125	Sable très fin
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

### **Cubes d'infiltration**

Les analyses granulométriques des échantillons provenant des cubes d'infiltration ont permis de calculer deux indices, soit l'indice 2 mm (Peterson, 1978) et l'indice 0,125 mm (Levasseur et coll., 2006). Ils correspondent respectivement à la proportion (%) de particules plus fines que 2 mm et que 0,125 mm dans chaque échantillon. Selon Peterson (1978), une proportion de sédiments fins (< 2 mm) inférieure à 20 % dans le substrat favorise un bon taux de survie des embryons. Pour leur part, Levasseur et coll. (2006) concluent, à la suite de leur étude réalisée sur la rivière Sainte-Marguerite au cours de deux périodes d'incubation consécutives, qu'une proportion de sédiments fins (< 0,125 mm) dans le substrat, inférieure à 0,17 % au cours de la période d'incubation, entraîne un taux de survie des embryons supérieur à 75 %.

### **Trappes et carottes**

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

- $D_{10}$  : Le diamètre des particules au 10<sup>e</sup> 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<sup>e</sup> 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<sup>e</sup> 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  $D_{100}$ ).

Pour chaque carotte de sédiments, le pourcentage des différentes classes granulométriques (< 2 mm, < 0,125 mm et < 0,063 mm) est calculé, alors que pour les trappes, le pourcentage des différentes classes granulométriques est représenté selon les classes suivantes (16-64 mm, 2-16 mm, 0,125-2 mm et < 0,125 mm).

---

### **4.5.3 ANALYSES STATISTIQUES**

Comme pour les études antérieures, des analyses statistiques ont été effectuées uniquement sur les résultats des extractions de cubes avec les mêmes approches que lors de l'étude de 2010-2011 (GENIVAR, 2012). Pour les trappes à sédiments servant à déterminer la distribution granulométrique du transport sédimentaire en charge de fond, aucune analyse statistique n'est nécessaire.

Les analyses réalisées sur les résultats des cubes ont porté sur le pourcentage de deux catégories de particules, soit celles <2 mm et celles <0,125 mm servant au calcul des deux indices, et les deux frayères ont été traitées séparément. La séquence des tests ou des vérifications réalisées est la suivante :

- vérification de la normalité des données;
- vérification de l'homogénéité des variances;
- calcul des statistiques de base : moyenne, erreur type et écart-type;
- analyse de variance à facteurs multiples (période, frayère, îlot);
- analyse de variance entre les périodes par frayère, couplée à un test de rang multiple sur les moyennes;
- calcul du coefficient de variation pour les échantillons extraits en juillet par îlot.

La normalité des données a été vérifiée à l'aide de tests de Kolmogorov-Smirnov et du Chi-carré (*goodness of fit*), qui ont permis de constater que ce critère était respecté; aucune transformation des données n'a donc été nécessaire.

L'homogénéité des variances a été vérifiée au moyen d'une analyse de variance (ANOVA), en appliquant les tests de comparaison des variances (F de Fisher, Bartlett, Levene). Les variances se sont révélées suffisamment homogènes pour poursuivre l'analyse, ce qui est une condition préalable pour pouvoir utiliser l'ANOVA qui est très robuste par rapport à la normalité des données, mais plus sensible si l'homogénéité des variances n'est pas respectée.

Des ANOVA ont d'abord été effectuées sur les deux catégories de particules (< 2 mm et < 0,125 mm) exprimées en pourcentages, afin de vérifier quel facteur avait le plus d'influence sur la variabilité des données. Pour ces analyses, les données des deux frayères ont été regroupées, les frayères et les îlots étant deux des facteurs analysés.

Des ANOVA ont ensuite été menées afin de comparer ces deux catégories de particules entre les périodes d'extraction, à chaque frayère. Ensuite, un test de rang multiple, soit le Least Significant Difference (LSD), a été appliqué. Il permet d'identifier les paires de périodes d'échantillonnage différentes entre elles. Mentionnons, en effet, que l'ANOVA détecte l'existence de différences entre les groupes, mais n'identifie pas les paires différentes entre elles, d'où la nécessité de procéder au test de rang multiple. Le test LSD est considéré comme le plus puissant lorsque les comparaisons ont été planifiées (test *a priori*), comme dans le cas actuel. Le test fonctionne sur la base de la variance résiduelle de l'ANOVA, laquelle détermine l'écart minimal que doivent avoir deux périodes pour être déclarées significativement différentes. La codification utilisée est l'attribution d'une lettre identique aux groupes qui ne sont pas significativement différents ( $p > 0,05$ ). La lettre « a » est généralement attribuée au groupe obtenant la moyenne la plus élevée. Par convention, pour un test statistique effectué avec une précision de 95 % ( $\alpha = 0,05$ ), les logiciels fournissent une probabilité (p) qui doit être interprétée ainsi : si  $p \geq 0,05$  alors les échantillons ne sont pas significativement différents; si  $p < 0,05$  alors ils sont significativement différents.

Enfin, des coefficients de variation ont été calculés pour les deux catégories de particules, sur les îlots de chacune des frayères, pour l'extraction de juillet (cubes et doublons). Cela permet d'évaluer l'hétérogénéité des échantillons intra-îlot. Soulignons que ce descripteur statistique est influencé par les valeurs qu'il décrit. Ainsi, le même écart entre deux valeurs fournira un coefficient de variation plus élevé si ces valeurs sont faibles comparativement à ce qui survient si elles sont élevées. Dans la présente étude, les valeurs de l'indice des particules < 0,125 mm (%) sont faibles et, par conséquent, les coefficients de variation seront relativement élevés.

# 5 RÉSULTATS

Ce chapitre présente d'abord les résultats de la structure verticale du substrat des frayères et la charge de fond sur les frayères des PK 34 et PK 46, ce qui représente la dynamique hydrosédimentaire à l'échelle des frayères pour la période d'incubation 2016-2017. Ensuite, il présente les résultats des apports sédimentaires provenant des tributaires au droit des deux frayères en exposant les résultats relatifs aux trappes à sédiments et aux transpondeurs installés dans les tributaires pour cette même période. Enfin, la dernière section décrit les variations du pourcentage des deux catégories de particules fines (< 2 mm et < 0,125 mm) dans les nids de saumon artificiels (cubes d'infiltration) installés au droit des deux frayères, d'août 2016 à juillet 2017.

## 5.1 DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE À L'ÉCHELLE DES FRAYÈRES À SAUMON

### 5.1.1 COMPOSITION GRANULOMÉTRIQUE DE LA STRUCTURE VERTICALE DES FRAYÈRES

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. Ces carottes sont représentatives du substrat de frayère non remanié par une femelle saumon lors de la construction de son nid. L'analyse visuelle de la stratigraphie des carottes, incluant l'appréciation des teneurs en sable ainsi que l'analyse granulométrique des échantillons composites en laboratoire, a permis de déterminer la proportion de chaque classe de sédiments.

#### ANALYSE VISUELLE

L'analyse visuelle de la proportion en sable pour chaque tranche de 5 cm des carottes montre que pour la frayère du PK 34, la majorité des strates ont une proportion visuelle apparente de sable entre 20 et 50 % (tableau 5-1; annexe 1, photos 11 à 13). Certaines strates des carottes F05 et F06 ont des proportions apparentes en sable supérieures à 50 %.

**Tableau 5-1 Analyse visuelle de la proportion en sable à différentes profondeurs dans le substrat des frayères du PK 34 et du PK 46 de la rivière Romaine**

Station	PK 34			PK 46				
	F05	F06	F07	F01	F02	F03	F04	
<b>Profondeur atteinte (cm)</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>42</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>32</b>	
Strate depuis la surface du substrat (cm)	0-5	B	B	B	B	D	A	B
	5-10	A	B	B	C	D	A	B
	10-15	C	A	B	C	D	A	B
	15-20	A	A	B	C	D	A	B
	20-25	B	A	*	B	D	A	B
	25-30	B	A	-	B	D	A	B
	30-35	B	C	-	B	D	A	-
35-40	*	C	-	B	A	A	-	

**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 %.

\* Contact avec l'unité argileuse d'origine glaciomarine.

La base des carottes F05 et F07 indique que l'épaisseur du substrat de la frayère est limitée, puisque le contact avec l'unité d'argile se situe parfois à moins de 25 cm depuis la surface. Ce constat est confirmé par les quatre premières tentatives infructueuses de carottage au terrain, indiquant que l'argile affleure en plusieurs endroits.

En ce qui concerne la frayère du PK 46, la proportion apparente en sable est relativement uniforme au sein de la même carotte, mais varie d'une carotte à l'autre (tableau 5-1; annexe 1, photos 14 à 19). Ainsi, la carotte F02, localisée le plus près de la rive (carte 4-1), contient une proportion apparente en sable de moins de 10 % sur les 35 premiers centimètres. Les carottes F01 et F04 montrent majoritairement une proportion apparente en sable entre 20 et 50 % et la carotte F03, située le plus loin de la rive, montre une proportion apparente en sable de plus de 50 %. Soulignons qu'une seule des carottes (F04) a atteint l'unité argileuse sous-jacente sous la strate de 25-30 cm. Ceci indique que l'unité d'argile se trouve généralement à une plus grande profondeur que sur la frayère du PK 34.

## ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

Les analyses granulométriques confirment les résultats précédents, puisque le substrat des deux frayères n'est pas identique, mais contient cependant une certaine proportion de sédiments sableux. En effet, la frayère du PK 46 est caractérisée par un substrat généralement plus fin que la frayère du PK 34, avec des valeurs de D50 variant de 28 à 40 mm (classe des cailloux) comparativement aux valeurs de la frayère du PK 46 qui varient de 8 à 24 mm (classe des cailloux et graviers) (tableau 5-2).

**Tableau 5-2 Valeurs du D10, du D50 et du D90 des échantillons prélevés aux frayères du PK 34 et du PK 46 de la rivière Romaine et classes granulométriques associées selon l'échelle de Wentworth (1922) (toutes strates confondues).**

Frayère	Station	D10		D50		D90	
		Taille (mm)	Classe granulométrique	Taille (mm)	Classe granulométrique	Taille (mm)	Classe granulométrique
PK 34	F05	1,196	Sable très grossier	40,337	Caillou	557,107	Bloc
	F06	0,334	Sable moyen	28,302	Caillou	61,568	Caillou
	F07	2,505	Gravier	39,954	Caillou	81,220	Galet
PK 46	F01	0,611	Sable grossier	7,882	Gravier	27,669	Caillou
	F02	0,589	Sable grossier	9,816	Gravier	41,338	Caillou
	F03	0,435	Sable moyen	24,024	Caillou	74,224	Galet
	F04	0,340	Sable moyen	7,473	Gravier	30,955	Caillou

Le résultat des analyses granulométriques des échantillons composites de chacune des carottes de la frayère du PK 34 indique que les stations ont un D90 qui correspond à la taille des cailloux et des blocs (tableau 5-2). Cependant, il y a de légères variations entre les stations en ce qui concerne les proportions des classes granulométriques les plus fines, tandis que les classes les plus grossières montrent une certaine hétérogénéité du substrat de la frayère, comme mentionné dans les études antérieures. Ainsi, la carotte F06 présente une proportion de particules < 2 mm de 28,5 %, ce qui dépasse le seuil de 20 % de l'indice Peterson (1978) (tableau 5-3). En contrepartie, les échantillons composites des deux autres carottes (F05 et F07) ont toutes une proportion de sédiments < 2 mm inférieure à 20 %, et ce, malgré la présence de deux unités de sable visibles dans la carotte F05, laquelle se reflète dans la valeur du D10 associé aux sables très grossiers. Soulignons que tous les échantillons composites de toutes les carottes ont un pourcentage de sédiments < 0,125 mm supérieur à 0,17 %, donc au-delà du seuil établi par Levasseur et coll. (2006). Enfin, les carottes F05 et F07 ont des D90 plus élevés correspondant aux blocs et aux galets. Il faut cependant noter que le D<sub>90</sub> de la carotte F05 est surévalué en raison de la présence d'un très gros bloc (annexe 1, photo 11).

Les résultats des analyses granulométriques des échantillons composites des carottes de la frayère du PK 46 indiquent que les proportions de sable (<2 mm) se situent toutes au-delà du seuil de 20 % et au-delà du seuil de 0,17 % pour les particules < 0,125 mm (tableau 5-3). L'analyse granulométrique des échantillons composites montre des similitudes quant à la distribution statistique du diamètre des particules entre les stations, avec un D90 correspondant aux cailloux et un D10 qui correspond à un sable moyen ou grossier (tableau 5-2).

Enfin, les valeurs du D90 sont globalement plus faibles pour la frayère du PK 46 que la frayère du PK 34 et, à l'inverse, les valeurs de % de 2 mm et moins et de 0,125 sont plus élevées.

**Tableau 5-3 Proportion (%) des sédiments fins < 0,125 mm et < 2 mm des échantillons prélevés sur la frayère du PK 34 et du PK 46 de la rivière Romaine (toutes strates confondues).**

Frayerè	Station	< 0,125 mm (%)	< 2 mm (%)
PK 34	F05	0,36	11,18
	F06	0,95	28,45
	F07	0,42	9,24
PK 46	F01	0,96	21,58
	F02	1,41	22,50
	F03	1,45	22,56
	F04	1,80	28,04

### 5.1.2 CHARGE DE FOND INTERCEPTÉE PAR LES TRAPPES À SÉDIMENTS INSTALLÉES SUR LES FRAYÈRES

Les résultats relatifs à la variation du transport de la charge de fond pour la période d'incubation 2016-2017 portent sur le contenu des trappes qui ont échantillonnées entre août et novembre 2016, et le contenu des trains de trappes qui ont été échantillonnés entre novembre 2016 et juillet 2017 sur les deux frayères.

La majorité des trappes extraites pendant la période d'incubation contenaient des sédiments au moment de leur extraction, ce qui témoigne d'un transport en charge de fond actif. Les données des extractions du mois de novembre montrent que le poids total des sédiments récoltés par les trappes extraites au PK 34 est supérieur à celui au PK 46. À l'inverse, entre novembre 2016 et juillet 2017, les trappes ont intercepté des quantités supérieures de sédiments à la frayère du PK 46. L'ensemble de ces résultats et des données brutes sont disponibles à l'annexe 4. Au-delà de la quantité de sédiments collectés, c'est principalement le type et la taille des sédiments collectés par les trappes qu'il est intéressant de connaître, puisque cela permet de déterminer la compétence de l'écoulement de la rivière pour une période considérée.

En effet, l'analyse granulométrique du contenu des trappes pour la frayère du PK 34 (tableau 5-4, figure 5-1 et annexe 4) permet de tirer les conclusions suivantes :

- entre août 2016 et novembre 2016, la majorité des sédiments interceptés ont un diamètre de particules compris entre 0,125 mm et 2 mm, soit un sable moyen à très grossier. Seul l'îlot A a un contenu plus grossier, avec un D<sub>50</sub> qui correspond au gravier et un D<sub>90</sub> correspondant au caillou.;
- entre novembre 2016 et juillet 2017, la majorité des sédiments interceptés sont encore des sables moyens à très grossiers. Comparativement à la période précédente (août-novembre 2016) très peu de sédiments plus grossiers (gravier, cailloux) ont été interceptés, à l'exception de la trappe de l'îlot D caractérisée par un D<sub>90</sub> correspondant à la classe des cailloux.

**Tableau 5-4 Valeurs du D<sub>10</sub>, du D<sub>50</sub> et du D<sub>90</sub> calculées à partir du contenu des trappes à sédiments sur les frayères.**

Fraysère	Période	Îlot	D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>50</sub> (mm)	D <sub>90</sub> (mm)	Classe granulométrique correspondant au D <sub>90</sub>
PK 34	Août à novembre 2016	A	0,514	8,702	64,479	Caillou
		B	0,535	1,029	1,809	Sable très grossier
		C	0,289	0,567	0,991	Sable grossier
		D	0,263	0,420	0,823	Sable grossier
	Novembre 2016 à juillet 2017	A*	0,275	0,566	0,927	Sable grossier
		B*	0,143	0,610	1,334	Sable très grossier
		C*	0,086	0,218	0,625	Sable grossier
		D*	0,101	0,459	20,554	Caillou
PK 46	Août à novembre 2016	A	0,063	0,156	1,414	Sable très grossier
		B	0,046	0,155	1,034	Sable très grossier
		C	0,148	1,033	12,366	Gravier
		D	0,241	0,560	6,573	Gravier
	Novembre 2016 à juillet 2017	A*	0,083	0,410	12,246	Gravier
		B*	0,131	1,330	29,405	Caillou
		C*	0,111	0,340	2,774	Gravier
		D*	0,138	0,426	6,455	Gravier

\* Valeur calculée en considérant le contenu du train de trappes (6 trappes, voir annexe 4) comme un seul échantillon.

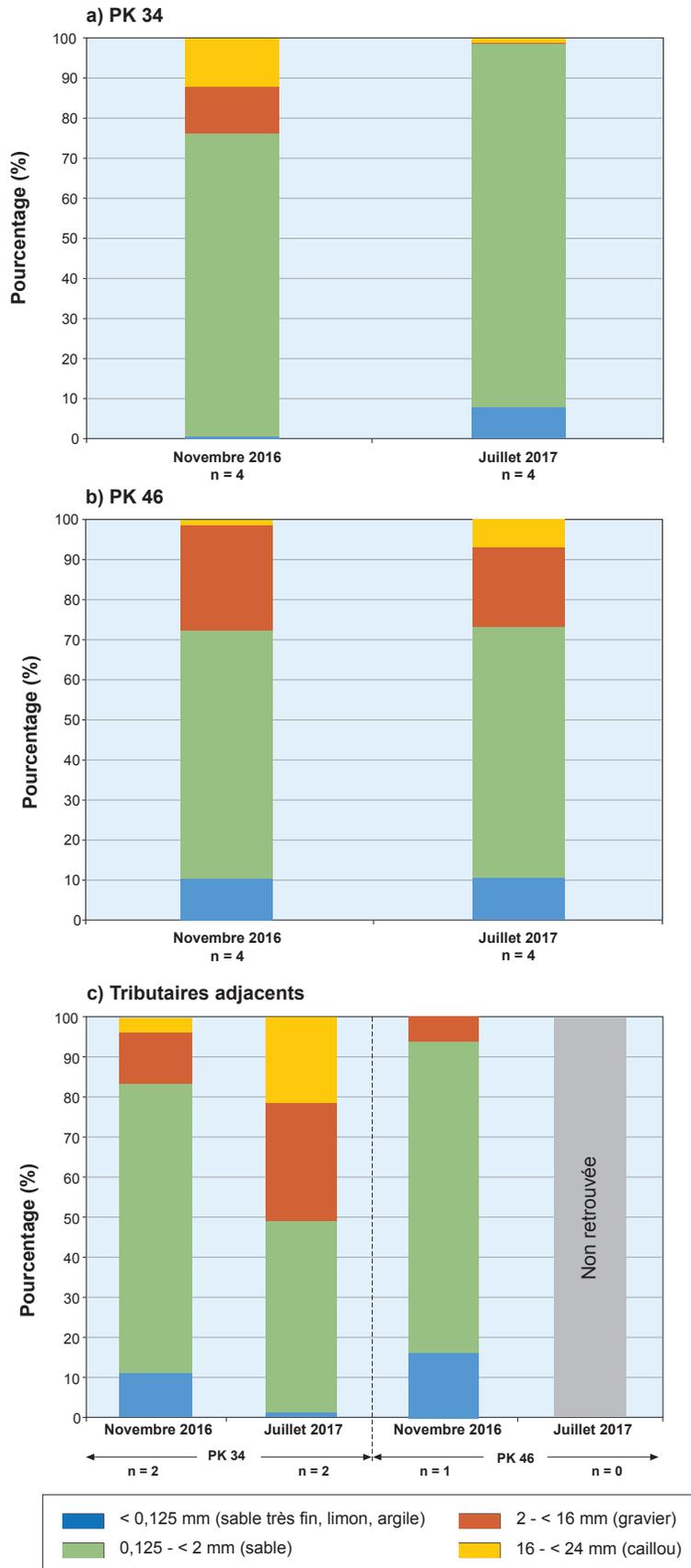
En résumé, la charge de fond interceptée par les trappes sur la frayère du PK 34 est un peu plus grossière pour la période comprise entre août 2016 et novembre 2016 que pour la période entre novembre 2016 et juillet 2017. Sur l'hydrogramme, les débits de la période entre août et novembre 2016 sont plus stables, aux alentours de 250 m<sup>3</sup>/s avec un pic de deux semaines à environ 400 m<sup>3</sup>/s (figure 5-2). À l'inverse, entre la période de novembre 2016 et de juillet 2017, le débit est très variable (entre 150 et 530 m<sup>3</sup>/s), et ce, sur de très courtes périodes de temps pour les hauts débits et de plus longue période pour les débits plus faibles. Cependant, le D<sub>90</sub> moyen indique une taille similaire des plus grosses particules (sable grossier à sable très grossier) interceptées pour les deux périodes.

En ce qui concerne la frayère du PK 46, l'analyse granulométrique du contenu des trappes (tableau 5-4; figure 5-1 et annexe 4) permet de tirer les conclusions suivantes pour l'ensemble de la période d'incubation :

- entre août 2016 et novembre 2016, la majorité des sédiments interceptés ont un diamètre de particules compris entre 0,125 mm et 2 mm, soit un sable moyen à très grossier avec une certaine proportion de graviers. En effet, les valeurs des D<sub>90</sub> correspondent aux graviers pour les îlots C et D et aux sables très grossiers pour les îlots A et B;
- le contenu de trappes récoltées entre novembre 2016 et juillet 2017 est similaire à celui de la période précédente, avec une proportion toutefois un peu plus élevée de cailloux que de gravier. D'ailleurs, les valeurs des D<sub>90</sub> correspondent aux graviers pour les îlots A, C et D et aux cailloux pour l'îlot B.

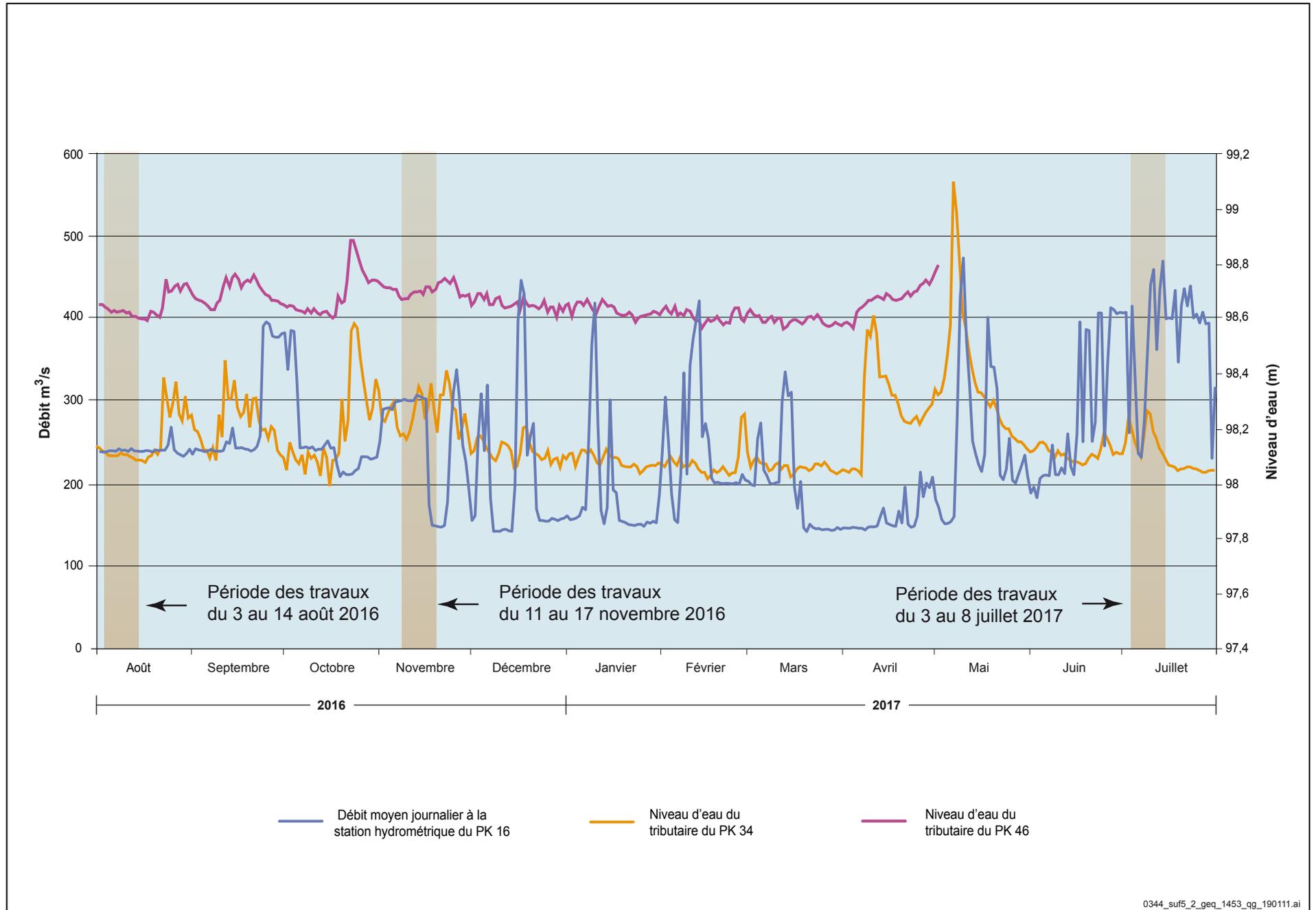
Globalement, les propriétés granulométriques de la charge de fond interceptée sur la frayère du PK 46 sont similaires entre les deux périodes d'échantillonnage malgré les conditions hydrologiques différentes (figure 5-2), quoiqu'elles soient un peu plus fines entre août 2016 et novembre 2016 (sable très grossier à gravier) que de novembre 2017 à juillet 2017 (gravier à caillou).

Figure 5-1 Pourcentage des différentes classes de sédiments récoltés par les trappes



0344\_suf5\_1\_geq\_1470\_qg\_classe\_181029.ai

Figure 5-2 Installation et extractions des appareils d'échantillonnage en fonction de l'hydrogramme de la rivière Romaine et des niveaux d'eau des tributaires localisés au PK 34 et au PK 46



0344\_suf5\_2\_geq\_1453\_qg\_190111.ai

## 5.2 APPORT SÉDIMENTAIRE PROVENANT DES TRIBUTAIRES AU DROIT DES FRAYÈRES NATURELLES

Les résultats sur la capacité de transport des tributaires du PK 34 et du PK 46 au droit des deux frayères sont présentés en fonction de l'analyse granulométrique du contenu des trappes à sédiments à la section 5.2.1 et du suivi des transpondeurs à la section 5.2.2.

### 5.2.1 TRAPPES À SÉDIMENTS

Au PK 34, le contenu prélevé dans la paire de trappes entre août 2016 et novembre 2016 correspond majoritairement, soit dans une proportion de 83 %, à des sédiments dont la taille est inférieure à 2 mm, avec une valeur de  $D_{50}$  qui correspond au sable moyen (figure 5-1, annexe 4). Le  $D_{90}$  indique que les plus grosses particules interceptées sont de la taille des graviers (tableau 5-5). Entre novembre 2016 et juillet 2017, la taille du  $D_{90}$  des particules interceptées dans les trappes correspond aux cailloux. En résumé, les trappes dans le tributaire ont intercepté une charge de fond plus grossière entre novembre 2016 et juillet 2017. La crue printanière survenue sur ce tributaire en avril, mais surtout en mai, a permis de transporter des sédiments de plus grandes tailles comparativement aux événements hydrologiques de la période précédente (figure 5-2).

En ce qui concerne le tributaire du PK 46, la charge sédimentaire captée par la trappe extraite en novembre 2016 contient une proportion de 16 % de particules plus fines que 0,125 mm (figure 5-1, annexe 4). La majorité des sédiments sont compris dans la classe granulométrique 0,125 mm et 2 mm, avec un  $D_{50}$  correspondant aux sables moyens. Le  $D_{90}$  correspond aux sables très grossiers, démontrant l'absence de transport de graviers (tableau 5-5) malgré l'avènement de deux crues automnales survenues dans ce tributaire en septembre et en octobre (figure 5-2). Enfin, aucune donnée n'est disponible pour la période de novembre 2016 à juillet 2017, puisqu'aucune trappe n'a été retrouvée lors de l'extraction de juillet 2017 et que certaines autres ont dû être réinstallées pendant la période d'incubation. Cela démontre que ce cours d'eau est très dynamique et qu'il se caractérise par un transport sédimentaire très actif des sables; des coulées sableuses provenant de sources sédimentaires en amont se sédimentent temporairement sur le lit graveleux dans le tronçon aval du tributaire et sont remises ensuite en transport et ainsi rapidement évacuées dans la rivière Romaine. Il aurait été intéressant d'analyser ces résultats en lien avec la crue printanière survenue sur ce tributaire, mais les données de niveaux d'eau ne sont pas disponibles d'avril à juillet (figure 5-2) en raison d'un problème technique temporaire de la sonde qui enregistrait en continu.

Enfin, le contenu des trappes semble démontrer, du moins pour la première période d'échantillonnage, un transport en charge de fond plus fins sur la frayère du PK 46 que celui de la frayère du PK 34.

**Tableau 5-5 Valeurs du  $D_{10}$ , du  $D_{50}$  et du  $D_{90}$  calculées à partir du contenu des trappes à sédiments dans les tributaires.**

Localisation	Période	$D_{10}$ (mm)	$D_{50}$ (mm)	$D_{90}$ (mm)	Classe granulométrique correspondant au $D_{90}$
PK 34	Août à novembre 2016*	0,111	0,416	3,369	Gravier
	Novembre 2016 à juillet 2017*	0,327	2,095	29,088	Caillou
PK 46	Août à novembre 2016**	0,089	0,373	1,628	Sable très grossier
	Novembre 2016 à juillet 2017***	n/d	n/d	n/d	n/d

\* Valeur obtenue en considérant le contenu des deux trappes comme un seul échantillon.

\*\* Valeur obtenue en considérant le contenu d'une seule trappe, car la deuxième n'a pas été retrouvée.

\*\*\* Trappes non retrouvées.

---

## 5.2.2 SUIVI DES TRANSPONDEURS

Comme mentionné à la section 4.2.2, l'utilisation de transpondeurs constitue une toute nouvelle technique d'échantillonnage, complémentaire aux trappes à sédiments, qui a été déployée dans les tributaires au droit de chacune des deux frayères pour la première fois depuis le début du programme de suivi. L'objectif est de tenter de documenter davantage la contribution des tributaires sur la dynamique sédimentaire de ces deux frayères.

### *Déplacements des transpondeurs au PK 34*

En novembre 2016, 56 % des transpondeurs implantés en août 2016 ont été détectés au tributaire du PK 34 (tableau 5-6). Les galets fixes ont tous été retrouvés et indiquent un déplacement négligeable (moyenne de 0,3 m). Les galets traceurs de différentes tailles ont été détectés dans des proportions qui varient entre 40 et 100 % et montrent des déplacements moyens variant entre 0,4 et 2,3 m, le plus faible associé aux plus gros galets (80 mm de longueur), mais le plus grand associé à des tailles différentes (20 et 60 mm). Les transpondeurs traceurs seuls (c.-à-d. non insérés dans des galets) de 12 mm détectés en novembre (24 %) montrent un déplacement moyen (2,6 m) similaire à celui des galets traceurs. Toutefois, ceux de 24 mm, détectés dans une proportion de 73 %, affichent la moyenne de déplacements nettement la plus élevée à 8,5 m (tableau 5-7). Pour cette période (août à novembre 2016), trois événements de crue automnale sont survenus dans ce tributaire (figure 5-2).

En juillet 2017, le taux de détection moyen a diminué à 46 % (vs 56 % en novembre), ce qui représente un taux de détection tout de même appréciable après une période de 8 mois et qui tient compte de la crue printanière. En effet, durant cette période, la crue printanière a été caractérisée par des valeurs de niveaux d'eau dans ce tributaire environ du double de l'ampleur et de la durée des crues d'automne de la période précédente (août à novembre 2016) (figure 5-2). De ce fait, les galets traceurs et les transpondeurs ont pu, par exemple, être ensevelis par des apports de sédiments ou transportés au-delà de la zone échantillonnée. Spécifiquement, contrairement à novembre alors que tous les galets fixes avaient été retrouvés, la moitié de ceux-ci ont été repérés en juillet. La plus forte diminution a été observée pour les galets traceurs de 20 mm, passant de 100 % à 20 %. La distance moyenne des déplacements pour la période comprise entre novembre 2016 et juillet 2017 est beaucoup plus élevée que pour la période comprise entre août 2016 et novembre 2016. Le déplacement moyen des galets fixes est de 8,8 m tandis qu'il varie entre 22,2 et 51,5 m pour les galets traceurs. Ce sont les transpondeurs traceurs seuls de 24 mm et de 12 mm qui ont enregistré les plus grandes distances, avec des moyennes respectives de 53,9 m et de 70,3 m. Ces plus grands déplacements sont également associés aux plus fortes conditions hydrologiques survenues dans ce tributaire entre novembre 2016 et juillet 2017 qu'entre août et novembre 2016 (figure 5-2).

Spatialement, entre août 2016 et juillet 2017, une majorité de galets traceurs et de transpondeurs se sont accumulés à l'intérieur de l'enceinte rocheuse qui ceinture l'embouchure du tributaire (carte 5-1). Quelques transpondeurs ont suivi le thalweg (en rive droite du tributaire) et ont abouti le long de la rive droite de la rivière Romaine, alors que d'autres ont été expulsés de l'enceinte rocheuse par le courant principal (en rive gauche du tributaire) qui semble plus actif lorsque les niveaux d'eau sont plus élevés dans le tributaire (Obs. pers. 2017, J. Simard).

### *Déplacements des transpondeurs au PK 46*

En ce qui concerne le tributaire du PK 46, le taux de détection moyen en novembre 2016 est de 44 % (tableau 5-6, carte 5-2). Les galets fixes ont été retrouvés dans une proportion de 66 % avec un déplacement moyen de 4,7 m (tableau 5-7). Les galets traceurs de différentes tailles ont été retrouvés dans une proportion variant entre 75 et 100 % pour des déplacements moyens entre 0,4 et 6,4 m, sans lien avec la taille des galets. Ce sont les transpondeurs traceurs de 12 et de 24 mm qui ont eu le plus faible taux de détection, soit entre 7 % et 35 %, avec des déplacements similaires à ceux des galets traceurs de différentes tailles, soit respectivement 3,0 et 0,5 m. Il va de soi que ces déplacements sont associés aux conditions hydrologiques, dont deux crues automnales survenues dans ce tributaire en septembre et en octobre 2016 (figure 5-2).

**Tableau 5-6 Comparaison entre le nombre de transpondeurs implanté et le nombre détecté pour les périodes d'échantillonnage entre août 2016 et juillet 2017 dans les tributaires du PK 34 et du PK 46 et à leur confluence avec la rivière Romaine**

Type de galets	Taille des transpondeurs (mm)	Taille de l'axe A des galets	PK 34			PK 46		
			Implantés (août 2016)	Détectés (novembre 2016)	Détectés (juillet 2017)	Implantés (août 2016)	Détectés (novembre 2016)	Détectés (juillet 2017)
Galet fixe	24	160	10	100 %	50 %	29	66 %	62 %
Galet traceur	12	80	5	40 %	40 %	4	75 %	75 %
	12	60	5	60 %	80 %	4	100 %	25 %
	12	40	5	40 %	100 %	4	100 %	25 %
	12	20	5	100 %	20 %	4	75 %	50 %
Transpondeur traceur <sup>1</sup>	12	12	25	24 %	16 %	28	7 %	7 %
	24	24	15	73 %	73 %	37	35 %	32 %
<b>Total</b>			<b>70</b>	<b>56 %</b>	<b>46 %</b>	<b>110</b>	<b>44 %</b>	<b>36 %</b>

<sup>1</sup> Transpondeur libre, non fixé à un galet.

**Tableau 5-7 Déplacement moyen (m) des transpondeurs retrouvés pour les périodes d'échantillonnage entre août 2016 et juillet 2017 dans les tributaires du PK 34 et du PK 46 et à leur confluence avec la rivière Romaine**

Type de galets	Taille des transpondeurs (mm)	Taille de l'axe A des galets	PK 34			PK 46		
			Déplacement entre août et novembre 2016 (m)	Déplacement entre novembre 2016 et juillet 2017 (m)	Déplacement total entre août 2016 et juillet 2017 (m)	Déplacement entre août et novembre 2016 (m)	Déplacement entre novembre 2016 et juillet 2017 (m)	Déplacement total entre août 2016 et juillet 2017 (m)
Galet fixe	24	160	0,3	8,8	9,1	4,7	10,4	15,1
Galet traceur	12	80	0,4	22,2	22,6	3,6	35,1	38,7
	12	60	2,3	42,8	45,1	6,4	18,4	24,8
	12	40	1,0	43,3	44,3	0,4	28,6	29
	12	20	2,3	51,5	53,8	1,4	27,4	28,8
Transpondeur traceur <sup>1</sup>	12	12	2,6	70,3	72,9	3,0	31	34
	24	24	8,5	53,9	62,4	0,5	44,9	45,4

<sup>1</sup> Transpondeur libre, non fixé à un galet.

En juillet 2017, le taux de détection global est de 36 % comparativement à 44 % en novembre. Les galets fixes, les galets traceurs de 60, 40 et 20 mm ainsi que les transpondeurs traceurs de 24 mm ont tous enregistré une baisse du taux de détection. Seuls les galets traceurs de 80 mm et les transpondeurs traceurs de 12 mm ont eu des taux de détection similaires à la campagne de détection de novembre 2016. Soulignons que lors de cette détection, il s'agit des mêmes galets traceurs de 80 mm qu'en novembre, ce qui n'est pas le cas pour les transpondeurs traceurs de 12 mm. Les déplacements moyens des galets fixes sont de 10,4 m tandis que la distance varie entre 18,4 et 35,1 m pour les galets traceurs. Ce sont les transpondeurs traceurs de 24 mm qui ont les déplacements les plus importants (moyenne de 44,9 m). Comme mentionné précédemment, les mesures de niveaux d'eau manquantes à partir du début de mai 2017 sur ce tributaire, ne permettent pas de voir l'impact de la crue printanière sur ces résultats (figure 5-2).

Spatialement, entre août 2016 et juillet 2017, les galets traceurs et les transpondeurs ont principalement transité par le thalweg pour se retrouver légèrement étalés directement à l'embouchure du tributaire, mais majoritairement concentrés au droit du thalweg sur le delta, un peu plus au large dans la Romaine (carte 5-2).

En somme, les résultats démontrent que la dynamique hydrosédimentaire est différente sur les deux tributaires. En effet, il y a un plus grand succès de détection au PK 34 qu'au PK 46 et les déplacements sont plus longs au PK 34 qu'au PK 46, sauf pour les plus gros galets traceurs. Il est fort probable que la dynamique hydrosédimentaire et que la configuration de l'embouchure de chacun de ces tributaires influencent grandement les déplacements des traceurs. Néanmoins, ces premiers résultats sont particulièrement prometteurs et le fait que d'autres galets traceurs seront implantés lors des prochaines années de suivi augmentera le nombre de traceurs qui seront susceptibles d'être détectés d'année en année.

---

## 5.3 DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE À L'ÉCHELLE DU NID DE SAUMON

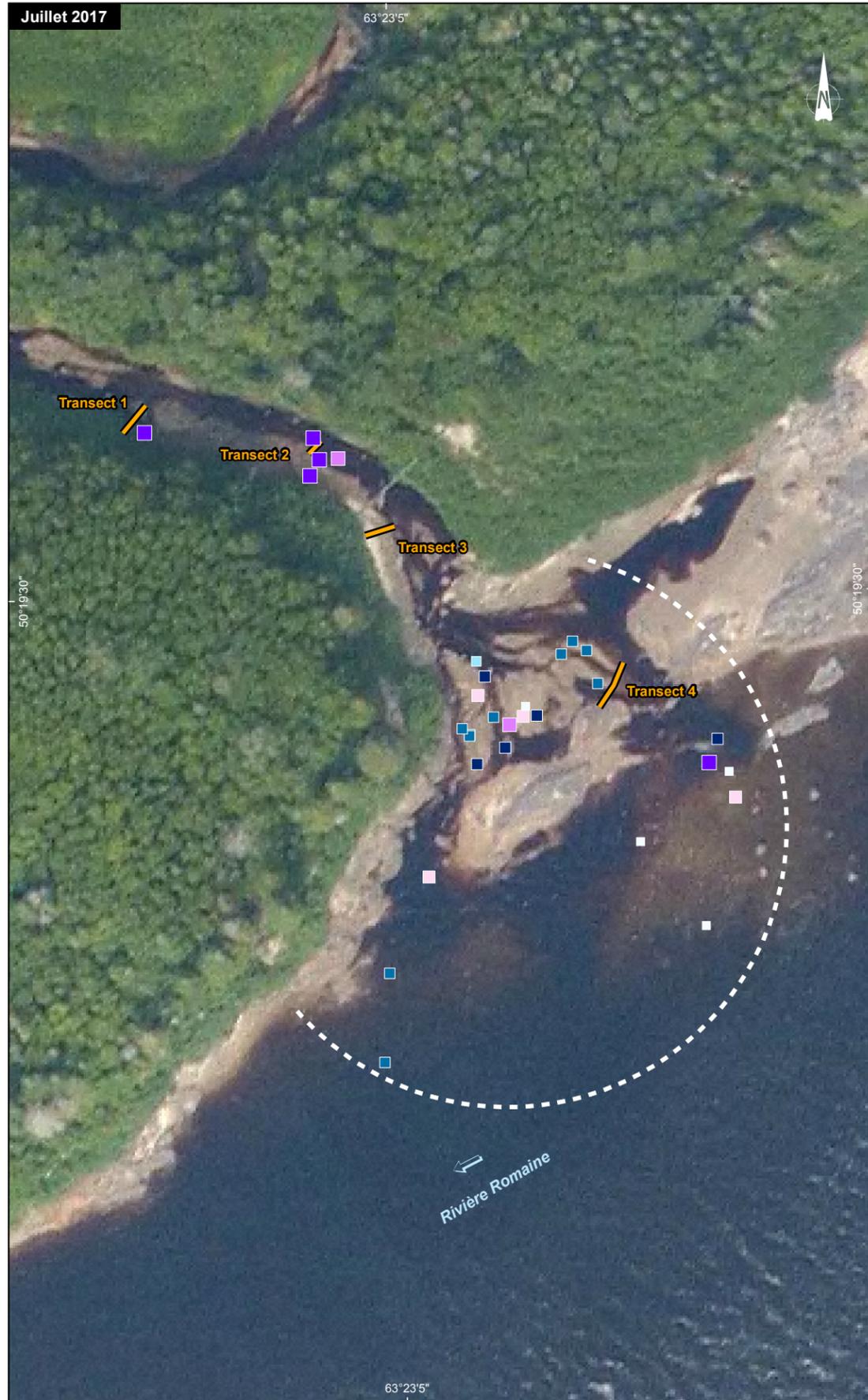
L'analyse de la dynamique sédimentaire à l'échelle du nid de saumon vise spécifiquement à caractériser la variation de la teneur en particules fines pour la période d'incubation 2016-2017 pour deux catégories de particules (< 2 mm et < 0,125 mm) associées aux indices 2 mm de Peterson (1978) et 0,125 mm de Levasseur et coll. (2006). Les analyses statistiques décrites aux sections 5.3.1 et 5.3.2 ont été effectuées sur une seule frayère à la fois.

---

### 5.3.1 VARIATIONS DE LA TENEUR EN PARTICULES PLUS FINES QUE 2 MM

Les figures 5-3 et 5-4 illustrent l'évolution du pourcentage moyen de particules < 2 mm durant la période d'incubation 2016-2017 aux deux frayères étudiées. Ces figures montrent également les résultats des comparaisons entre les différentes périodes d'extraction et les variations du débit de la rivière Romaine à la station hydrométrique 073801 (PK 16). Les données brutes par îlot sont présentées à l'annexe 5.

Les données de la première extraction effectuée au début du mois d'août 2016 (débits moyens journaliers de 253 à 256 m<sup>3</sup>/s lors de la pose et de la première extraction), représentent l'état initial du substrat d'un nid qui vient d'être creusé par une femelle. À ce moment, les teneurs moyennes des particules < 2 mm sont de 10,5 % au PK 34 et de 7,4 % au PK 46. Ces valeurs sont sous le seuil de 20 %, en dessous duquel Peterson (1978) considère que le taux de survie des embryons est bon. Cela indique clairement qu'après l'installation des nids artificiels, le substrat des deux frayères est de bonne qualité pour le développement des œufs de saumon.



**Galet traceur**

□ 1 Nombre  
 Taille galet (mm) (couleur de la taille)

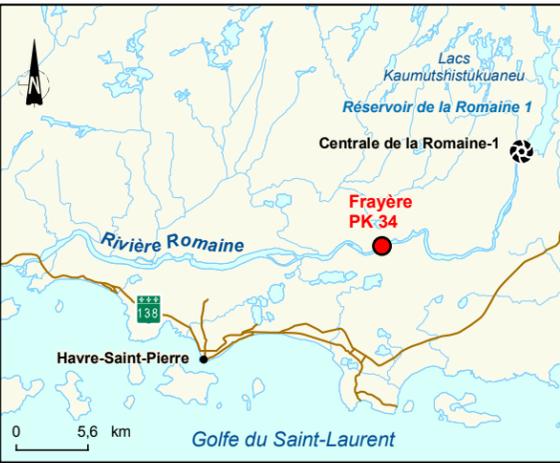
Tailles (mm)

- 12
- 20
- 24
- 40
- 60
- 80
- 160

— Transect

**Autre**

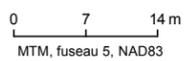
- ← Sens de l'écoulement
- - - Limite approximative de détection des transpondeurs



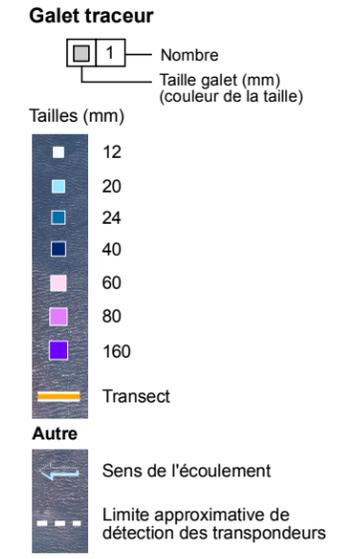
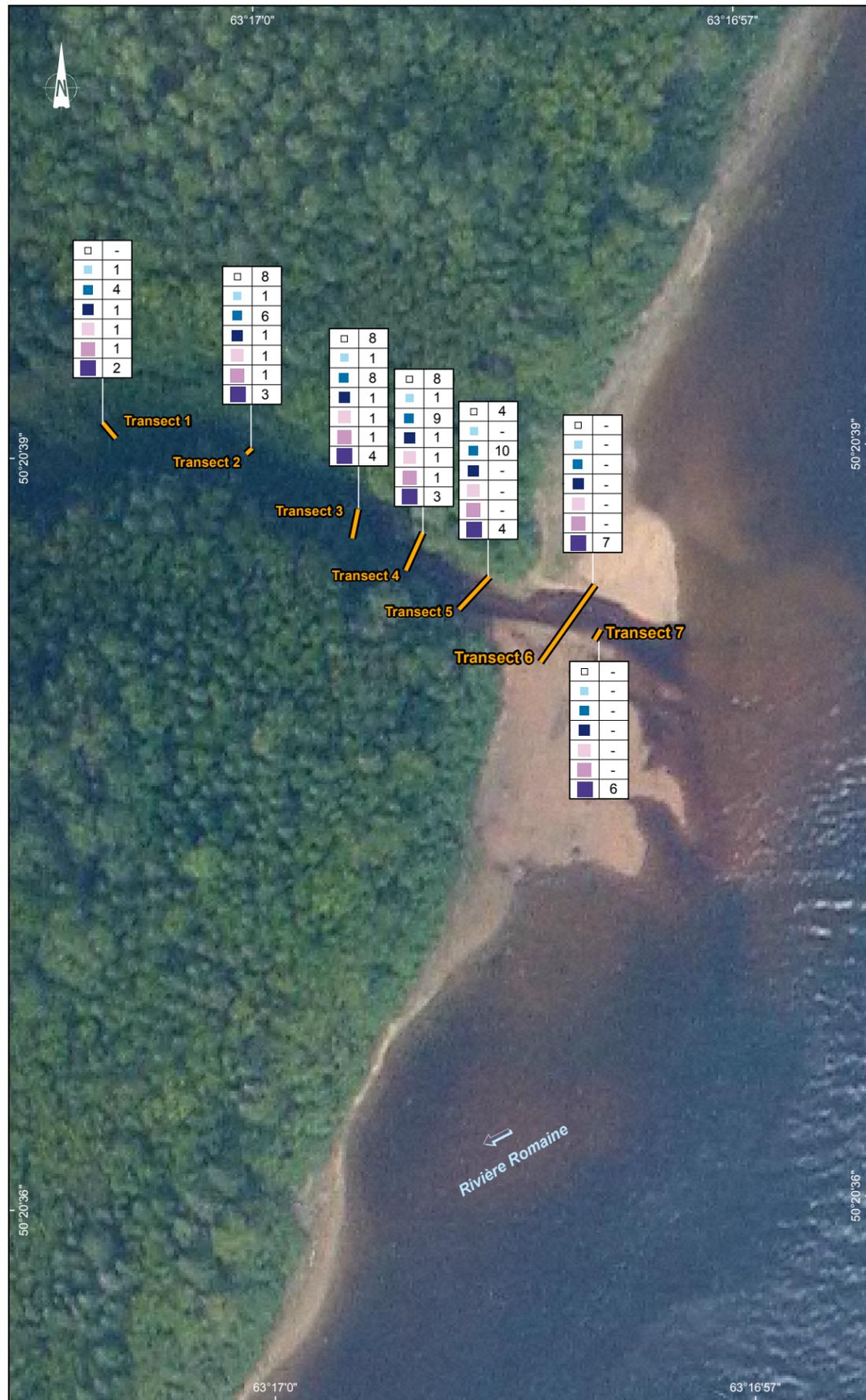
Complexe de la Romaine  
 Suivi environnemental en phase exploitation  
 Suivi de la qualité granulométrique des  
 frayères à saumon naturelles  
 Suivi 2016-2017

**Déplacement des galets traceurs  
 entre août 2016 et juillet 2017  
 dans le tributaire du PK 34  
 de la rivière Romaine**

Sources :  
 Orthophoto, résolution 30 cm, Hydro-Québec, 2004  
 Inventaires et cartographie : WSP juillet 2017  
 Fichier : 0344\_suc5\_1\_geq\_1457\_qg\_181026.mxd



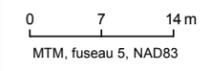




Complexe de la Romaine  
 Suivi environnemental en phase exploitation  
 Suivi de la qualité granulométrique des  
 frayères à saumon naturelles  
 Suivi 2016-2017

**Déplacement des galets traceurs  
 entre août 2016 et juillet 2017  
 dans le tributaire du PK 46  
 de la rivière Romaine**

Sources :  
 Orthophoto, résolution 30 cm, Hydro-Québec, 2004  
 Inventaires et cartographie : WSP juillet 2017  
 Fichier : 0344\_suc5\_2\_geq\_1458\_qg\_181026.mxd



Janvier 2019



Figure 5-3 Variation de la proportion moyenne de particules < 2 mm dans le substrat des cubes d'infiltration (nids artificiels) à la frayère du PK 34 de la rivière Romaine d'août 2016 à juillet 2017

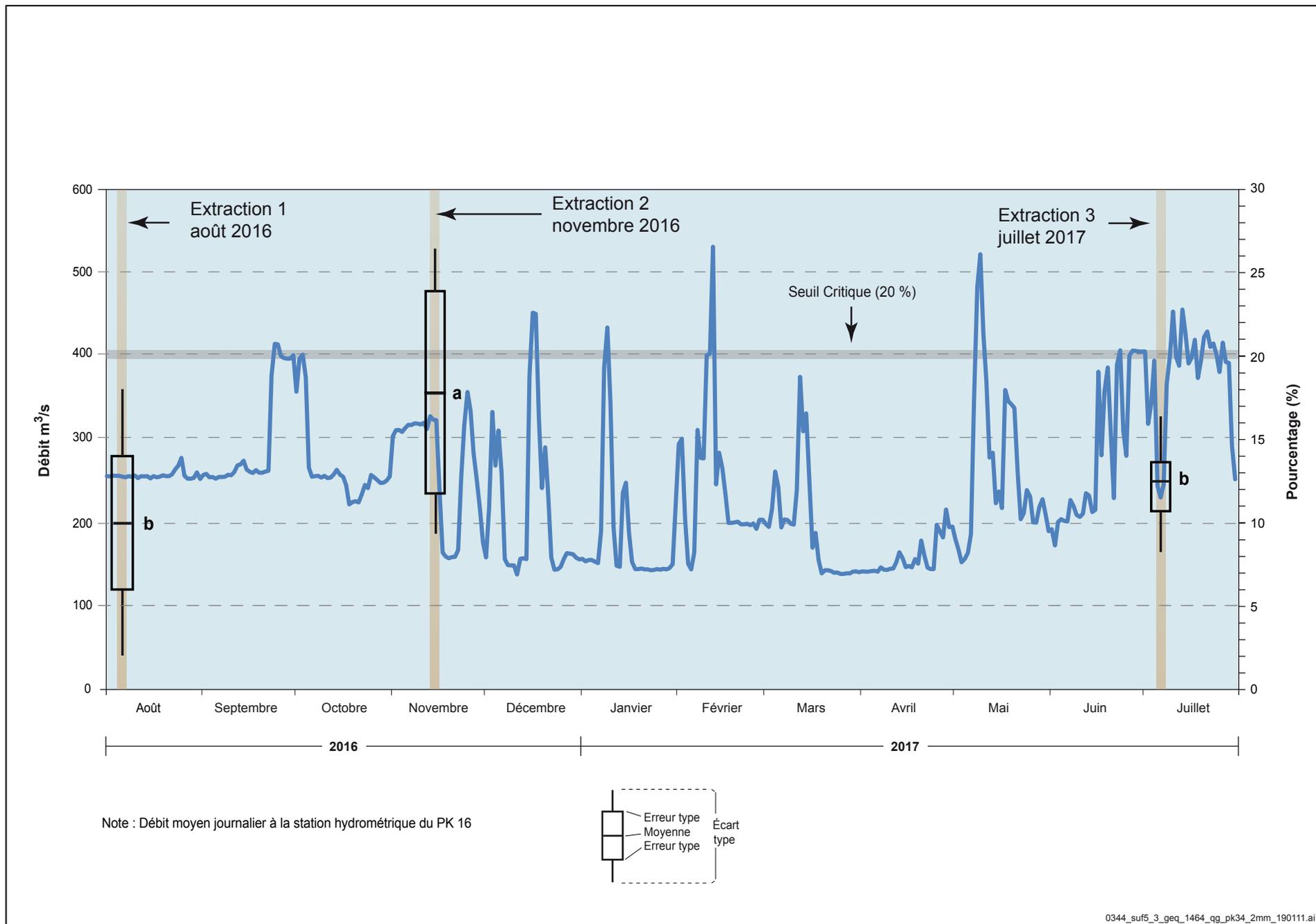
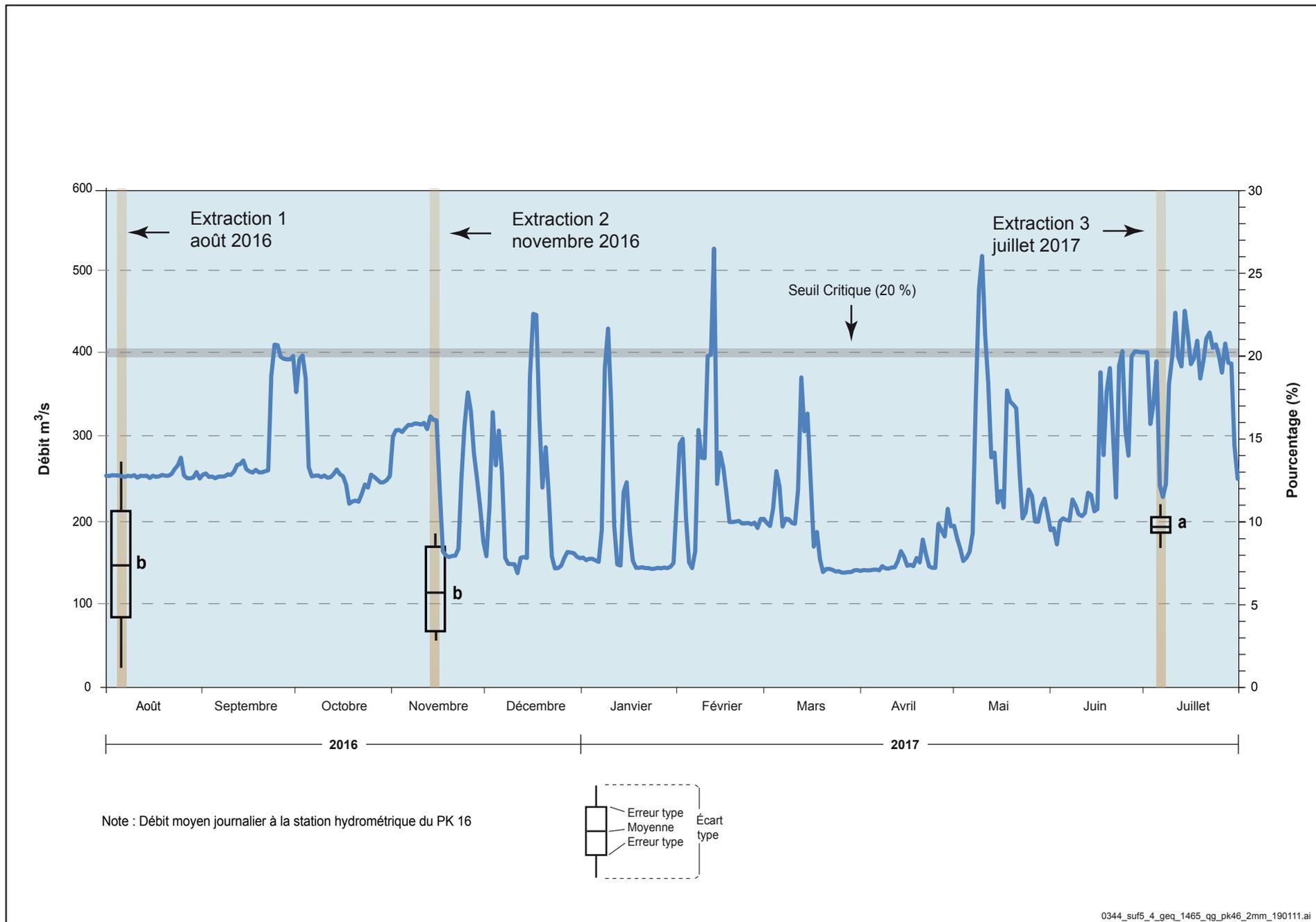
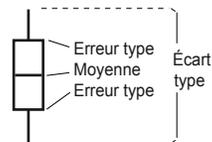


Figure 5-4 Variation de la proportion moyenne de particules < 2 mm dans le substrat des cubes d'infiltration (nids artificiels) à la frayère du PK 46 de la rivière Romaine d'août 2016 à juillet 2017

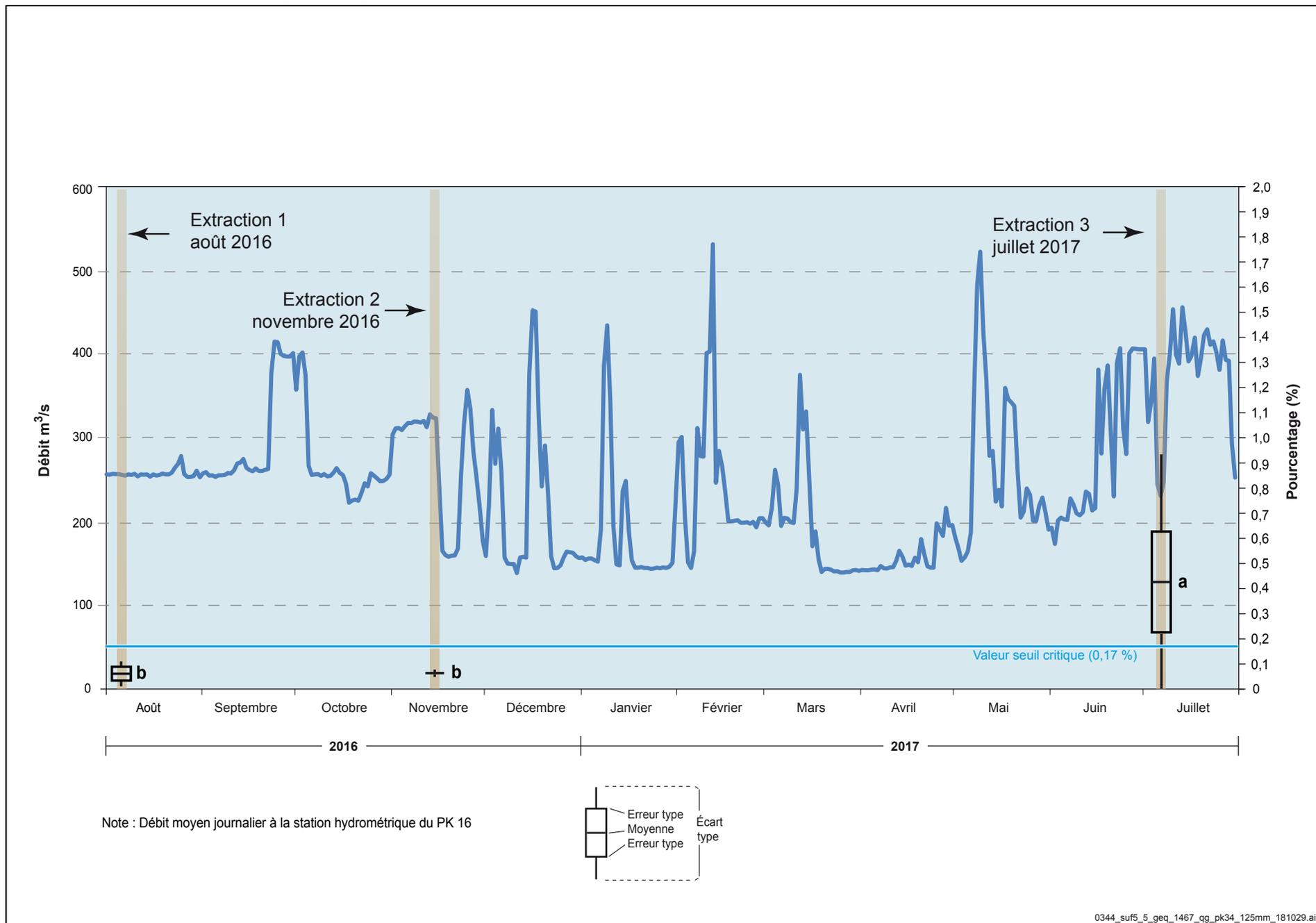


Note : Débit moyen journalier à la station hydrométrique du PK 16



0344\_suf5\_4\_geq\_1465\_qg\_pk46\_2mm\_190111.ai

Figure 5-5 Variation de la proportion moyenne de particules < 0,125 mm dans le substrat des cubes d'infiltration (nids artificiels) à la frayère du PK 34 de la rivière Romaine d'août 2016 à juillet 2017



0344\_suf5\_5\_geq\_1467\_qg\_pk34\_125mm\_181029.ai

Lors de la seconde extraction au début du mois de novembre 2016, les débits moyens journaliers se situaient entre de 312 et 323 m<sup>3</sup>/s. La période d'environ trois mois entre l'installation des cubes et cette extraction est caractérisée par des débits relativement stables (environ 250 m<sup>3</sup>/s) avec un événement d'environ 400 m<sup>3</sup>/s pour une durée d'environ deux semaines. Le pourcentage moyen des particules < 2 mm pour la frayère du PK 34 (18,0 %) est significativement plus élevé ( $p < 0,05$ ) que l'état initial (10,5 %; figure 5-3), mais le pourcentage moyen automnal (5,7 %) à la frayère du PK 46 n'est pas significativement plus faible que l'état initial (7,4 %; figure 5-4).

Au début du mois de juillet 2017, à la suite d'une période de huit mois d'échantillonnage caractérisée par une succession de pointes de débits d'environ 300 à 550 m<sup>3</sup>/s de courte durée et d'une faible crue de printemps, une diminution faible mais significative est notée comparativement à l'extraction de novembre 2016 à la frayère du PK 34, mais elle n'est pas significativement différente de l'état initial. Sur la frayère du PK 46, le pourcentage de particule < 2 mm observé en juillet est statistiquement un peu plus élevé que l'état initial et que celui de l'automne. Toutefois, toutes les valeurs sont sous le seuil de 20 %, en dessous duquel Peterson (1978) considère que le taux de survie des embryons est bon.

En somme, la variation de la teneur en particules plus fines que 2 mm dans les nids artificiels pendant la période d'incubation diffère d'une frayère à l'autre face aux mêmes événements hydrologiques de la rivière Romaine, principalement en raison de la configuration des sites (par exemple : caractéristiques et régime hydrologique des tributaires différents, proximité de la chute au PK 34, enceinte rocheuse qui piège les sédiments au PK 34). Toutefois, même si le contenu en particules < 2 mm des nids artificiels n'a pas évolué de la même manière dans le substrat des deux frayères naturelles, il est toujours demeuré en moyenne sous le seuil critique de 20 %, assurant une bonne survie des œufs selon l'indice de Peterson tout au long de la période d'incubation.

---

### 5.3.2 VARIATIONS DE LA TENEUR EN PARTICULES PLUS FINES QUE 0,125 MM

Les variations du pourcentage moyen des particules < 0,125 mm durant la période d'incubation aux frayères du PK 34 et du PK 46 sont illustrées et statistiquement comparées aux figures 5-5 et 5-6 respectivement. Les résultats des données brutes par îlots sont présentés à l'annexe 5.

Les données de la première extraction effectuée au début du mois d'août 2016 (débits moyens journaliers de 253 à 256 m<sup>3</sup>/s lors de la pose et de la première extraction), représentent l'état initial du substrat d'un nid qui vient d'être creusé par une femelle. À ce moment, les pourcentages moyens de particules < 0,125 mm sont du même ordre de grandeur aux deux frayères (0,07 % au PK 34 et 0,09 % au PK 46; figures 5-5 et 5-6).

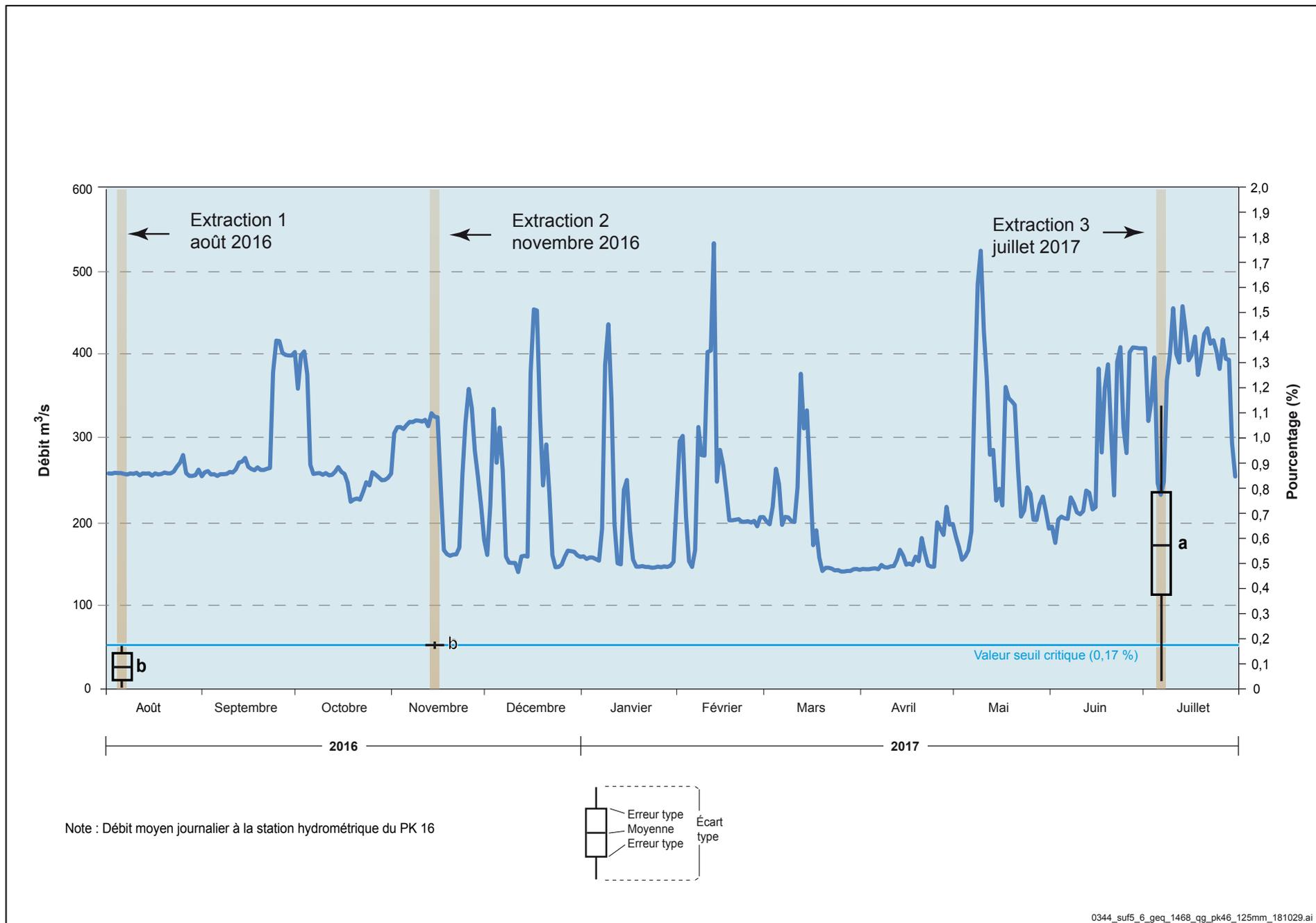
Au début du mois de novembre 2016, après une période d'environ trois mois caractérisée par des débits relativement stables d'environ 250 m<sup>3</sup>/s avec un événement d'environ 400 m<sup>3</sup>/s pour une durée d'environ deux semaines, la proportion moyenne de particules plus fines que 0,125 mm n'est pas significativement différente ( $p > 0,05$ ) de celle observée en août 2016 pour les deux frayères.

Entre l'extraction de novembre 2016 et celle de juillet 2017, les débits ont oscillé entre 140 et 450 m<sup>3</sup>/s avec plusieurs montées soudaines de débit, dont celle du printemps qui a atteint 522 m<sup>3</sup>/s qui a résulté en une proportion moyenne significativement ( $p < 0,05$ ) plus élevée des particules < 0,125 mm aux deux frayères (0,42 % au PK 34 et 0,58 % au PK 46; figures 5-5 et 5-6).

Ainsi, pour les deux frayères du PK 34 et du PK 46, la proportion moyenne de particules < 0,125 mm est significativement ( $p < 0,05$ ) plus élevée en juillet 2017 par rapport à août 2016.

En résumé, le contenu des nids artificiels en particules < 0,125 mm a évolué de la même façon aux deux frayères. Les valeurs obtenues en juillet excèdent le seuil de 0,17 % considéré par Levasseur et coll. (2006) sous lequel les conditions sont considérées comme adéquates pour la survie des embryons. La section qui suit présente la comparaison de ces résultats avec ceux des études antérieures menées en conditions naturelles.

Figure 5-6 Variation de la proportion moyenne de particules < 0,125 mm dans le substrat des cubes d'infiltration (nids artificiels à la frayère du PK 46 de la rivière Romaine d'août 2016 à juillet 2017)



0344\_suf5\_6\_geq\_1468\_qg\_pk46\_125mm\_181029.ai



## 6 DISCUSSION

L'objectif de cette étude vise à déterminer si les modifications du régime hydrologique de la rivière Romaine causées par la construction des barrages affecte la qualité granulométrique des frayères à saumon. La proportion de particules fines (<2mm et <0,125 mm) dans le substrat des frayères constitue un facteur déterminant du succès de maturation et d'éclosion des œufs. Les résultats de cette étude permettent de décrire la dynamique sédimentaire à l'échelle du nid de saumon au droit des frayères des PK 34 et PK 46 et le transport de la charge de fond au cours de la période d'incubation des œufs de saumon de 2016-2017. Le présent suivi correspond à la première étude du programme de suivi environnemental en phase exploitation (mode transitoire) puisque les centrales de la Romaine-2 et de la Romaine-1 ont été mises en service respectivement en 2014 et en 2015 et que les centrales de la Romaine-3 et de la Romaine-4 le seront ultérieurement. Cette phase transitoire ne reflète donc pas nécessairement la situation qui prévaudra lorsque le complexe sera entièrement terminé. De plus, puisque les conditions hydrologiques actuelles diffèrent de celles qui prévalaient en conditions naturelles (c.-à-d. période de crues automnales, d'étiage hivernal et de crue printanière) lors des études réalisées en 2005-2006, 2009-2010 et 2010-2011 (annexe 6), il demeure essentiel de tenir compte de ce nouveau régime hydrologique dans l'analyse des résultats. En effet, contrairement au régime naturel, le débit de la rivière Romaine est désormais sujet à de courtes variations de grandes amplitudes tout au long de l'année dépendamment de la demande énergétique (figure 6-1). Ainsi, les crues d'automne et de printemps sont généralement de moins grandes amplitudes et, à l'inverse des conditions naturelles, les débits sont plus variables et de plus grande amplitude durant la période hivernale.

Cette discussion vise non seulement à déterminer la variation temporelle de la teneur en sédiments fins dans le substrat de fraie à l'échelle du nid de saumon pendant la période d'incubation 2016-2017, mais aussi à ramener les résultats sur une base comparative avec ceux des trois études menées en conditions naturelles et, enfin, à mettre en perspective l'ensemble des résultats dans un contexte hydrogéomorphologique plus global. La dynamique sédimentaire à l'échelle de la frayère sera donc abordée en considérant : 1) le substrat de fraie; 2) la capacité de transport de la charge de fond par la rivière Romaine; 3) la capacité de transport de la charge de fond des tributaires; et 4) la dynamique sédimentaire à l'échelle du nid de saumon.

---

### 6.1 DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE À L'ÉCHELLE DES FRAYÈRES À SAUMON

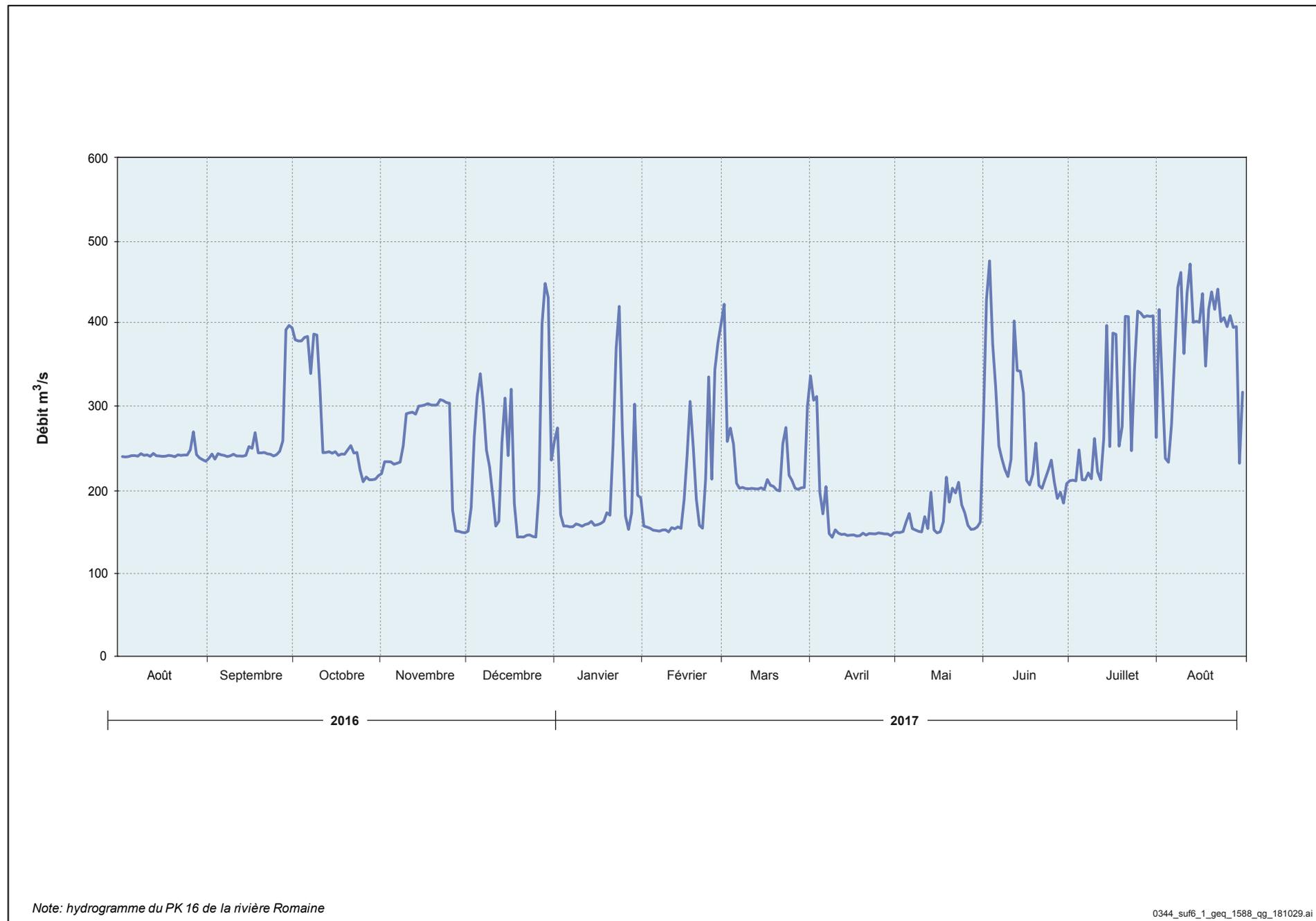
La compréhension de la dynamique sédimentaire à l'échelle des frayères à saumon doit être abordée avec, en toile de fond, le contexte de la mise en place des sédiments anciens qui les composent et la capacité de transport de la rivière Romaine. Pour ce faire, les deux sous-sections suivantes comparent la structure verticale des frayères et la composition granulométrique de la charge de fond en phase exploitation transitoire aux conditions naturelles (Environnement Illimité, 2012; GENIVAR, 2007a, 2011 et 2012).

---

#### 6.1.1 COMPARAISON DE LA STRUCTURE VERTICALE DES FRAYÈRES EN 2009 ET EN 2017

La comparaison des carottes cryogéniques prélevées sur les frayères en 2009 et en 2017 montre les mêmes successions d'unités stratigraphiques constituées parfois d'argile à la base, puis d'une succession d'unités de sable ou de gravier non imbriqué et inclus dans une matrice sableuse dont les proportions varient. Les carottes montrent que les séquences sédimentaires varient beaucoup d'une station à l'autre, sauf pour l'argile, ce qui est typique d'un milieu fluvial. Tout comme lors des études en conditions naturelles, la structure verticale du substrat des deux frayères ne présente pas une structure type de pavement et de sous-pavement, comme discuté dans le rapport de GENIVAR (2007a).

Figure 6-1 Hydrogramme de la rivière Romaine entre 2016 et 2017



Note: hydrogramme du PK 16 de la rivière Romaine

0344\_suf6\_1\_geq\_1588\_qg\_181029.ai

La comparaison des carottes cryogéniques de 2009 et de 2017 révèle que le substrat des frayères est globalement similaire en ce qui concerne la frayère du PK 34. Il est important de souligner que l'épaisseur du substrat de la frayère varie de nul à 0,49 cm (tableau 6-1). Cette faible épaisseur du substrat et la forte proportion de carottes présentant un contact à l'argile portent à croire que cette frayère est localisée à un site qui est propice à l'érosion du lit fluvial, en raison de la proximité de l'argile et du roc. Quant aux caractéristiques granulométriques, elles sont relativement similaires entre 2009 et 2017, compte tenu que les analyses granulométriques ont été conduites sur des échantillons composites qui incluaient à la fois des unités uniquement composées de sables et des unités de graviers. Les analyses démontrent que les proportions de particules < 2 mm dans le substrat de la frayère du PK 34 est semblables pour les deux périodes (tableau 6-1) et que ces proportions atteignent jusqu'à 100 % selon les niveaux (unités sableuses), autant en 2009 que 2017.

**Tableau 6-1 Comparaison des résultats de 2017 avec les paramètres granulométriques des carottes de sédiments de l'étude d'Environnement Illimité (2009)**

Frayère	Caractéristiques	Environnement Illimité (2009)	WSP (2017)
PK 34	Stratigraphie	Gravier et caillou non imbriqué dans une matrice de sable moyen à très grossier Contact avec l'argile	Gravier et caillou non imbriqué dans une matrice de sable moyen à très grossier Contact avec l'argile
	Contact à l'argile (m)	Entre 0,10 et 0,49*	Entre 0,00 et 0,40*
	D <sub>90</sub> (mm)	Caillou et galet	Caillou et bloc
	< 2 mm (%)	Entre 6 et 24	Entre 9 et 29
PK 46	Stratigraphie	Couche hétérogène, non imbriquée, composée de sable, gravier et galet. Interstratification avec couches de sable. Contact avec l'argile	Couche hétérogène, non imbriquée, composée de sable, gravier et galet. Interstratification avec couches de sable. Contact avec l'argile
	Contact à l'argile (m)	Entre 0,24 et 0,62*	Entre 0,32 et 0,80*
	D <sub>90</sub>	Caillou et galet	Caillou et galet
	< 2 mm (%)	Entre 13 et 26	Entre 22 et 28

\* Limité à la longueur de tige du carottier

La frayère du PK 46 montre, quant à elle, des épaisseurs un peu plus importantes du substrat en 2017 (tableau 6-1) et un contact à l'argile un peu moins fréquent qu'en 2009. Quant aux caractéristiques granulométriques, elles sont relativement similaires entre 2009 et 2017. Par contre, ces analyses démontrent que le substrat composant la frayère du PK 46 contient des proportions de particules < 2 mm comprises entre 22 et 28 % en 2017, donc légèrement plus élevées qu'en 2009 (tableau 6-1). Toutefois, il faut tenir compte que les analyses granulométriques ont été conduites sur des échantillons composites en 2017, qui incluaient à la fois des unités uniquement composées de sables et des unités de graviers et que les proportions en particules < 2 mm peuvent parfois atteindre jusqu'à 100 % selon les niveaux dans les unités sableuses.

Le peu de différence entre les résultats de 2009 et de 2017 confirme que le substrat des frayères change peu globalement et qu'il est constitué de sédiments anciens qui ont été déposés dans des contextes hydrologiques différents et variables, comme en témoigne la succession d'unités sableuses ou de graviers (section 3.1.1). De ce fait, les processus hydrosédimentaires actuels ne semblent avoir aucune influence sur la structure verticale stratigraphique et sédimentaire du substrat des frayères. Les résultats des prochains suivis (2017-2018 et 2018-2019) permettront de corroborer ces informations.

---

## 6.1.2 TRANSPORT DE LA CHARGE DE FOND DE LA ROMAINE EN CONDITIONS NATURELLES VERSUS PREMIER SUIVI EN EXPLOITATION

Une caractérisation du transport de la charge de fond a été effectuée en 2016-2017 au droit des deux frayères, tout comme lors des trois études antérieures menées en conditions naturelles. La distribution granulométrique des sédiments interceptés par les trappes exprime la capacité de transport en charge de fond de la rivière Romaine et probablement en partie celle des tributaires. Ces distributions, mesurées pour la première fois en 2005-2006 (GENIVAR, 2007a; annexe 7), restent comparables au cours des autres années étudiées, soit en 2009-2010 (GENIVAR, 2011; annexe 7) et en 2010-2011 (GENIVAR, 2012; annexe 7).

Spécifiquement, la variation du contenu des trappes à sédiments au PK 34 se résume à :

- en 2005-2006, 2009-2010 et 2010-2011, le contenu des trappes est essentiellement le même, soit du sable fin à très grossier (0,125 à 2 mm : ~ 90 à 95 %) et du gravier (< 7 %);
- en 2016-2017, le contenu des trappes est toujours essentiellement composé de sable fin à très grossier (0,125 à 2 mm : ~ 82 à 99 %) avec toutefois des pourcentages plus élevés qu'en conditions naturelles pour les particules de taille < 0,125 mm (jusqu'à 17 %) entre novembre 2016 et juillet 2017.

La variation du contenu des trappes à sédiments au PK 46 se résume à :

- en 2005-2006, 2009-2010 et 2010-2011, le contenu des trappes est dominé par le sable fin à très grossier (0,125 à 2 mm : ~ 50 à 80 %) et le gravier (12 à 45 %). Les classes < 0,125 mm et de 16 à 64 mm ont des proportions cumulées < 10 %;
- en 2016-2017, les proportions de sable fin à très grossier (0,125 à 2 mm) sont un peu plus faibles (~ 45 à 76 %) et la proportion des particules < 0,125 mm est plus élevée, avec des pourcentages qui varient entre ~ 2 à 42 %.

Globalement, peu de changements sont observés entre les résultats granulométriques du suivi en conditions naturelles et ceux du premier suivi en phase exploitation (2016-2017). Cela confirme que le substrat plutôt grossier (graviers, cailloux) des frayères ne se renouvelle pas. Ces dernières sont constituées de dépôts anciens comprenant une forte proportion de sable et de sédiments fins que le saumon doit remanier suffisamment pour créer son nid avec succès.

La seule différence notable de la composition de la charge de fond entre les conditions naturelles et les conditions du premier suivi en phase exploitation (mode transitoire) est la proportion plus élevée en particules < 0,125 mm sur les deux frayères. À cet égard, plusieurs hypothèses pourraient être émises, entre autres en ce qui a trait au régime hydrologique et aux apports en sédiments. Cependant, avec une seule année de suivi en exploitation, il est encore trop tôt pour conclure quelques tendances que ce soit. En effet, les prochaines années de suivis permettront de valider ou d'infirmer cette tendance et d'améliorer la compréhension du lien entre la compétence de l'écoulement et les débits en phase exploitation.

---

## 6.2 APPORTS SÉDIMENTAIRES PROVENANT DES TRIBUTAIRES AU DROIT DES FRAYÈRES

Les apports sédimentaires provenant des tributaires ont été caractérisés au moyen des trappes à sédiments installées dans ces derniers et par le déplacement de galets traceurs. Ces deux méthodes ont pour objectifs de déterminer si les tributaires ont la compétence d'acheminer des sédiments sur les frayères et, si c'est le cas, de déterminer quel type de sédiment y est acheminé. Il est important de retenir que le débit de ces tributaires est sous un régime naturel, mais que leur embouchure est sous l'influence du débit de la rivière Romaine.

---

### **6.2.1 COMPARAISON ENTRE LES CONDITIONS NATURELLES ET LE PREMIER SUIVI EN PHASE EXPLOITATION AU PK 34**

Dans le tributaire du PK 34, la plus grande proportion de sédiments transportés en charge de fond est le sable. Le  $D_{90}$  du contenu des trappes à sédiments, indique que les plus grosses particules transportées sont des graviers (2 mm à < 16 mm) entre août 2016 et novembre 2016 et des cailloux (16 mm à < 64 mm) entre novembre 2016 et juillet 2017. En 2010-2011, les proportions en sable sont toujours dominantes, mais avec un  $D_{90}$  composé de sables très grossiers (1 - < 2 mm) pour l'automne et des graviers pour la période de la crue printanière (GENIVAR, 2012). La comparaison entre les résultats est difficile à établir puisque les conditions hydrologiques dans le tributaire ont été caractérisées pour la première fois en (2016-2017).

En ce qui concerne les transpondeurs, les déplacements ont été plus importants entre novembre 2016 et juillet 2017, ce qui serait attribuable à la crue printanière sur le tributaire. En juillet 2017, une importante partie des galets traceurs et des transpondeurs traceurs ont ainsi été retrouvés dans l'enceinte rocheuse située à l'embouchure du tributaire, ce qui semble indiquer qu'une partie de la charge sédimentaire provenant du tributaire y est piégée avant d'atteindre la frayère et l'autre partie emprunte un chenal débouchant dans la Romaine, en aval de la frayère. Quant à la taille des transpondeurs qui ont été déplacés, elle indique que le tributaire a la compétence de transporter des sédiments de la classe des graviers et des cailloux, comparables aux plus gros sédiments captés par les trappes.

---

### **6.2.2 COMPARAISON ENTRE LES CONDITIONS NATURELLES ET LE PREMIER SUIVI EN PHASE EXPLOITATION AU PK 46**

À l'instar du PK 34, les sables dominent la charge de fond captée par les trappes mises en place au tributaire du PK 46. Le  $D_{90}$  de la charge de fond entre août 2016 et novembre 2016 indique que les sédiments sont de la taille de sables très grossiers, alors que le  $D_{90}$  des trappes mises en place en 2010-2011 correspond à la taille des graviers (GENIVAR, 2012). Comme mentionné précédemment, la comparaison entre les résultats est difficile à établir puisque les conditions hydrologiques dans le tributaire ont été caractérisées pour la première fois que cette année (2016-2017). Toutefois, le déchaussement des trappes noté au terrain en octobre 2016, la dévalaison de certaines trappes dans la Romaine en novembre 2016 et l'enfouissement des trappes par des accumulations sableuses importantes en 2010-2011 est un résultat en soi et démontre que la dynamique sédimentaire de ce tributaire peut être particulièrement active et de type torrentiel.

Pour leur part, les galets traceurs de ce tributaire montrent que les déplacements ont été plus importants entre novembre 2016 et juillet 2017 et que les galets traceurs de plus grande taille ont également été déplacés lors de cette période. Comme mentionné précédemment, ce serait attribuable à la crue printanière survenue dans le tributaire. Le taux de détection inférieur à celui du PK 34 pourrait suggérer que les galets traceurs expulsés du tributaire ne sont pas piégés ou déviés et qu'ils atteignent les secteurs plus profonds dans la Romaine, comme la frayère. Il est également possible que certains traceurs ne soient pas détectables, car trop profondément ensevelis sous d'importantes accumulations de sable. Enfin, il est à mentionner que les résultats montrent que la taille des galets traceurs qui se sont déplacés pendant la période d'incubation est de loin supérieure (20 à 160 mm) à la taille des sédiments captés par les trappes. Cela indique que les sources d'apports de ces types de sédiments plus grossiers ne sont tout simplement pas disponibles dans ce tributaire (voir section 6.2.3). Les prochains suivis permettront de compléter ces résultats.

---

### **6.2.3 SOMMAIRE**

La technique d'échantillonnage avec les trappes à sédiments, bonifiée de la nouvelle technique qui utilise des galets traceurs, démontre que les tributaires des PK 34 et PK 46 ont la compétence de transporter des sédiments de grande taille, mais que la charge de fond qui y transite se limite essentiellement à la taille des sables avec peu de graviers et de cailloux (surtout pour le PK 34).

Ceci s'explique par le fait que les sources en sédiments de ces deux tributaires se composent presque exclusivement de sable provenant de l'érosion et des éboulements sur les berges dans les dépôts deltaïques localisés en amont. Ces sables ont tendance à transiter sous forme d'écoulement solide et prennent la forme de lobes, une fois acheminés à l'embouchure des tributaires et dans la rivière Romaine.

Les tributaires ont donc un régime naturel des écoulements de type torrentiel et ce régime devient sous l'influence de la rivière Romaine à leur embouchure, tout comme c'était le cas en conditions naturelles. La distribution des sédiments à l'interface de la rivière Romaine dépend non seulement de ces écoulements, mais également de la configuration du site comme l'enceinte rocheuse au PK 34 et la présence du delta au PK 46. Cette configuration différente entre les sites ainsi que les écoulements font en sorte que les sédiments provenant des tributaires atteignent ou non les frayères.

Depuis que le débit de la rivière Romaine est régularisé, les niveaux d'eau, plus variables, font en sorte que les conditions à l'embouche des tributaires ne sont plus nécessairement synchrones avec la dynamique des tronçons plus en amont des tributaires. Ces changements sont susceptibles d'engendrer de nouvelles conditions hydrosédimentaires à l'embouchure des tributaires, qui pourraient influencer le patron de la distribution des sédiments à l'interface de la Romaine. La mise en place des galets traceurs permet déjà de mieux caractériser cette dynamique et, puisque pour chaque année de suivis d'autres galets traceurs seront ajoutés et disposés dans les tributaires, la quantité d'information collectée sera de plus en plus grande de suivi en suivi, et permettra ainsi de pousser davantage les analyses concernant l'influence des tributaires sur la dynamique sédimentaire des frayères. Cette méthode est optimale et fortement prometteuse pour les années de suivis à venir.

---

## 6.3 DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE À L'ÉCHELLE DES NIDS DE SAUMON

Afin de documenter si le changement du régime hydrologique naturel vers un régime régularisé en phase exploitation transitoire influence la qualité granulométrique du substrat de fraie à l'échelle du nid de saumon, les tendances de l'évolution des pourcentages de particules fines < 2 mm et < 0,125 mm dans les nids de saumon artificiels lors du suivi 2016-2017 (mode exploitation) sont comparées avec les tendances observées lors des suivis de 2005-2006, 2010-2011 et 2011-2012, réalisés en conditions hydrologiques naturelles (GENIVAR 2007a, 2011 et 2012).

---

### 6.3.1 VARIATION TEMPORELLE DES PARTICULES < 2 MM : COMPARAISON ENTRE LES CONDITIONS NATURELLES ET LE PREMIER SUIVI EN PHASE EXPLOITATION

Au PK 34, une augmentation faible et non significative des pourcentages des particules < 2 mm est observée dans le substrat des frayères entre le début et la fin de la période d'incubation 2016-2017 (tableau 6-2). À l'inverse, les hausses mesurées lors des suivis en conditions hydrologiques naturelles étaient toutes significatives avec des écarts relativement importants.

Au PK 46, une hausse significative, mais faible du pourcentage de ces particules (de 7,4 à 9,7 %) a été mesurée entre le début et la fin de la période d'incubation 2016-2017, tout comme il a été observé lors des trois suivis antérieurs réalisés en conditions naturelles (tableau 6-2), mais avec des écarts plus grands.

Pour les deux frayères, les écarts entre les pourcentages du début et de la fin de la période d'incubation étaient beaucoup plus importants lors des suivis réalisés sous le régime hydrologique naturel que pour le premier suivi en phase exploitation. C'est aussi en juillet 2017, en fin de période d'incubation, que les pourcentages de particules < 2 mm les plus faibles ont été obtenus, et ce, pour les deux frayères. Les prochaines années de suivis permettront de valider ou non cette tendance.

**Tableau 6-2 Comparaison du pourcentage moyen de particules fines < 2 mm dans les nids artificiels des deux frayères naturelles pour les extractions du début et de la fin de chacune des périodes d'incubation en conditions naturelles (2005-2006, 2009-2010, 2010-2011) et en phase exploitation (mode transitoire) 2016-2017.**

Frayère	Année	Début		Fin	
		%	n	%	n
PK 34	2005-2006	11,4 (b)	5	18,7 (a)	5
	2009-2010	3,3 (b)	4	13,6 (a)	10
	2010-2011	9,2 (b)	4	26,6 (a)	8
	<b>2016-2017</b>	<b>10,5 (b)</b>	<b>4</b>	<b>12,3 (b)</b>	<b>8</b>
PK 46	2005-2006	8,6 (b)	5	16,4 (a)	5
	2009-2010	3,9 (b)	4	15,0 (a)	11
	2010-2011	13,6 (b)	4	20,1 (a)	5
	<b>2016-2017</b>	<b>7,4 (b)</b>	<b>4</b>	<b>9,7 (a)</b>	<b>8</b>

Note : Les lettres indiquent une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les extractions d'une même année et de la même frayère.

### 6.3.2 VARIATION TEMPORELLE DES PARTICULES < 0,125 MM : COMPARAISON ENTRE LES CONDITIONS NATURELLES ET LE PREMIER SUIVI EN PHASE EXPLOITATION

Le pourcentage de particules < 0,125 mm est significativement à la hausse entre le début et la fin de la période d'incubation 2016-2017 pour les deux frayères, ce qui ne diffère pas des tendances observées dans les années antérieures, en condition naturelles. Pour la frayère du PK 34, les pourcentages sont similaires aux années antérieures. Cependant, l'écart entre les pourcentages du début et de la fin de la période d'incubation 2016-2017 est très légèrement plus grand que les écarts en conditions naturelles (tableau 6-3). En ce qui concerne le PK 46, les pourcentages entre les différentes années de suivi sont plus variables à la fin de la période d'incubation, et l'année 2010-2011 a enregistré la plus haute valeur (0,89 %). Actuellement, aucune tendance claire ne semble se dégager entre les suivis en conditions hydrologiques naturelles et le premier suivi en phase exploitation. Les prochaines années de suivis permettront de bonifier ces résultats.

**Tableau 6-3 Comparaison du pourcentage moyen de particules fines < 0,125 mm dans les nids artificiels des deux frayères naturelles pour les extractions du début et de la fin de chacune des périodes d'incubation en conditions naturelles (2005-2006, 2009-2010, 2010-2011) et en phase exploitation (mode transitoire) 2016-2017.**

Frayère	Année	Début		Fin	
		%	n	%	n
PK 34	2005-2006	0,09 (b)	5	0,40 (a)	5
	2009-2010	0,15 (b)	4	0,45 (a)	10
	2010-2011	0,14 (b)	4	0,45 (a)	8
	<b>2016-2017</b>	<b>0,07 (b)</b>	<b>4</b>	<b>0,42 (a)</b>	<b>8</b>
PK 46	2005-2006	0,09 (b)	5	0,53 (a)	5
	2009-2010	0,08 (b)	4	0,45 (a)	11
	2010-2011	0,10 (b)	4	0,89 (a)	5
	<b>2016-2017</b>	<b>0,09 (b)</b>	<b>4</b>	<b>0,58 (a)</b>	<b>8</b>

Note : Les lettres indiquent une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les extractions d'une même année et de la même frayère.

---

### **6.3.3 INDICE DE SURVIE DES EMBRYONS DE SAUMON : COMPARAISON ENTRE LES CONDITIONS NATURELLES ET LE PREMIER SUIVI EN EXPLOITATION**

De manière générale, le pourcentage de particules < 0,125 mm a varié différemment de celui des particules < 2 mm durant la période d'incubation 2016-2017, tout comme lors des études précédentes.

À la frayère du PK 34, la hausse significative enregistrée durant la période d'incubation pour les particules < 0,125 mm a entraîné le dépassement du seuil de 0,17 % de Levasseur et coll. (2006). La valeur de 0,42 %, atteinte en juillet 2017, est similaire à celle des autres années (tableau 6-3). Par contre, les particules de < 2 mm ont enregistré globalement une hausse non significative durant la période d'étude (tableau 6-2) et se situent sous le seuil critique de 20 % de Peterson (1978). En juillet, ce pourcentage est inférieur au seuil de 20 % pour toutes les années, à l'exception de la période 2010-2011 et la valeur de 2017 est la plus faible observée pour tous les suivis.

À la frayère du PK 46, comme pour l'autre frayère, la hausse significative de la teneur en particules < 0,125 mm (0,58 % en juillet 2017, tableau 6-3) dépasse le seuil de valeur critique de 0,17 % de Levasseur et coll. (2006) ce qui est similaire aux autres années de suivi avant exploitation. Les particules < 2 mm ont enregistré globalement une hausse significative entre le début et la fin de la période d'incubation 2016-2017, mais tout en restant sous le seuil critique de 20 % fixé par l'indice de Peterson (1978). Comme pour l'autre frayère, ce pourcentage est inférieur au seuil de 20 % pour toutes les années de suivi, à l'exception de la période 2010-2011, et la valeur de 2017 est la plus faible observée pour tous les suivis.

# 7 CONCLUSION

La présente étude du suivi de la qualité granulométrique des frayères naturelles à saumon des PK 34 et PK 46 porte sur la période d'incubation 2016-2017. Elle correspond à la première année du programme de suivi environnemental en phase exploitation (mode transitoire) puisque les centrales de la Romaine-2 et de la Romaine-1 ont été mise en service en 2014 et 2015 respectivement et que la mise en service des centrales de la Romaine-3 et de la Romaine-4 surviendra ultérieurement.

Tout comme les études précédentes réalisées en conditions hydrologiques naturelles, cette étude vise à analyser la variation temporelle de la teneur en particules fines dans le substrat de fraie et le transport en charge de fond pour la période d'incubation 2016-2017. Plus spécifiquement, le rapport visait à :

- 1 caractériser le substrat à l'échelle de la frayère en analysant à nouveau la structure verticale du substrat des frayères et en analysant la compétence de l'écoulement de la rivière Romaine;
- 2 mesurer les apports de sédiments provenant des tributaires;
- 3 mesurer la teneur en sédiments fins dans les nids artificiels de saumon.

Les résultats provenant des carottes cryogéniques montrent qu'au niveau du **substrat des frayères**, la structure verticale n'a pas changé comparativement aux carottes prélevées en conditions naturelles. Mis en perspective avec le contexte géomorphologique plus global de la vallée, ce substrat est un sédiment ancien et hérité de conditions hydrologiques passées. À cet égard, il est peu probable que la structure verticale du substrat des frayères soit modifiée dans les conditions hydrologiques actuelles et futures. Cependant, l'analyse des carottes cryogéniques prélevées tant en 2009 qu'en 2017 a permis de constater que le substrat hétérogène de la frayère du PK 34 est particulièrement mince, voire même inexistant à certains endroits. L'utilisation de méthodes d'échantillonnage non intrusives (p. ex. géoradar, photogrammétrie) pourrait être éventuellement envisagée.

En ce qui concerne la composition granulométrique de la charge de fond de la rivière Romaine, les résultats des trappes à sédiments ne montrent que peu de changements entre les études menées en conditions naturelles et la phase exploitation (présente étude). En effet, peu de sédiments grossiers (cailloux et plus grossier) sont captés par les trappes, et le contenu de ces dernières est essentiellement sableux pour les deux frayères. Toutefois, la proportion en particule  $< 0,125$  mm est plus élevée pour les deux frayères en 2016-2017. Il semble actuellement trop tôt pour tenter de conclure sur les causes probables de ce résultat. Les prochaines années de suivis permettront de confirmer ou d'infirmer cette tendance et ainsi d'améliorer notre compréhension de la compétence de l'écoulement de la Romaine en phase exploitation.

Pour ce qui est des **apports sédimentaires provenant des tributaires**, selon le contenu des trappes à sédiment des tributaires, la capacité de transport sédimentaire de ces derniers semble limitée à la classe granulométrique des sables. Cependant, le déplacement des galets traceurs en juillet 2017 démontre clairement que des particules de la taille des graviers et des galets peuvent être expulsées de ces cours d'eau et se distribuer dans la rivière Romaine selon la configuration de l'embouchure (enceinte rocheuse au PK 34 versus delta au PK 46). La compétence des tributaires semble dépasser la capacité de prise en charge des sédiments, surtout les plus grossiers, par la Romaine, mais les sources d'apports des sédiments alimentant les tributaires sont uniquement sablo-silteuses, comme en témoigne le contenu des trappes à sédiment et les observations au terrain. De plus, l'échantillonnage des niveaux d'eau dans les tributaires tout au long de la période d'incubation 2016-2017 a permis de déterminer que ces cours d'eau ont un régime naturel de type torrentiel. Ce régime d'écoulement devient sous l'influence de la rivière Romaine à l'embouchure de ces derniers, tout comme c'était le cas en conditions naturelles. Par contre, depuis que le débit de la rivière Romaine est régularisé, les niveaux d'eau, plus variables tout au long de l'année, font en sorte que les conditions à l'embouche des tributaires ne sont plus nécessairement synchrones avec la dynamique des tronçons plus en amont de ceux-ci.

La méthode combinée des trappes à sédiment/galets traceurs et sondes à niveau d'eau installés dans chacun des deux tributaires est fortement prometteuse pour les années de suivis à venir. Ceci permettra, entre autres, de suivre l'évolution des conditions hydrosédimentaires à l'embouchure des tributaires qui pourraient influencer le patron de distribution des sédiments à l'interface de la Romaine et par conséquent sur les frayères.

Enfin, en ce qui concerne la **dynamique sédimentaire à l'échelle des nids de saumons artificiels** le pourcentage de particules < 0,125 mm est significativement à la hausse entre le début et la fin de la période d'incubation 2016-2017 pour les deux frayères et les valeurs dépassent le seuil de 0,17 % établi par Levasseur et coll. (2006). Par ailleurs, ces résultats sont très similaires à ceux observés pour les trois études menées en conditions naturelles. Pour ce qui est de la teneur en particules < 2 mm, les résultats sont quelque peu différents de ceux en conditions naturelles. En effet, en conditions naturelles, une augmentation significative avec des écarts relativement importants était observée sur les deux frayères entre le début et la fin des trois périodes d'incubation étudiées (2005-2006, 2009-2010 et 2010-2011), dépassant même le seuil de 20 % de l'indice de Peterson (1978) en juillet 2011. En 2016-2017, seule la frayère du PK 46 indique une augmentation significative entre le début et la fin de la période d'incubation, tout comme en conditions naturelles. En revanche, la hausse est plus petite que celles observées en conditions naturelles. Enfin, le pourcentage de particules < 2 mm est inférieur au seuil de 20 % pour les deux frayères à la fin de la période d'incubation 2016-2017. De plus, les valeurs de juillet 2017 sont les plus faibles observées sur chacune des frayères, et ce, pour tous les suivis.

Il est trop tôt pour se prononcer clairement quant à la cause réelle des variations des pourcentages des particules de 2 mm et de 0,125 mm dans les nids artificiels de saumons implantés dans les frayères naturelles de la rivière Romaine en 2016-2017 comparativement aux trois études similaires menées en conditions naturelles, puisqu'il s'agit du premier suivi en phase exploitation. Néanmoins, les résultats de cette première année de suivi décrivent une dynamique sédimentaire quelque peu différente des conditions naturelles, mais qui suggère tout de même la pérennité de la qualité granulométrique du substrat des frayères à saumon malgré les modifications du régime hydrologique. Les années de suivis à venir permettront de valider les tendances observées et de bonifier les résultats de la présente étude. En attendant, une réflexion s'impose quant à l'optimisation des outils et des méthodes employées au terrain pour améliorer la qualité des résultats, mais surtout pour conserver l'intégrité de ces frayères naturelles, puisque toutes les études réalisées par le passé tant en conditions naturelles qu'aménagées, démontrent que le substrat relativement grossier de ces dernières n'est pas apte à se renouveler.

# RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AECOM, 2016. Dynamique sédimentaire en aval de la centrale de la Romaine-1 : Transit sédimentaire et charge solide. Complexe de la Romaine, Suivi environnemental en phase exploitation 2015. Rapport final, 57 p. + annexes.
- BERNATCHEZ P., 2003. Évolution littorale holocène et actuelle des complexes deltaïques de Betsiami-tes et de Manicouagan-Outardes : Synthèse, processus causes et perspectives. Thèse de doctorat, Université Laval, Québec, 531 p.
- 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.
- DIETRICH, P., Ghienne, J.-F., Normandeau, P. and Lajeunesse, P., 2017. Reconstructing ice-margin retreat using delta morphostratigraphy. *Scientific Reports* 7: 16936, Nature. 10 p.
- ENVIRONNEMENT ILLIMITÉ INC, 2012. Conditions hydrosédimentaires au droit des frayères à saumon, Rapport d'étude 2009-2011, pour Hydro-Québec Équipement et services partagés. 66 p. et annexes.
- GENIVAR, 2007. Complexe de la rivière Romaine – Dynamique hydrosédimentaire des frayères à saumon atlantique. Rapport sectoriel. Pelletier, P., Levasseur, M., Bouazza, Z., Delage, P.-L. et Hamdi, S. GENIVAR Société en commandite pour Hydro-Québec Équipement, Unité Environnement, 84 p. et annexes.
- GENIVAR, 2011. 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, 2012. 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.
- LEVASSEUR, M., 2008. Suivi spatio-temporel et impacts de l'infiltration des sédiments fins dans les frayères de saumon atlantique. Thèse de doctorat, Institut national de recherche scientifique, Centre Eau, Terre et Environnement, Université du Québec, 242 p.
- LEVASSEUR, M., Bergeron, N.E., Lapointe, M.F., Bérubé, F., 2006. Effects of silt and very fine sand dynamics in Atlantic salmon (*Salmo salar*) redds on embryo hatching success. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 63, p. 1450-1459.
- 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.
- POLY-GÉO INC., 2016. Dynamique sédimentaire en aval de la centrale de la Romaine-1 : Érosion des rives – Suivi environnemental 2015 en phase d'exploitation. Rapport final présenté à Hydro-Québec Production. 43 pages + annexes.
- POLY-GÉO INC., 2014. Suivi 2013 de l'érosion des rives à l'aval des ouvrages de la Romaine-1. Rapport final présenté à Hydro-Québec Équipement et services partagés. 25 pages + 3 annexes.
- POLY-GÉO INC., 2006a. Étude de la dynamique sédimentaire. Complexe de la Romaine. 119 pages + annexes.
- POLY-GÉO INC., 2006b. Caractérisation des sols indurés (ortsteins) et évaluation de leur toxicité potentielle dans les secteurs inondés par les réservoirs projetés. Complexe de la Romaine, Étude de la dynamique sédimentaire. 121 pages + annexes.

- POLY-GÉO INC., 2004. Étude de photo-interprétation du corridor routier, Volume 1 : Matériaux de surface et formes de terrain. Complexe de la Romaine, Avant-projet. 42 pages + annexes.
- POLY-GÉO INC., 2002. Étude de la géomorphologie, Aménagement hydroélectrique de la Romaine-1, 62 pages + annexes.
- SIMARD, J. 2008. Dynamique après-feu et histoire holocène du bassin versant de la rivière à la Patate, Ile d'Anticosti, Québec. Thèse de doctorat, Université Laval, Québec, 227 pages.
- WENTWORTH, C.K., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology, vol. 30, p. 377-392.

# ANNEXE

1

REPORTAGE PHOTOGRAPHIQUE







Photo 1 Unité de till identifiée sous l'argile dans le tributaire situé au PK 34 de la rivière Romaine.



Photo 2 Transpondeur de 24 mm qui est déposé librement dans le tributaire ou inséré dans un galet traceur.



Photo 3 Mouvement de masse le long du tributaire du PK 46 sur le plateau adjacent à la vallée de la rivière Romaine.



Photo 4 Ponton de 16 pieds qui a servi de plate-forme de travail et bateau de sécurité pour le carottage de la frayère naturelle au PK 34 de la rivière Romaine.



Photo 5 Installation du carottier cryogénique à travers le trou central du ponton de 16 pieds



Photo 6 Détection des transpondeurs passifs dans le tributaire au PK 46 de la rivière Romaine



Photo 7 Détection des transpondeurs passifs sur le delta du tributaire au PK 46 de la rivière Romaine

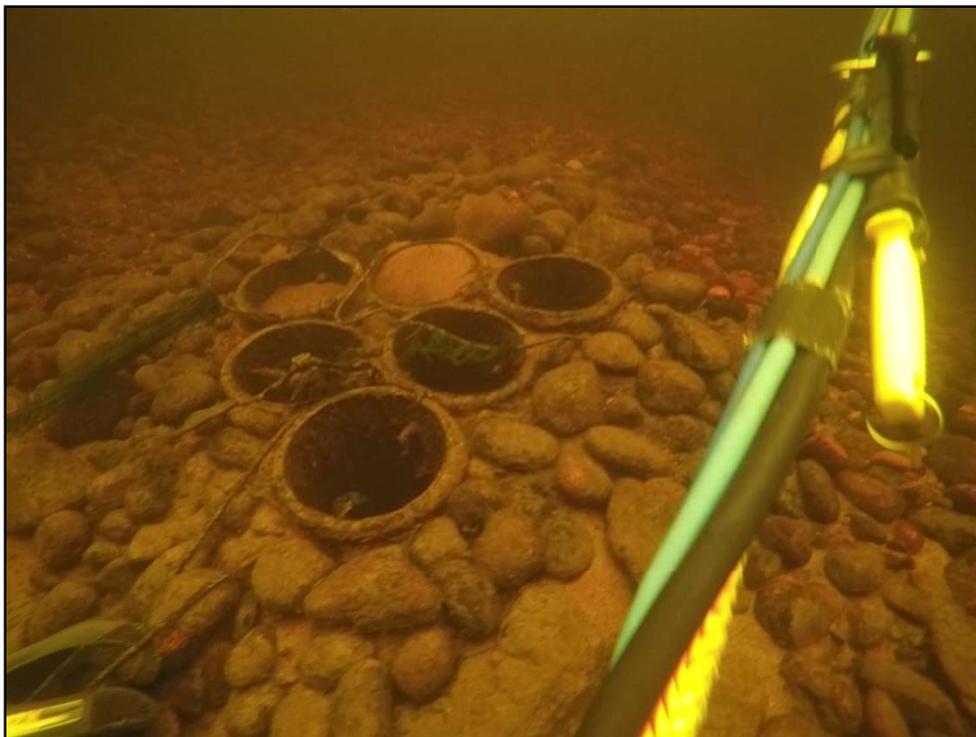


Photo 8 Train de trappes avant son extraction sur l'îlot A au PK 34 de la rivière Romaine



Photo 9 Train de trappes avant son extraction sur l'îlot B au PK 34 de la rivière Romaine

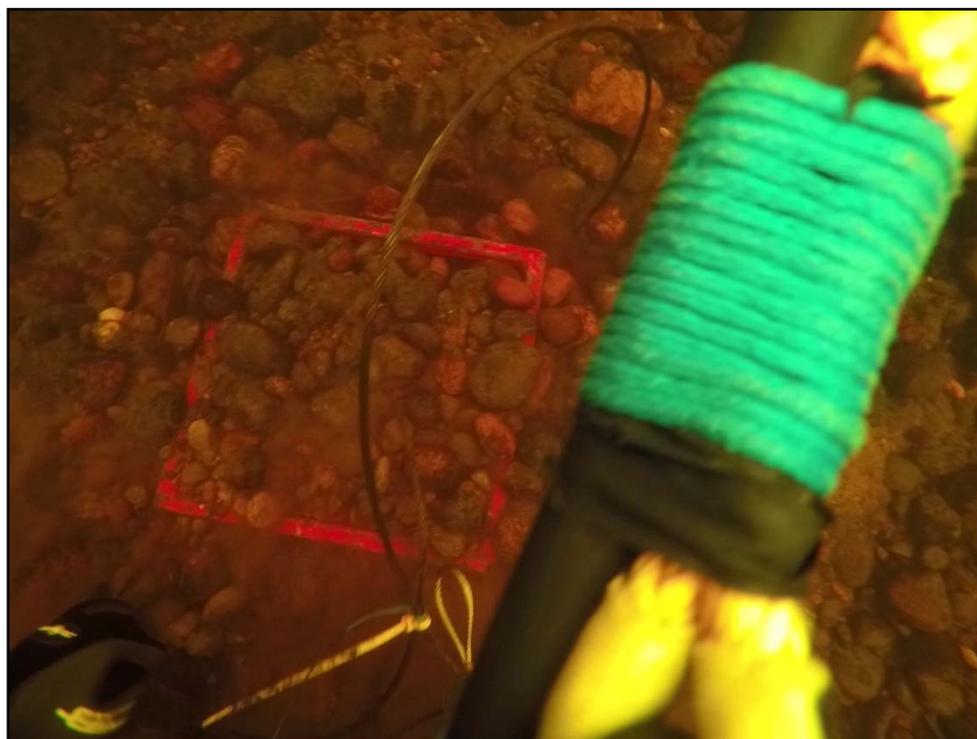


Photo 10 Cube d'infiltration avant son extraction sur l'îlot A au PK 34 de la rivière Romaine.



Photo 11 Carotte résultante du forage F05 sur la frayère naturelle au PK 34 de la rivière Romaine



Photo 12 Carotte résultante du forage F06 sur la frayère naturelle au PK 34 de la rivière Romaine

Photo 14 Carotte résultante du forage F01 sur la frayère naturelle au PK 46 de la rivière Romaine



Photo 13 Carotte résultante du forage F07 sur la frayère naturelle au PK 34 de la rivière Romaine





Photo 15 Vue de l'intérieur de la carotte du forage F01 (à la base ~50 à 60 cm) sur la frayère naturelle au PK 46 de la rivière Romaine



Photo 16 Carotte résultante du forage F02 sur la frayère naturelle au PK 46 de la rivière Romaine



Photo 17 Carotte résultante du forage F03 sur la frayère naturelle au PK 46 de la rivière Romaine



Photo 18 Carotte résultante du forage F04 sur la frayère naturelle au PK 46 de la rivière Romaine



Photo 19 Vue de l'intérieur de la carotte F04 (couche 0-15 cm) sur la frayère naturelle au PK 46 de la rivière Romaine

# ANNEXE

## 2

### CAROTTIER CRYOGÉNIQUE





**SUIVI DE LA QUALITÉ GRANULOMÉTRIQUE  
DES FRAYÈRES À SAUMON NATURELLES  
SUIVI 2016-2017**

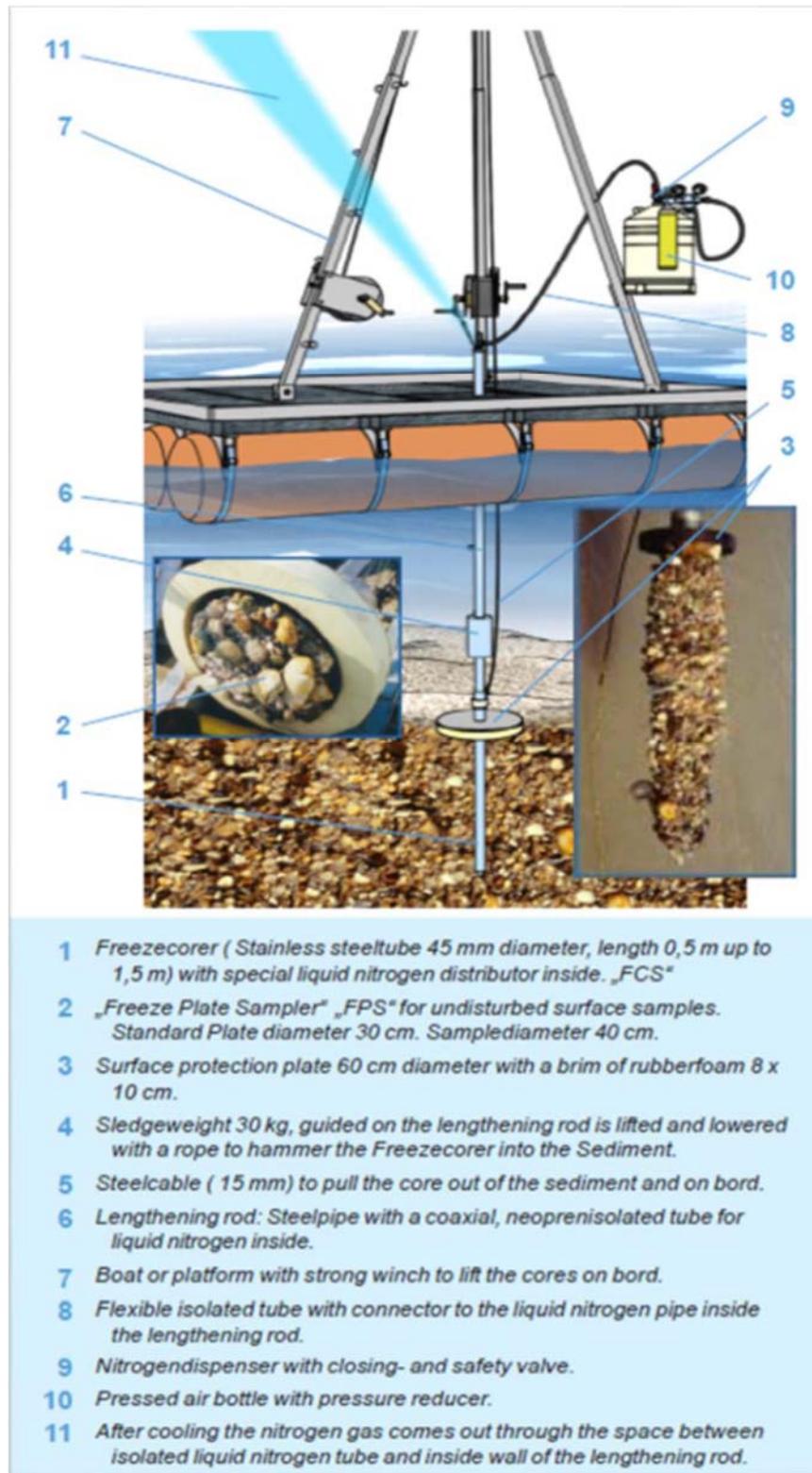
---

Description du carottier cryogénique et de la technique d'échantillonnage.

Le carottier est opéré à partir d'une embarcation de type ponton. Trois travailleurs prennent place sur le ponton. Une deuxième embarcation fait office d'équipe de surveillance et de sécurité. L'embarcation de sécurité est ancrée en aval du ponton de carottage pour aviser rapidement, dans une éventuelle situation d'urgence, les travailleurs (dévalaison de l'embarcation, homme à la mer, etc.). Cette équipe agit également comme premiers répondants (secouristes et évacuation).

Afin d'effectuer les travaux de carottage, l'embarcation est complètement stable sur la rivière. Deux ancres de type Rocna (soc de charrue) sont utilisées et ancrées dans un angle de 45 degrés en amont de la frayère, puis une en aval de l'embarcation. L'assemblage du matériel d'échantillonnage (carottier cryogénique) ne débute que lorsque l'embarcation est considérée complètement stable et fixe à l'aide d'un test de tension sur les ancres. Le carottier est mis en place et fixé sur le ponton à l'aide d'un trépied directement au-dessus du trou central du ponton (*moon pool*). Les étapes d'assemblages reposent sur les consignes fournies par la compagnie à la suite de l'achat du matériel. Le trépied est préalablement fixé après quoi les travailleurs procèdent à l'assemblage du mât d'échantillonnage cryogénique et terminent par le branchement des différentes composantes (figure 1.1). Les travailleurs mettent en place le mât cryogénique dans le trou central du ponton et descendent celui-ci jusqu'au contact avec les sédiments du lit de la rivière (figure 1.2). Ensuite, ils procèdent au martèlement afin d'enfoncer le mât dans le substrat. Une fois enfoncé, le mât est injecté d'azote liquide et un temps d'attente est nécessaire pour assurer l'englacement souhaité. Finalement, le retrait du mât cryogénique recouvert de sédiments gelés est effectué à l'aide d'un treuil disposé sur le trépied. La déconnexion du mât cryogénique est nécessaire pour récupérer la carotte d'échantillonnage (figure 1.3). Les sédiments sont identifiés et photographiés dans un premier temps afin de conserver la stratigraphie. Par la suite, les sédiments sont dégelés et conservés dans des chaudières de plastiques afin de réaliser les analyses sédimentologiques en laboratoire.

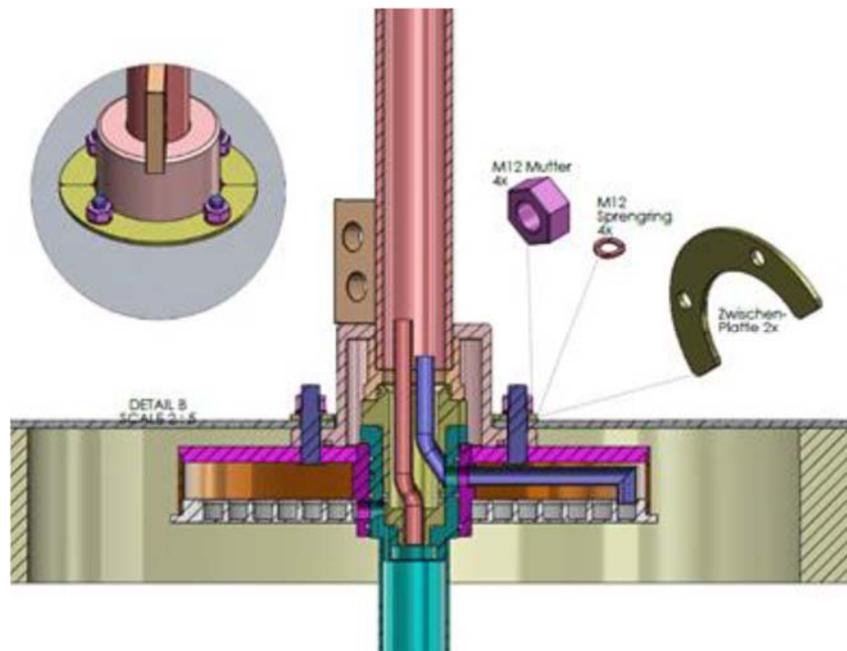
**SUIVI DE LA QUALITÉ GRANULOMÉTRIQUE  
DES FRAYÈRES À SAUMON NATURELLES  
SUIVI 2016-2017**



**Figure 1.1**      **Détail des composantes du carottier cryogénique**

**SUIVI DE LA QUALITÉ GRANULOMÉTRIQUE  
DES FRAYÈRES À SAUMON NATURELLES  
SUIVI 2016-2017**

---



**Figure 1.2 Plan du mât cryogénique**



**Figure 1.3 Exemple du mât cryogénique déconnecté**



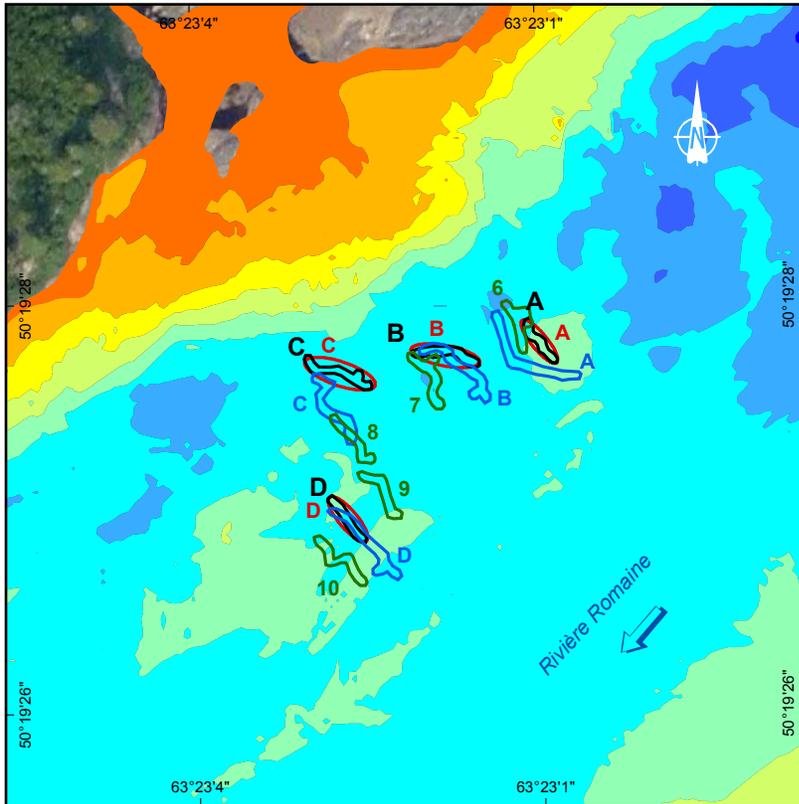
# ANNEXE

## 3

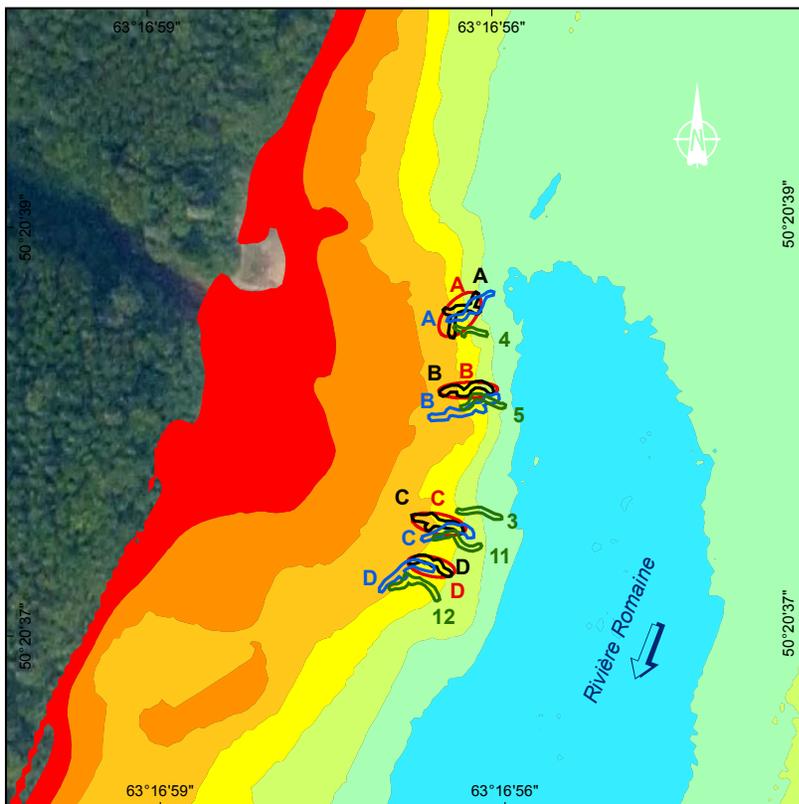
**POSITION DES ÎLOTS EN 2005-2006,  
2009-2010, 2010-2011 ET 2016-2017**



### PK 34



### PK 46



Élévation (m)	
PK 34	PK 46
10,0 à 10,5	17,5 à 18,0
9,5 à 10,0	17,0 à 17,5
9,0 à 9,5	16,5 à 17,0
8,5 à 9,0	16,0 à 16,5
8,0 à 8,5	15,5 à 16,0
7,5 à 8,0	15,0 à 15,5
7,0 à 7,5	14,5 à 15,0
6,5 à 7,0	—
6,0 à 6,5	—
5,5 à 6,0	—

**Îlots (année)**

- 2005-2006
- 2009-2010
- 2010-2011
- 2016-2017

**Lettre** Identification de la zone  
**Chiffre** (couleur selon l'année)

**Hydrographie**

← Sens d'écoulement

Complexe de la Romaine  
 Suivi environnemental en phase exploitation  
 Suivi de la qualité granulométrique des  
 frayères à saumon naturelles  
 Suivi 2016-2017

---

**Localisation des instruments dans  
 les îlots sur les principales frayères  
 naturelles à saumon atlantique en  
 2005-2006, 2009-2010, 2010-2011  
 et 2016-2017**

---

**Sources :**  
 Orthophoto, résolution 30 cm, Hydro-Québec, 2004  
 Bathymétrie, Environnement Illimité, 2009  
 Inventaires et cartographie : WSP  
 Fichier : 0344\_sucA3\_1\_geq\_1471\_qg\_180115.mxd

0 12 24 m  
 MTM, fuseau 5, NAD83

**Carte A3-1**

**Janvier 2019**



# ANNEXE

## 4

**POURCENTAGE DES DIFFÉRENTES  
CLASSES DE SÉDIMENTS  
RÉCOLTÉS PAR LES TRAPPES EN  
2016-2017**



**SUIVI DE LA QUALITÉ GRANULOMÉTRIQUE DES FRAYÈRES À SAUMON NATURELLES**  
**SUIVI 2016-2017**

**Tableau A4-1 Proportion (%) des classes de sédiments interceptés par les trappes**

Frayère	Période	Îlot	Poids total (g)	< 0,125 mm (%)	0,125 à 2 mm (%)	2 à 4 mm (%)	4 à 8 mm (%)	8 à 16 mm (%)	16 à 32 mm (%)	>32 mm (%)	Classe granulométrique (D <sub>50</sub> )	
PK 34	Août à novembre 2016	A	948,8	0,3	35,6	3,8	8,0	19,1	33,2	0,0	Gravier	
		B	548,3	0,4	96,8	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	Sable très grossier	
		C	571,9	0,4	99,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	Sable grossier	
		D	576,5	1,0	98,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	Sable moyen	
		Total (moy.) <sup>1</sup>	2645,5	0,5	75,8	2,0	2,9	6,9	11,9	0,0	--	
	Tributaire	850,3	11,1	72,3	8,8	3,1	1,1	3,6	0,0	Sable moyen		
	Novembre 2016 à juillet 2017	A	39999,3	2,3	97,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	Sable grossier
		B	6948,2	8,7	89,2	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	1,7	Sable grossier
		C	19788,3	17,7	82,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Sable fin
		D	4935,6	12,2	74,7	0,2	0,4	0,5	5,3	6,6	6,6	Sable grossier
Total (moy.) <sup>1</sup>		71671,4	7,8	90,8	0,1	0,1	0,1	0,4	0,6	0,6	--	
Tributaire	20133,7	1,2	47,9	13,5	9,5	6,5	13,3	8,2	8,2	Gravier		
PK 46	Août à novembre 2016	A	137,4	38,1	54,3	2,7	1,9	3,0	0,0	0,0	Sable fin	
		B	50,1	42,1	54,6	1,3	2,1	0,0	0,0	0,0	Sable fin	
		C	369,1	6,3	50,7	9,4	12,5	17,7	3,4	0,0	0,0	Sable très grossier
		D	460,1	1,9	74,3	6,9	9,6	7,3	0,0	0,0	0,0	Sable grossier
		Total (moy.) <sup>1</sup>	1016,7	10,4	62,0	7,0	9,2	10,1	1,2	0,0	0,0	--
	Tributaire	432,3	16,2	77,4	5,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	Sable moyen	
	Novembre 2016 à juillet 2017	A	21005,0	19,6	45,3	6,1	12,4	10,8	5,5	0,4	0,4	Sable moyen
		B	55847,8	9,0	48,0	8,9	8,9	9,5	6,5	9,2	9,2	Sable très grossier
		C	38318,8	11,7	76,1	4,5	5,0	1,7	0,4	0,5	0,5	Sable moyen
		D	47121,9	7,6	76,1	2,6	5,4	6,2	1,9	0,2	0,2	Sable moyen
Total (moy.) <sup>1</sup>		162293,5	10,6	62,4	5,7	7,4	6,9	3,6	3,4	3,4	--	
Tributaire	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	

<sup>1</sup>Total pour le poids et moyenne pour les %



# ANNEXE

# 5

**DONNÉES BRUTES DES CUBES PAR  
ÎLOTS EN 2016-2017**



**SUIVI DE LA QUALITÉ GRANULOMÉTRIQUE DES FRAYÈRES À SAUMON NATURELLES  
SUIVI 2016-2017**

**< 2 mm**

Évolution entre les îlots d'une même frayère

La teneur en particules de diamètre inférieur à 2 mm dans chacun des îlots des deux frayères suggère des patrons de variation différents traduisant la variabilité des processus sédimentaires à l'échelle de la frayère (tableau A5-1 et figure A5-1). L'îlot D de la frayère du PK 34 affiche une diminution des teneurs en particules < 2 mm où les teneurs passent de 21,0 % à moins de 10,8 % entre août 2016 et juillet 2017. C'est d'ailleurs le seul îlot de cette frayère à afficher des valeurs légèrement supérieures au seuil critique de 20 % de l'indice de Peterson. Les îlots B et C sont les seuls qui affichent une augmentation pour la même période, passant respectivement de 11,3 % à une moyenne de 18,9 % et 1,8 % à 11,2 %.

Les îlots de la frayère du PK 46 présentent des résultats plus variables. Les îlots C et D enregistrent respectivement une baisse de 38 % et de 24 % de la teneur en particules < 2 mm entre août 2016 et juillet 2017. Les îlots A et B affichent plutôt une hausse entre août 2016 et juillet 2017. Aucune valeur n'excède le seuil critique de l'indice de Peterson.

Par ailleurs, deux échantillons (le cube d'infiltration et le cube témoin) ont été prélevés en juillet 2017 à chacun des îlots. Ceci permet de mesurer la variabilité du pourcentage de particules < 2 mm à l'intérieur d'un même îlot (tableau A5-2). Au PK 34, la variabilité est élevée pour les îlots A et C (coefficients de variation  $\geq 10$ ), alors qu'elle est quasi nulle pour les deux autres îlots (B et D). À la frayère du PK 46, la variabilité est intermédiaire ( $< 10$ ) pour tous les îlots.

**Tableau A5-1 Pourcentage de particules < 2 mm dans les cubes d'infiltration aux frayères du PK 34 et du PK 46 par îlot et par période d'extraction**

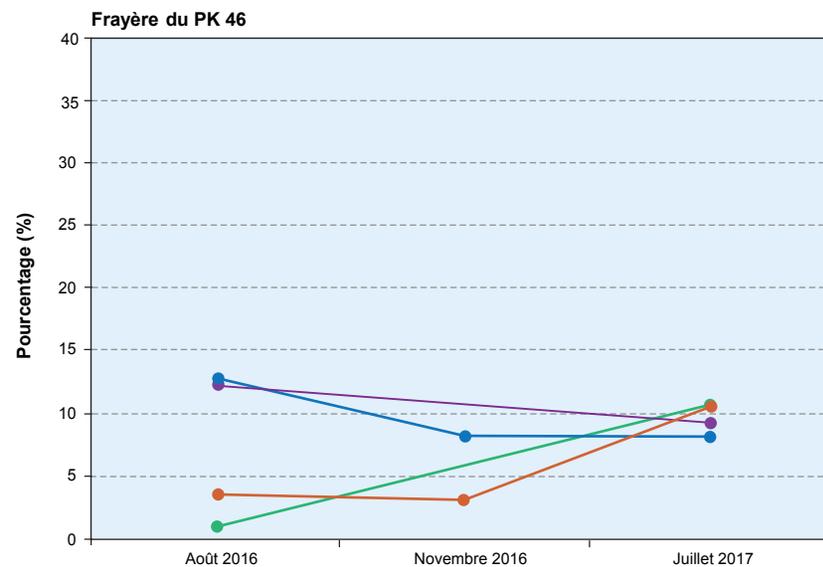
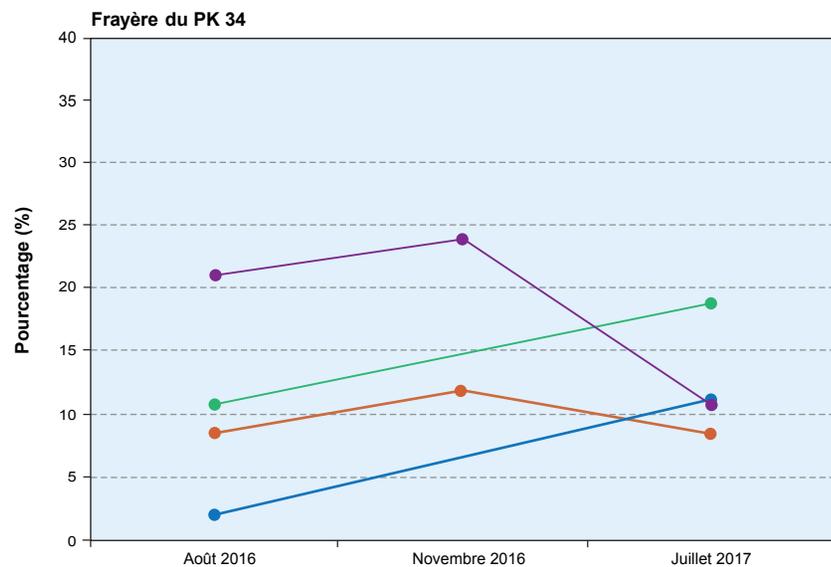
Îlot	Période d'extraction		
	Août 2016 (%)	Novembre 2016 (%)	Juillet 2017 (%)
Frayère PK 34			
A	8,1	11,9	9,3 <sup>2</sup> 7,6 <sup>3</sup>
B	11,3	-- <sup>1</sup>	18,6 <sup>2</sup> 19,1 <sup>3</sup>
C	1,8	-- <sup>1</sup>	13,2 <sup>2</sup> 9,2 <sup>3</sup>
D	21,0	24,0	10,8 <sup>2</sup> 10,8 <sup>3</sup>
<b>Moyenne</b>	<b>10,5</b>	<b>18,0</b>	<b>12,3</b>
<b>Écart-type</b>	<b>8,0</b>	<b>8,6</b>	<b>4,1</b>
Frayère PK 46			
A	3,8	3,1	11,6 <sup>2</sup> 9,6 <sup>3</sup>
B	0,5	-- <sup>1</sup>	11,2 <sup>2</sup> 10,3 <sup>3</sup>
C	13,3	8,3	8,7 <sup>2</sup> 7,8 <sup>3</sup>
D	12,3	-- <sup>1</sup>	8,6 <sup>2</sup> 10,1 <sup>3</sup>
<b>Moyenne</b>	<b>7,4</b>	<b>5,7</b>	<b>9,7</b>
<b>Écart-type</b>	<b>6,3</b>	<b>3,6</b>	<b>1,3</b>

<sup>1</sup> Échantillon non valide (voir section 4.5.1).

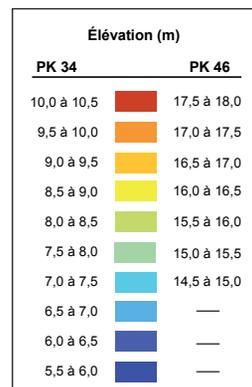
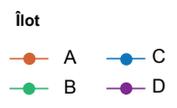
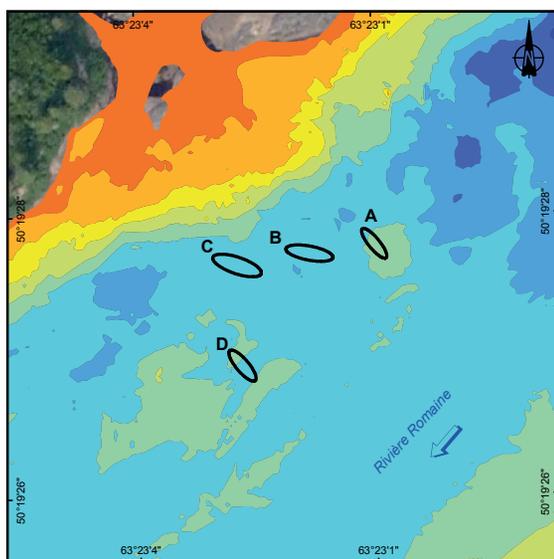
<sup>2</sup> Cube # 4 (tableau 4-2)

<sup>3</sup> Cube # 5 (tableau 4-2)

Figure A5-1 Variation du pourcentage de particules < 2 mm dans les cubes d'infiltration des différents îlots des frayères du PK 34 et du PK 46 d'août 2016 à juillet 2017

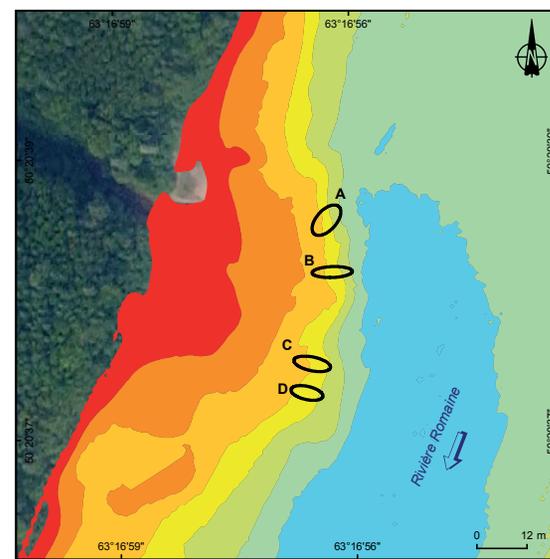


PK 34



Bathymétrie, Environnement Illimité, 2009

PK 46



**SUIVI DE LA QUALITÉ GRANULOMÉTRIQUE DES FRAYÈRES À SAUMON NATURELLES  
SUIVI 2016-2017**

**Tableau A5-2 Statistiques relatives à la variabilité du pourcentage de particules < 2 mm dans les différents îlots de la frayère du PK 34 et du PK 46, en juillet 2017**

Îlot	N <sup>1</sup>	Moyenne (%)	Écart-type (%)	Erreur type (%)	C.V. <sup>2</sup> (%)	I.C. <sup>3</sup>
<b>Frayère PK 34</b>						
A	2	8,45	1,22	0,86	10	±1,69
B	2	18,85	0,34	0,24	1	±0,47
C	2	11,21	2,87	2,03	18	±3,98
D	2	10,78	0,01	0,01	0	±0,01
<b>Frayère PK 46</b>						
A	2	10,61	1,37	0,97	9	±1,89
B	2	10,78	0,64	0,45	4	±0,89
C	2	8,21	0,64	0,45	6	±0,89
D	2	9,32	1,05	0,74	8	±1,45

<sup>1</sup> Voir le tableau 4-6

<sup>2</sup> C.V. : coefficient de variation

<sup>3</sup> I.C. : intervalle de confiance (à 95 %)

Cette variabilité différente entre les deux frayères s'explique par les caractéristiques géomorphologiques et hydrauliques (topographie, substrat, profondeur et vitesse de l'écoulement) qui sont plus hétérogènes sur la frayère du PK 46 que celles de la frayère du PK 34 tel que mentionné dans le suivi 2010-2011 ainsi que dans les suivis antérieurs (GENIVAR, 2012).

**< 0,125 mm**

Évolution entre les îlots d'une même frayère

Le tableau A5-3 et la figure A5-2 montre les variations temporelles du pourcentage de particules < 0,125 mm à chacun des îlots durant la période d'échantillonnage. Pour les deux frayères, tous les îlots présentent des valeurs plus élevées en juillet 2017 qu'à l'état initial en août 2016.

Au PK 34, les îlots B et C ont évolué de façon relativement semblable pendant cette période, alors qu'ils affichent une hausse de leurs teneurs en particules plus fines que 0,125 mm entre août 2016 et juillet 2017, la hausse étant particulièrement élevée pour l'îlot C, passant de 0,05 % à une moyenne de 1,14 %. L'îlot A est relativement stable et fournit de faibles moyennes variant de 0,04 % à 0,08 %. Pour sa part, l'îlot D affiche un patron différent puisqu'il débute par une légère diminution entre août (0,08 %) et novembre 2016 (0,06 %), suivie par une hausse entre novembre 2016 et juillet 2017 (0,10 %), afin de revenir à une valeur similaire à celle d'août 2016.

À la frayère du PK 46, une augmentation du pourcentage de particules < 0,125 mm du début à la fin de la période d'échantillonnage est observée pour les îlots A et B, la hausse étant particulièrement élevée pour l'îlot B (de 0,01 % à une moyenne de 1,37 %). Le pourcentage de particules < 0,125 mm à l'îlot C diminue entre août (0,22 %) et novembre 2016 (0,15 %) puis affiche une hausse entre novembre 2016 et juillet 2017 (0,27 %). Pour l'îlot D, le pourcentage augmente entre août 2016 et juillet 2017 avec des pourcentages respectifs de 0,08 % et de 0,16 %.

**SUIVI DE LA QUALITÉ GRANULOMÉTRIQUE DES FRAYÈRES À SAUMON NATURELLES**  
**SUIVI 2016-2017**

---

**SUIVI DE LA QUALITÉ GRANULOMÉTRIQUE DES FRAYÈRES À SAUMON NATURELLES  
SUIVI 2016-2017**

**Tableau A5-3 Pourcentage de particules < 0,125 mm dans les cubes d'infiltration aux frayères du PK 34 et du PK 46 par îlot et par période d'extraction**

Îlot	Période d'extraction		
	Août 2016 (%)	Novembre 2016 (%)	Juillet 2017 (%)
Frayère PK 34			
A	0,04	0,05	0,08 <sup>2</sup> 0,08 <sup>3</sup>
B	0,12	-- <sup>1</sup>	0,56 <sup>2</sup> 0,15 <sup>3</sup>
C	0,05	-- <sup>1</sup>	1,69 <sup>2</sup> 0,58 <sup>3</sup>
D	0,08	0,06	0,09 <sup>2</sup> 0,11 <sup>3</sup>
<b>Moyenne</b>	<b>0,07</b>	<b>0,06</b>	<b>0,42</b>
<b>Écart-type</b>	<b>0,04</b>	<b>0,01</b>	<b>0,52</b>
Frayère PK 46			
A	0,05	0,20	0,54 <sup>2</sup> 0,49 <sup>3</sup>
B	0,01	-- <sup>1</sup>	1,93 <sup>2</sup> 0,82 <sup>3</sup>
C	0,22	0,15	0,21 <sup>2</sup> 0,34 <sup>3</sup>
D	0,08	-- <sup>1</sup>	0,16 <sup>2</sup> 0,17 <sup>3</sup>
<b>Moyenne</b>	<b>0,09</b>	<b>0,18</b>	<b>0,58</b>
<b>Écart-type</b>	<b>0,09</b>	<b>0,03</b>	<b>0,55</b>

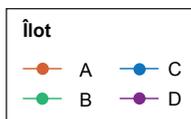
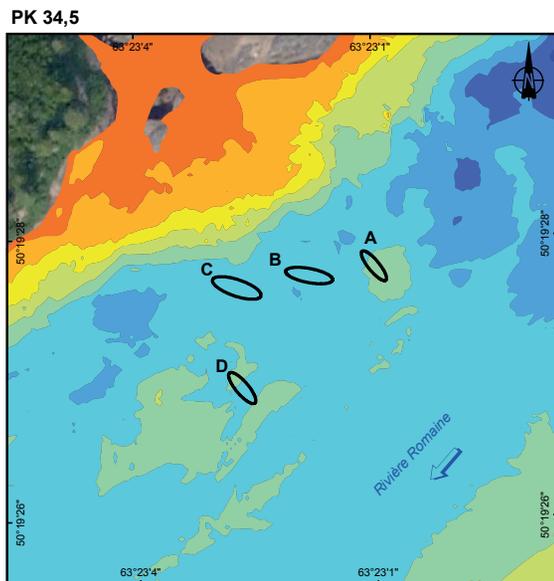
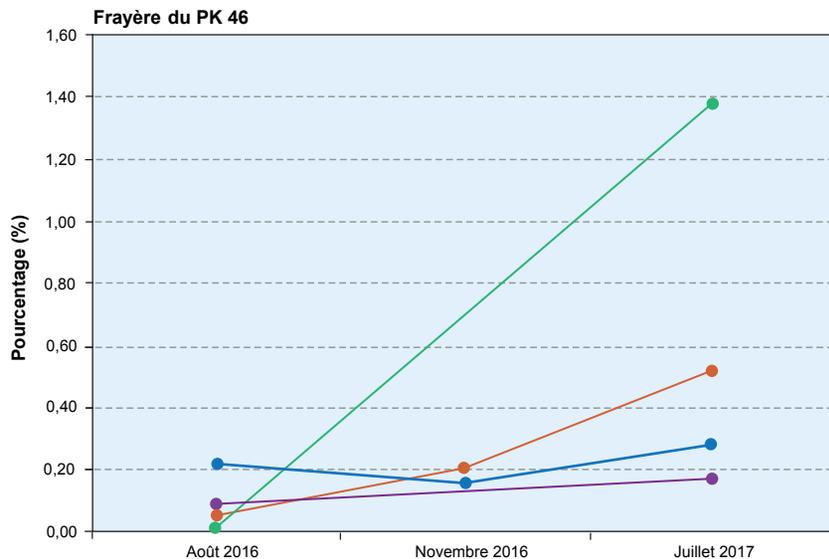
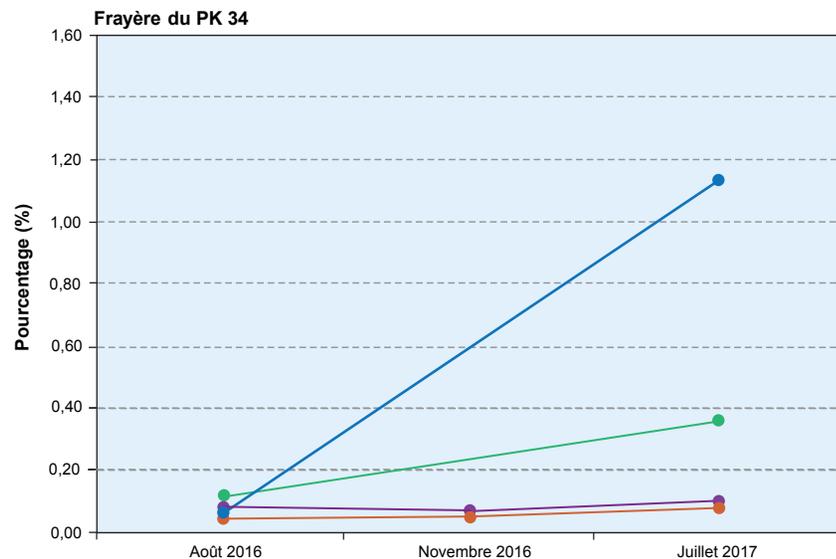
<sup>1</sup> Échantillon non valide (voir section 4.5.1).

<sup>2</sup> Cube # 4 (tableau 4-2)

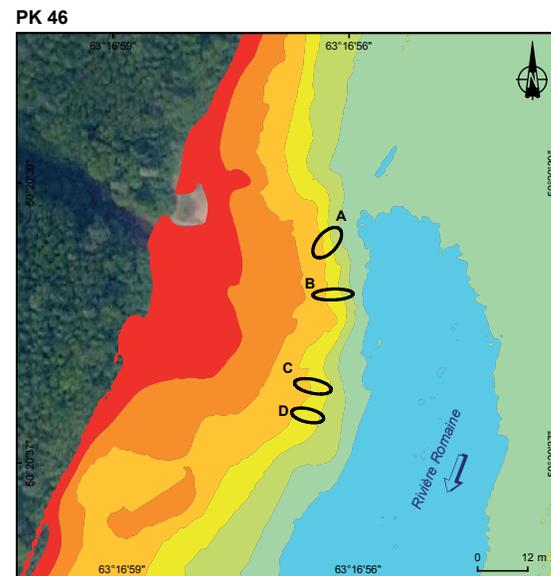
<sup>3</sup> Cube # 5 (tableau 4-2)

Tout comme pour les particules < 2 mm, les échantillons de juillet (cube et cube témoin) permettent de calculer les statistiques décrivant la variabilité des particules < 0,125 mm à l'intérieur de chaque îlot (tableau A5-4). Pour les particules de diamètre inférieur à 0,125 mm, cette variabilité intra-îlot est grande et certaines valeurs du coefficient de variation dépassent 40 %. Soulignons que ces coefficients de variation sont élevés notamment en raison des faibles valeurs de cet indice.

Figure A5-2 Variation du pourcentage de particules < 0,125 mm dans les cubes d'infiltration des différents îlots des frayères du PK 34 et du PK 46 d'août 2016 à juillet 2017



Bathymétrie, Environnement Illimité, 2009



0344\_sufA5\_2\_geq\_1469\_qg\_125mm\_190111.ai

**SUIVI DE LA QUALITÉ GRANULOMÉTRIQUE DES FRAYÈRES À SAUMON NATURELLES  
SUIVI 2016-2017**

**Tableau A5-4 Statistiques relatives à la variabilité du pourcentage de particules < 0,125 mm dans les différents îlots de la frayère du PK 34 et du PK 46, en juillet 2017**

Îlot	N <sup>a</sup>	Moyenne (%)	Écart-type (%)	Erreur type (%)	C.V. <sup>b</sup> (%)	I.C. <sup>c</sup>
<b>Frayère PK 34</b>						
A	2	0,08	0,00	0,00	1	±0,00
B	2	0,36	0,29	0,21	58	±0,41
C	2	1,13	0,78	0,55	49	±1,09
D	2	0,10	0,02	0,01	12	±0,02
<b>Frayère PK 46</b>						
A	2	0,51	0,04	0,03	6	±0,06
B	2	1,37	0,78	0,55	40	±1,08
C	2	0,28	0,10	0,07	25	±0,14
D	2	0,17	0,01	0,00	3	±0,01

a. Voir le tableau 4-6

b. C.V. : coefficient de variation

c. I.C. : intervalle de confiance (à 95 %)



# ANNEXE

## 6

**HYDROGRAMME JOURNALIER  
MOYEN AU PK 16 DE LA RIVIÈRE  
ROMAINE ET VARIATION DE LA  
PROPORTION MOYENNE DE  
PARTICULES < 0.125 MM ET < 2 MM  
EN 2005-2006, 2009-2010 ET  
2010-2011**



Figure A6-1 Variation de la proportion de particules < 0,125 mm dans le substrat des cubes d'infiltration (nids artificiels) à la frayère du PK 34 et PK 46, de septembre 2005 à juillet 2006 (GENIVAR, 2007a).

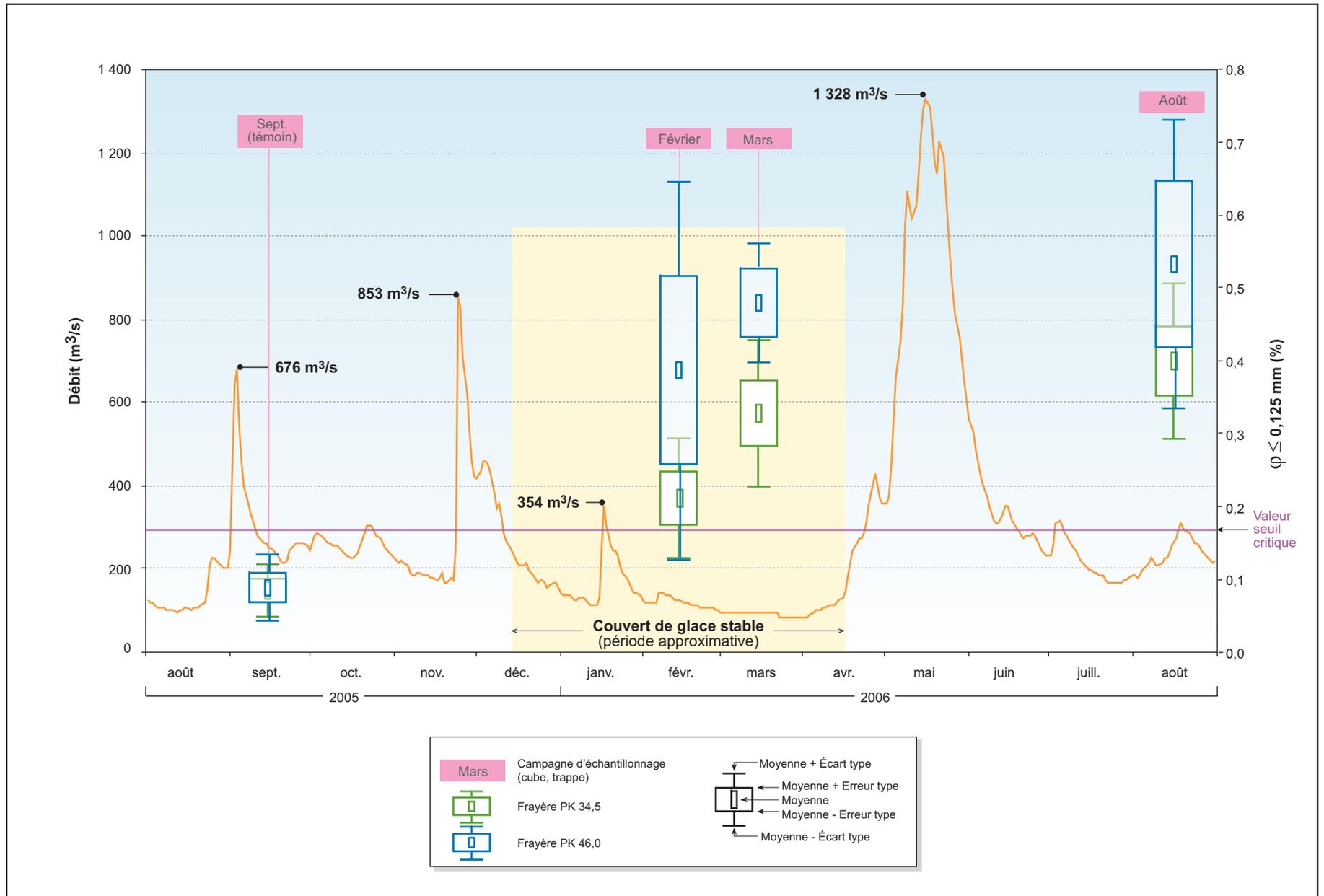


Figure A6-2 Variation de la proportion de particules < 2 mm dans le substrat des cubes d'infiltration (nids artificiels) à la frayère du PK 34 et PK 46, de septembre 2005 à juillet 2006 (GENIVAR, 2007a).

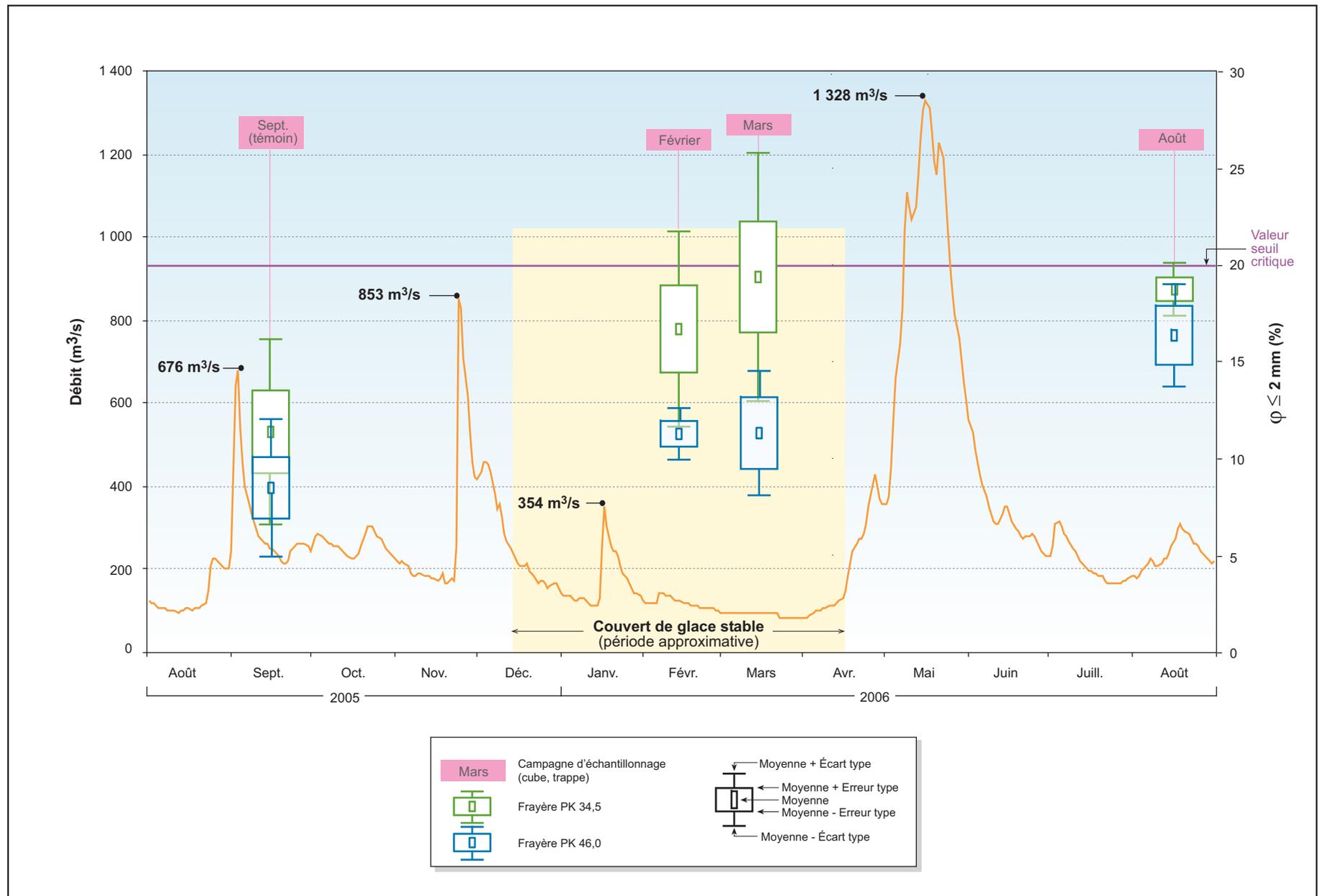
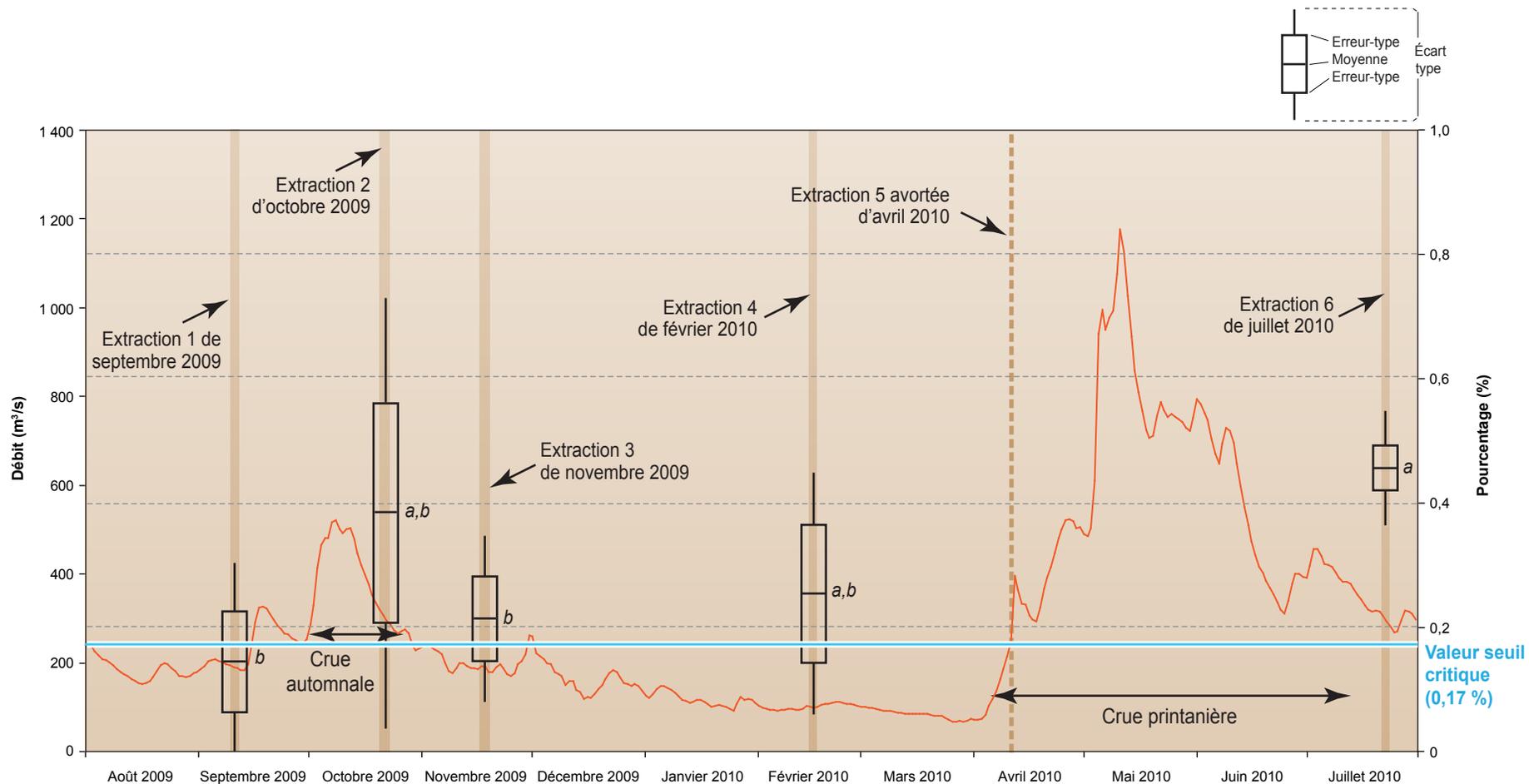


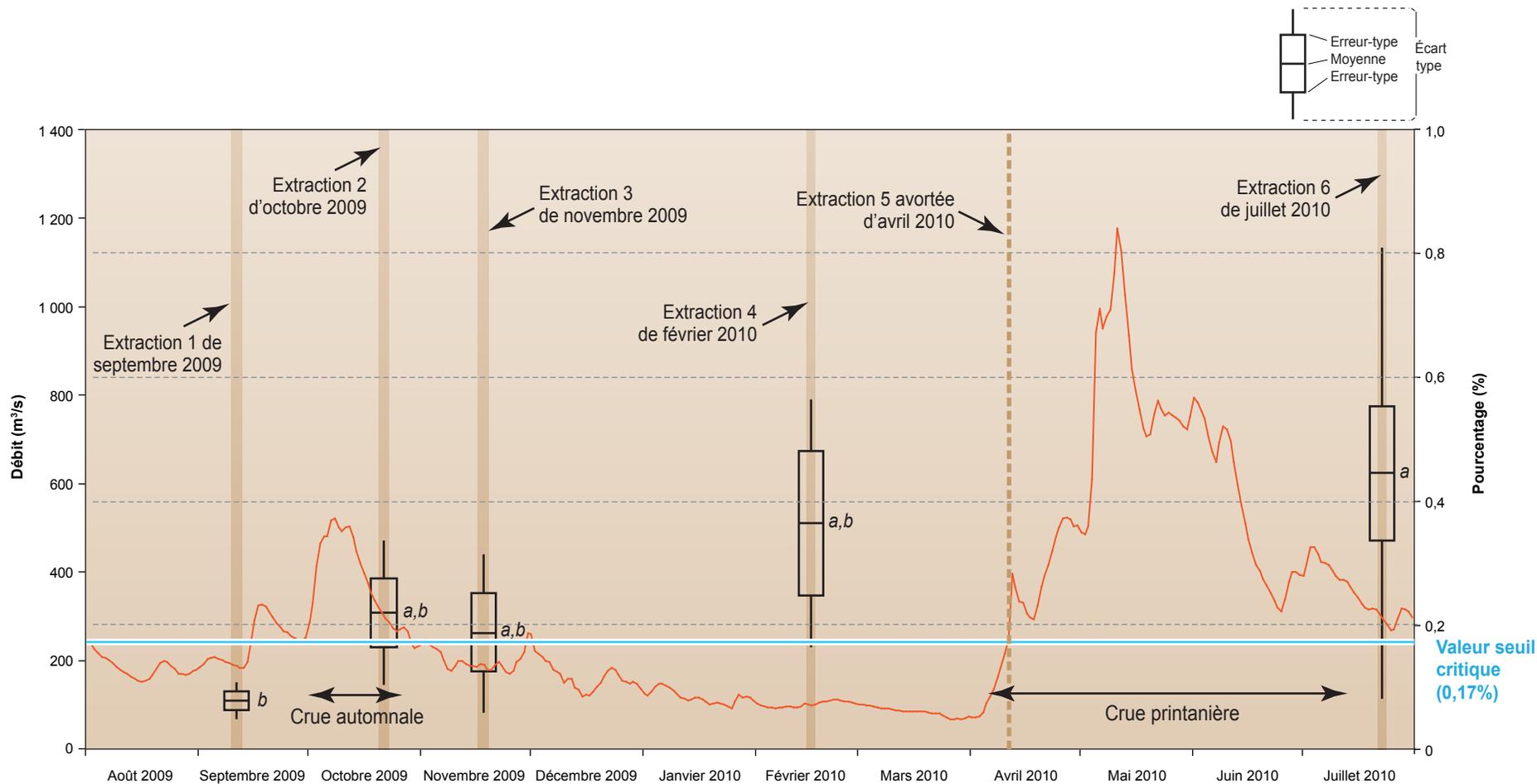
Figure A6-3 **Variation de la proportion de particules < 0,125 mm dans le substrat des cubes d'infiltration (nids artificiels) à la frayère du PK 34, de septembre 2009 à juillet 2010 (GENIVAR. 2011)**



Pour la comparaison statistique inter-période sur cette frayère, les moyennes ayant une lettre différente sont significativement différentes entre elles ( $p < 0,05$ ).

0344\_sufA6\_3\_geq\_1598\_gq\_190117.ai

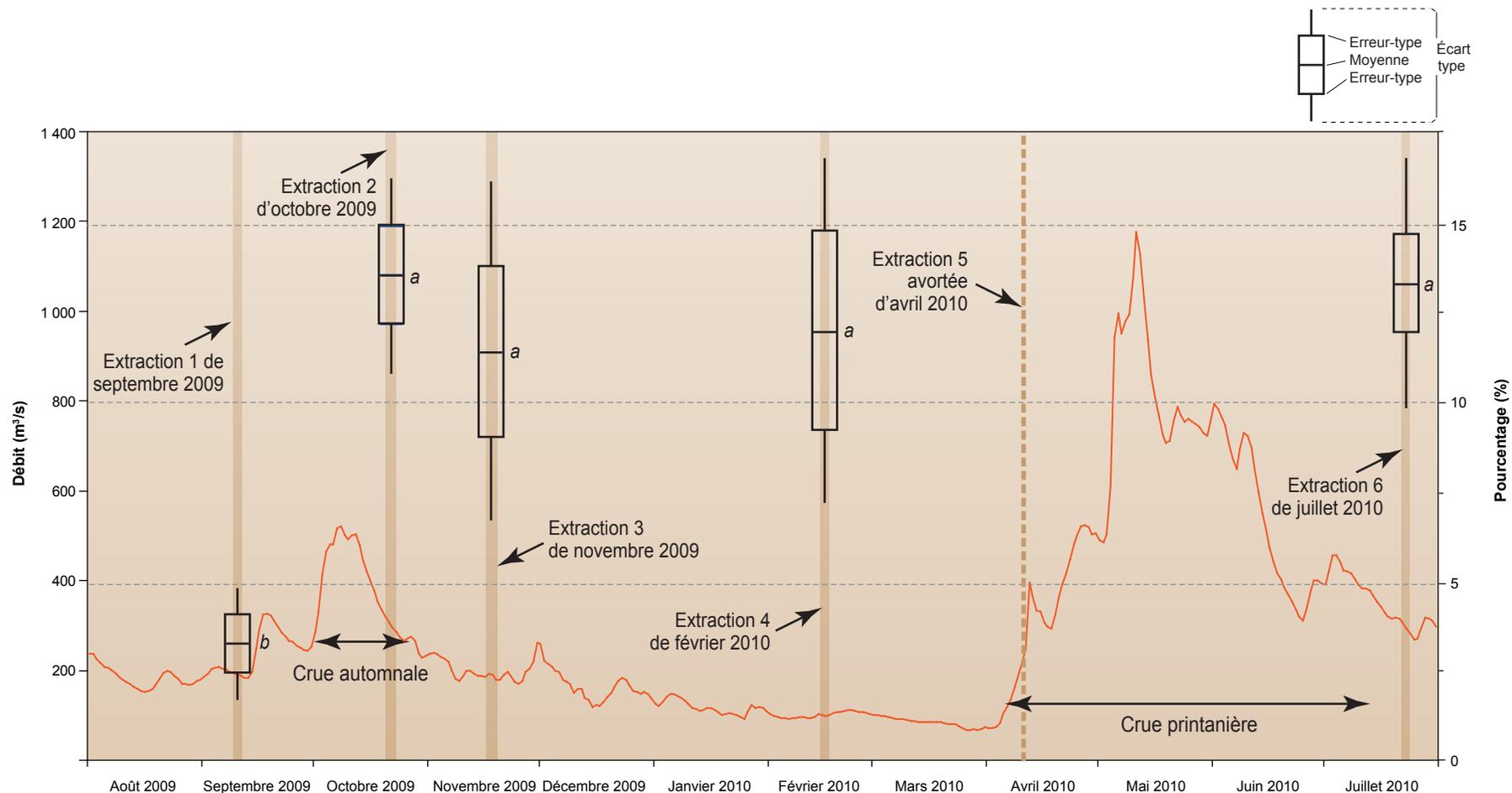
Figure A6-4 **Variation de la proportion de particules < 0,125 mm dans le substrat des cubes d'infiltration (nids artificiels) à la frayère du PK 46, de septembre 2009 à juillet 2010 (GENIVAR. 2011)**



Pour la comparaison statistique inter-période sur cette frayère, les moyennes ayant une lettre différente sont significativement différentes entre elles ( $p < 0,05$ ).

0344\_sufA6\_4\_geq\_1599\_gg\_190117.ai

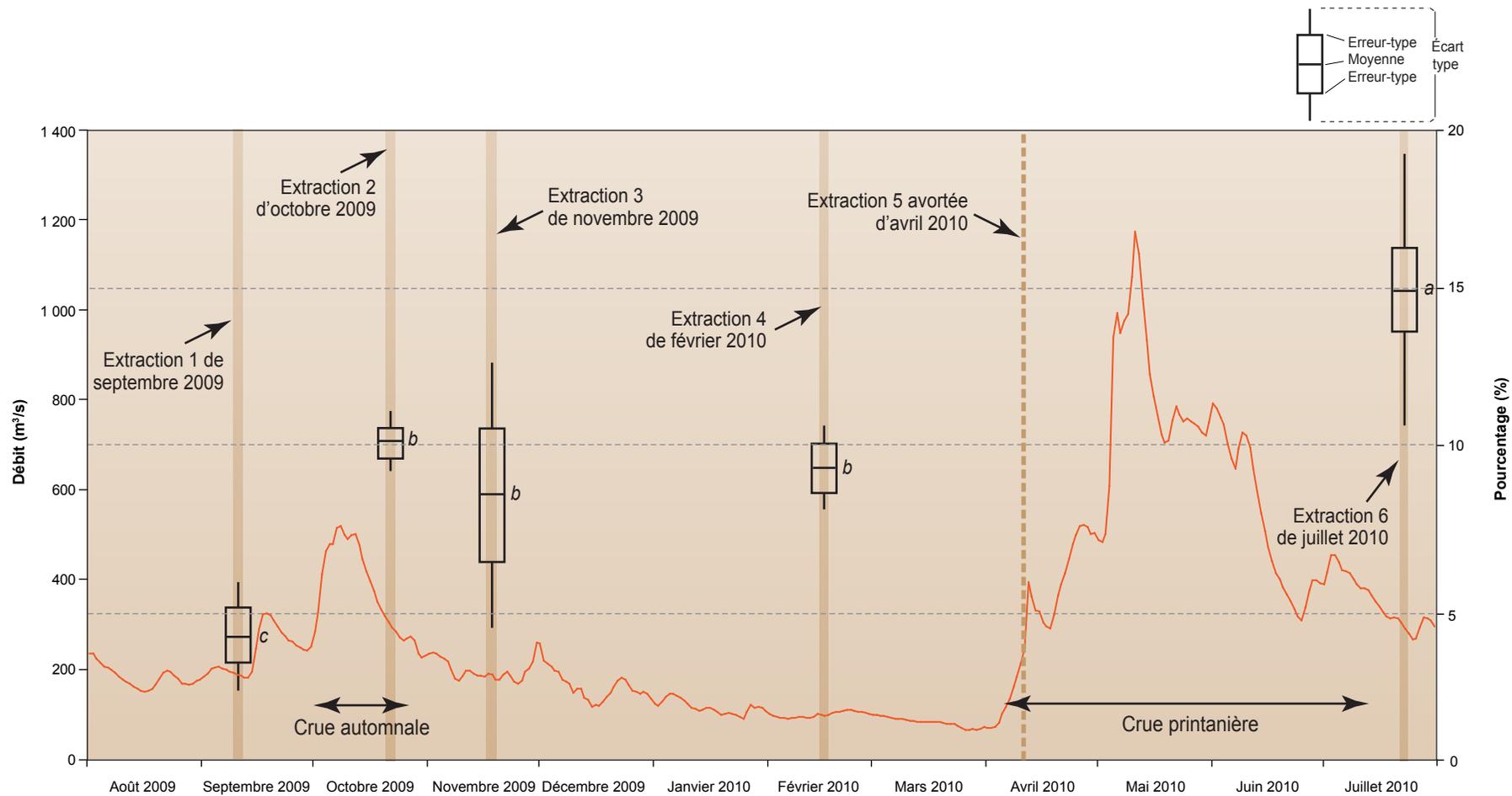
Figure A6-5 **Variation de la proportion de particules < 2 mm dans le substrat des cubes d'infiltration (nids artificiels) à la frayère du PK 34, de septembre 2009 à juillet 2010 (GENIVAR. 2011)**



Pour la comparaison statistique inter-période sur cette frayère, les moyennes ayant une lettre différente sont significativement différentes entre elles ( $p < 0,05$ ).

0344\_sufA6\_5\_geq\_1600\_gq\_190117.ai

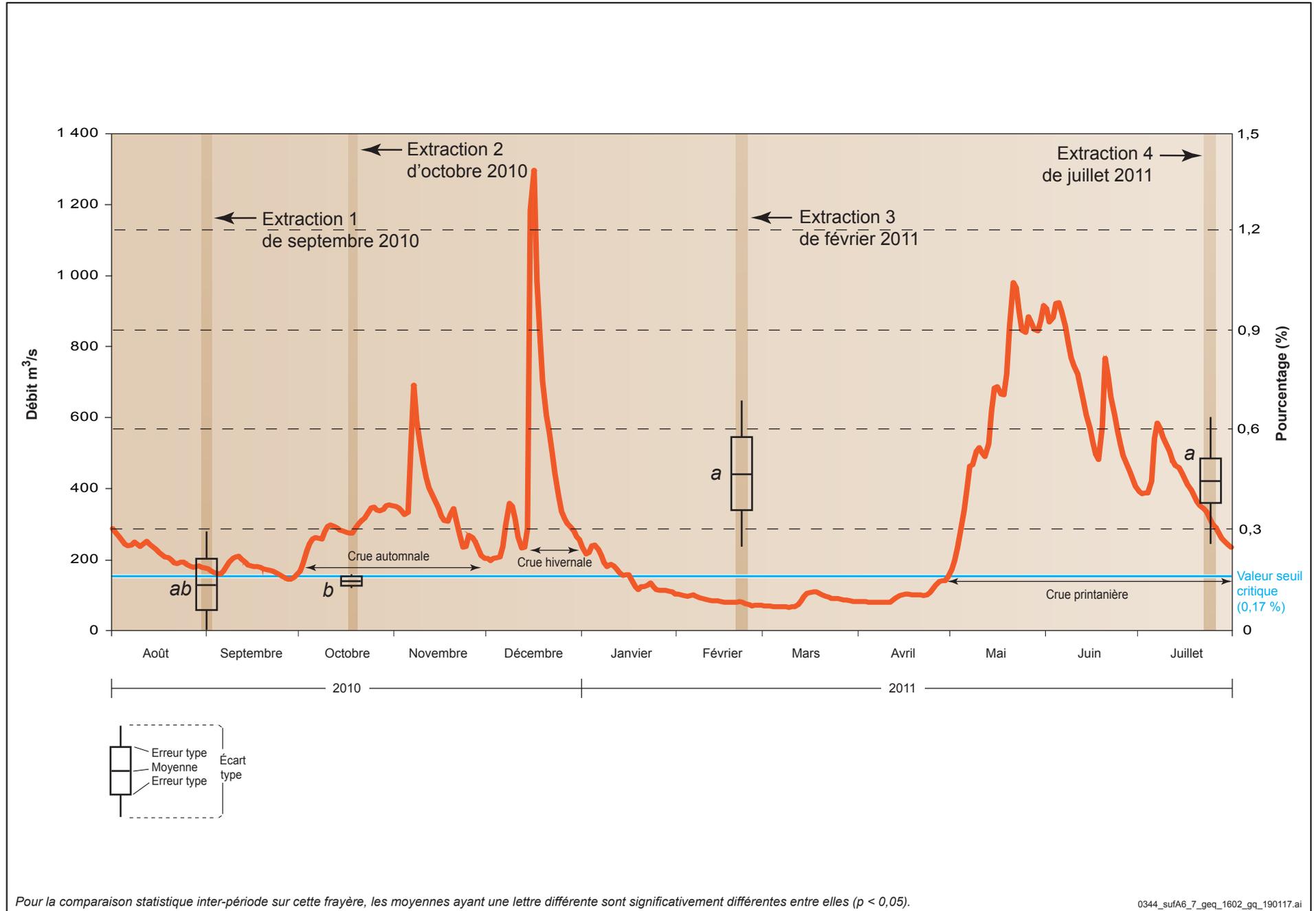
Figure A6-6 Variation de la proportion de particules < 2 mm dans le substrat des cubes d'infiltration (nids artificiels) à la frayère du PK 46, de septembre 2009 à juillet 2010 (GENIVAR. 2011).



Pour la comparaison statistique inter-période sur cette frayère, les moyennes ayant une lettre différente sont significativement différentes entre elles ( $p < 0,05$ ).

0344\_sufA6\_6\_geq\_1601\_gq\_190117.ai

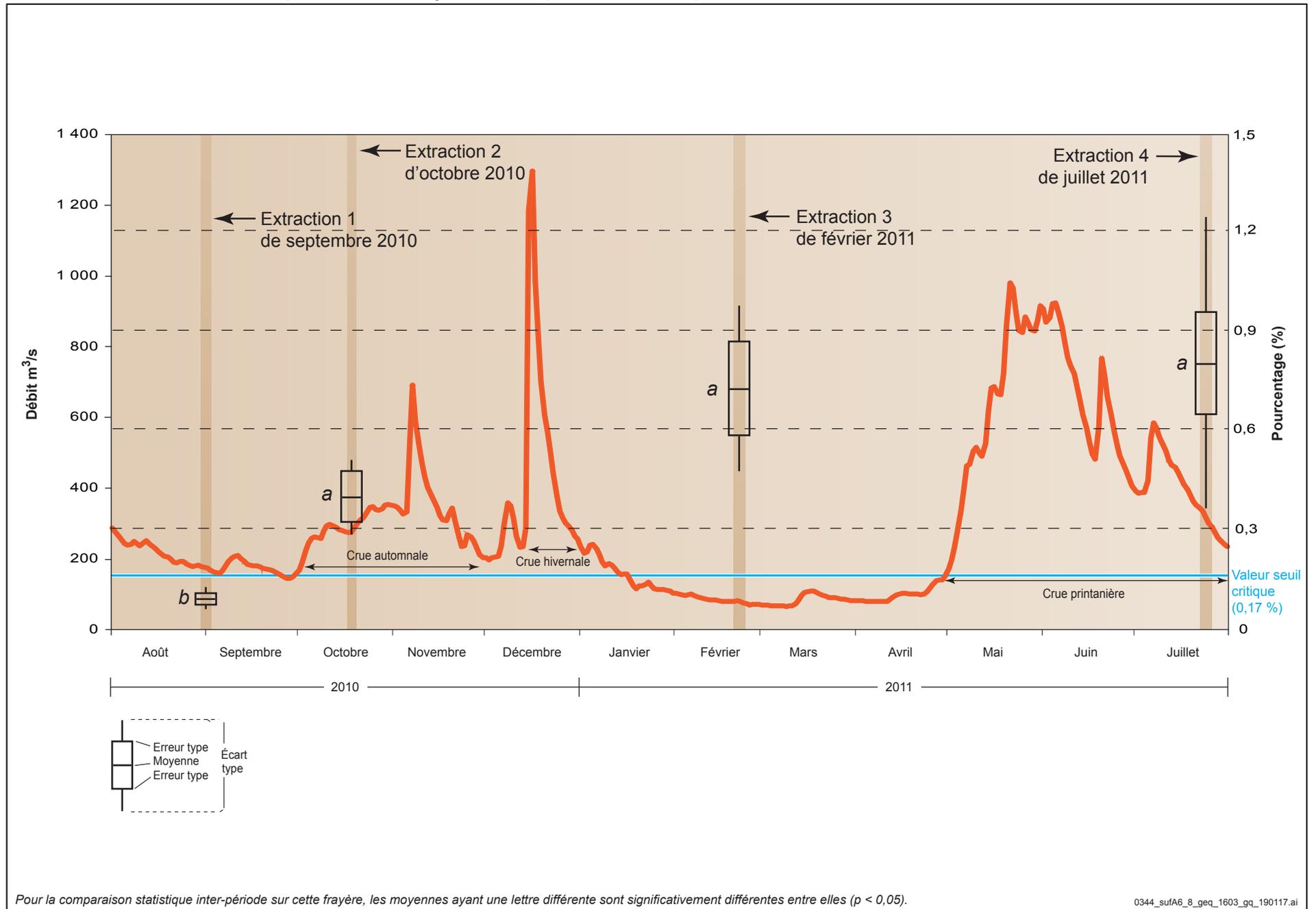
Figure A6-7 **Variation de la proportion de particules < 0,125 mm dans le substrat des cubes d'infiltration (nids artificiels) à la frayère du PK 34, de septembre 2010 à juillet 2011 (GENIVAR, 2012).**



Pour la comparaison statistique inter-période sur cette frayère, les moyennes ayant une lettre différente sont significativement différentes entre elles ( $p < 0,05$ ).

0344\_sufA6\_7\_geq\_1602\_gq\_190117.ai

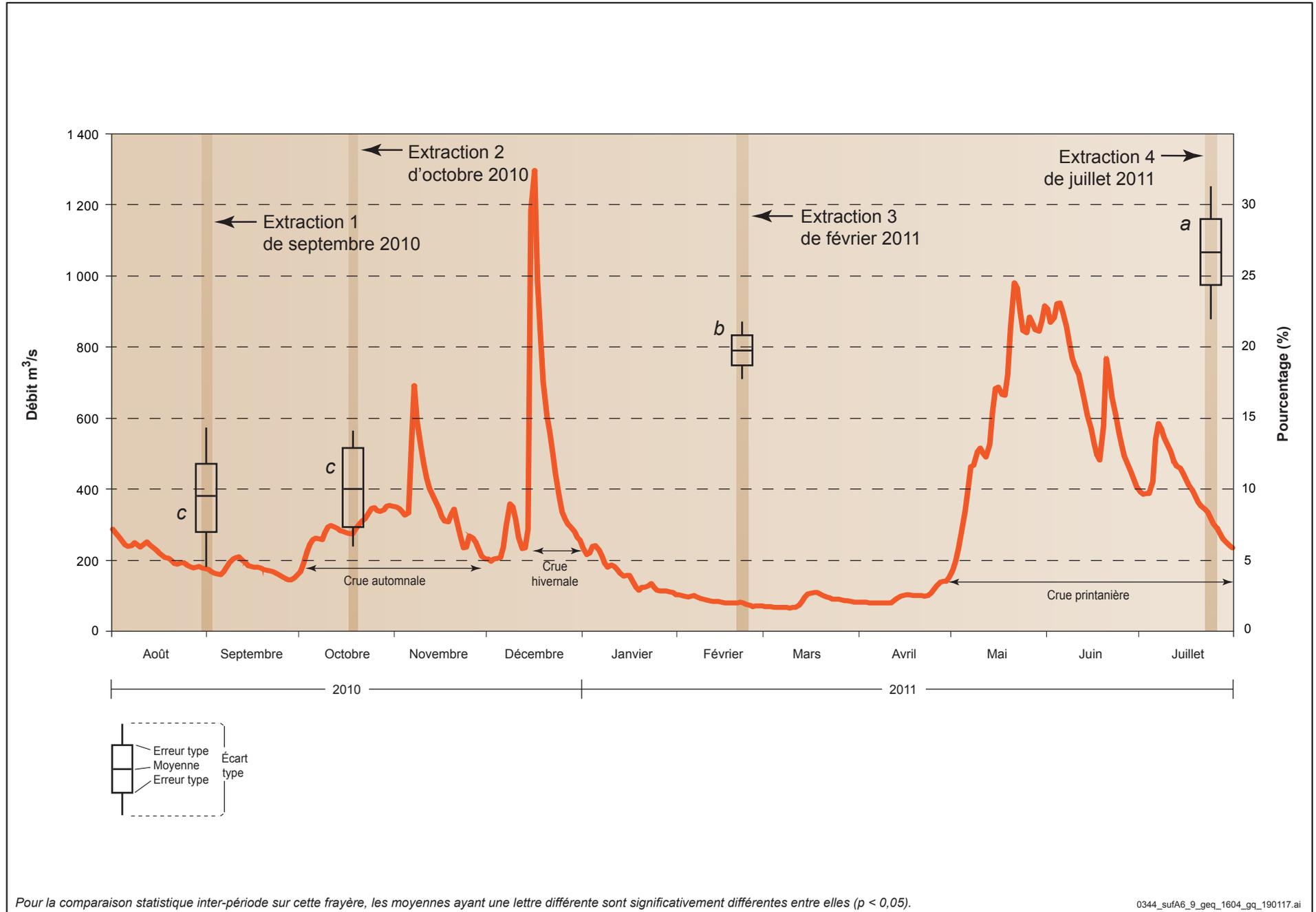
Figure A6-8 **Variation de la proportion de particules < 0,125 mm dans le substrat des cubes d'infiltration (nids artificiels) à la frayère du PK 46, de septembre 2010 à juillet 2011 (GENIVAR, 2012)**



Pour la comparaison statistique inter-période sur cette frayère, les moyennes ayant une lettre différente sont significativement différentes entre elles ( $p < 0,05$ ).

0344\_sufA6\_8\_geq\_1603\_gq\_190117.ai

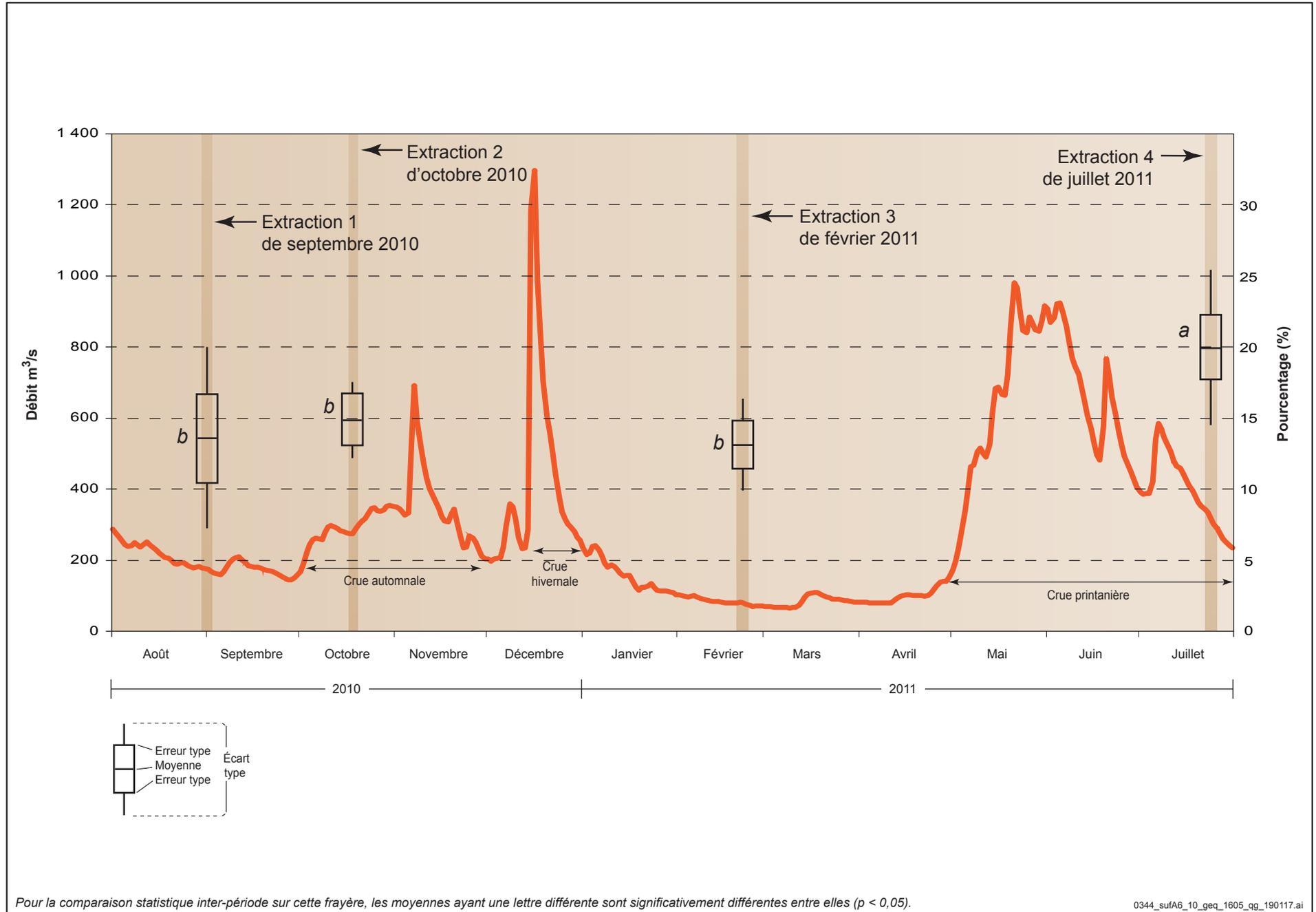
Figure A6-9 **Variation de la proportion de particules < 2 mm dans le substrat des cubes d'infiltration (nids artificiels) à la frayère du PK 34, de septembre 2010 à juillet 2011 (GENIVAR, 2012).**



Pour la comparaison statistique inter-période sur cette frayère, les moyennes ayant une lettre différente sont significativement différentes entre elles ( $p < 0,05$ ).

0344\_sufA6\_9\_geq\_1604\_gq\_190117.ai

Figure A6-10 **Variation de la proportion de particules < 2 mm dans le substrat des cubes d'infiltration (nids artificiels) à la frayère du PK 46, de septembre 2010 à juillet 2011 (GENIVAR, 2012).**



Pour la comparaison statistique inter-période sur cette frayère, les moyennes ayant une lettre différente sont significativement différentes entre elles ( $p < 0,05$ ).

0344\_sufA6\_10\_geq\_1605\_qg\_190117.ai

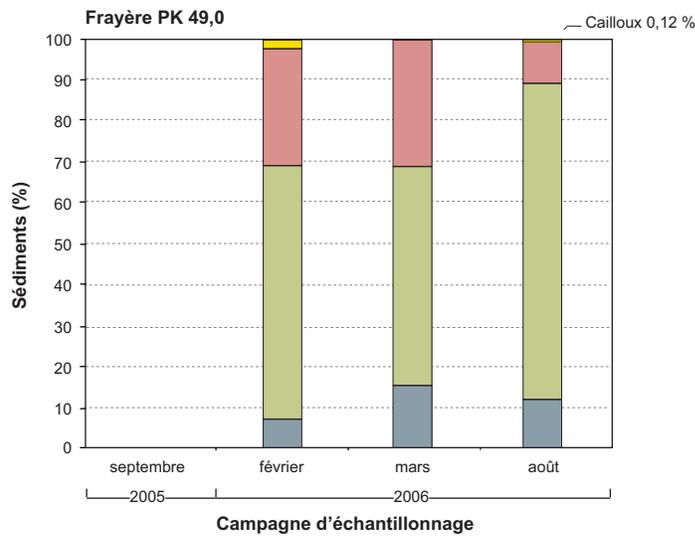
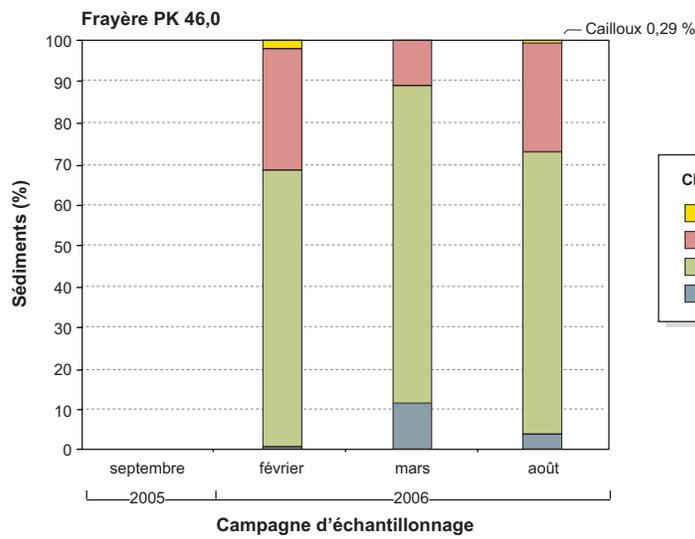
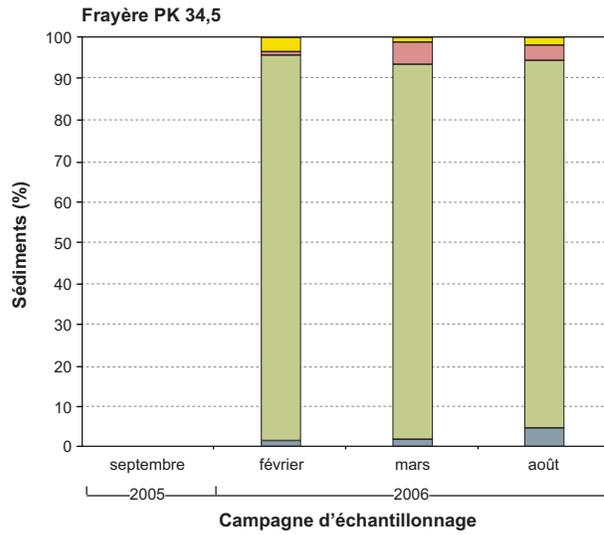
# ANNEXE

## 7

**POURCENTAGE DES DIFFÉRENTES  
CLASSES DE SÉDIMENTS  
RÉCOLTÉS PAR LES TRAPPES EN  
2005-2006, 2009-2010 ET 2010-2011**

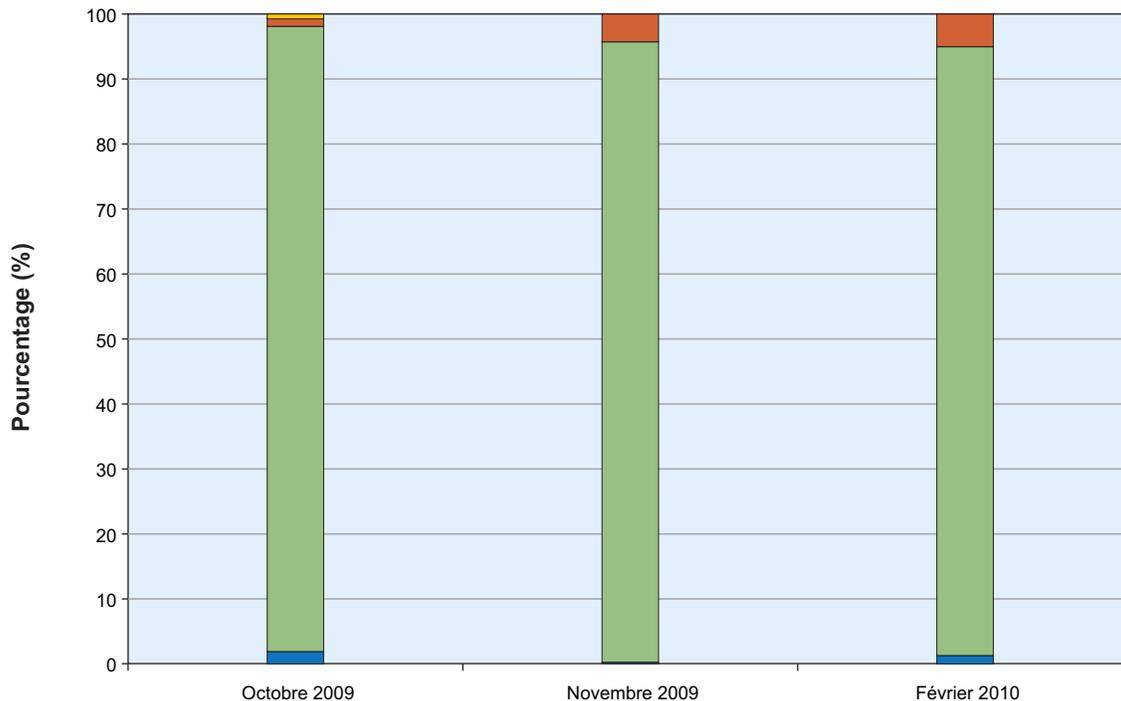


# Annexe 1.1. Pourcentage des différentes classes de sédiments récoltés par les trappes en 2005-2006

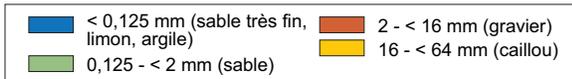
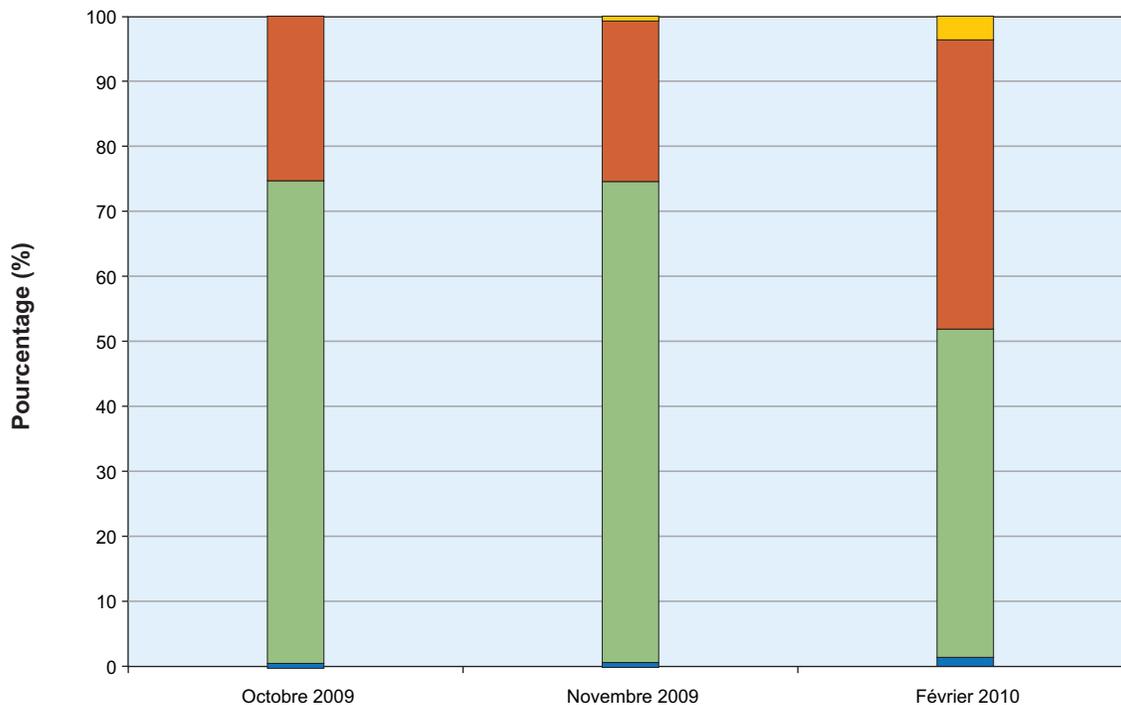


Annexe 1.2. **Pourcentage des différentes classes de sédiments récoltés par les trappes en 2009-2010**

a) PK 34,5

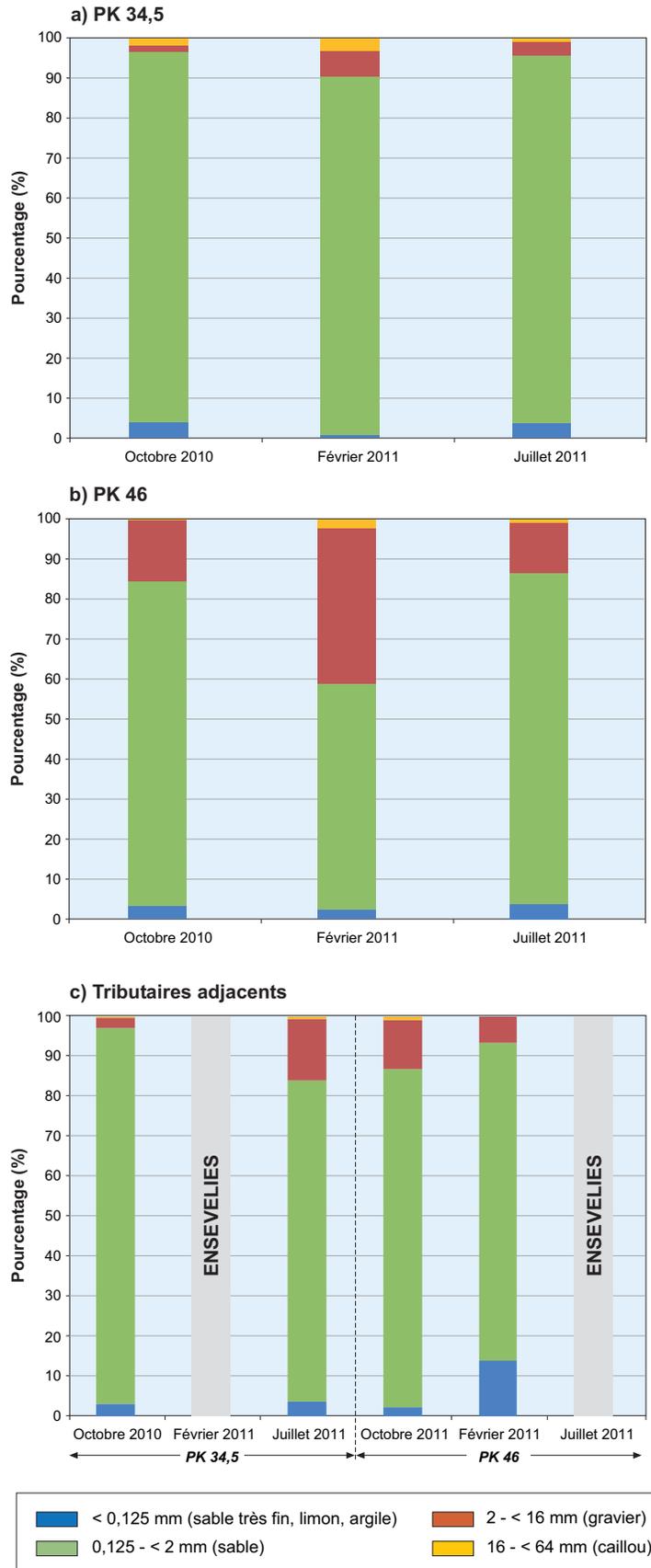


b) PK 46



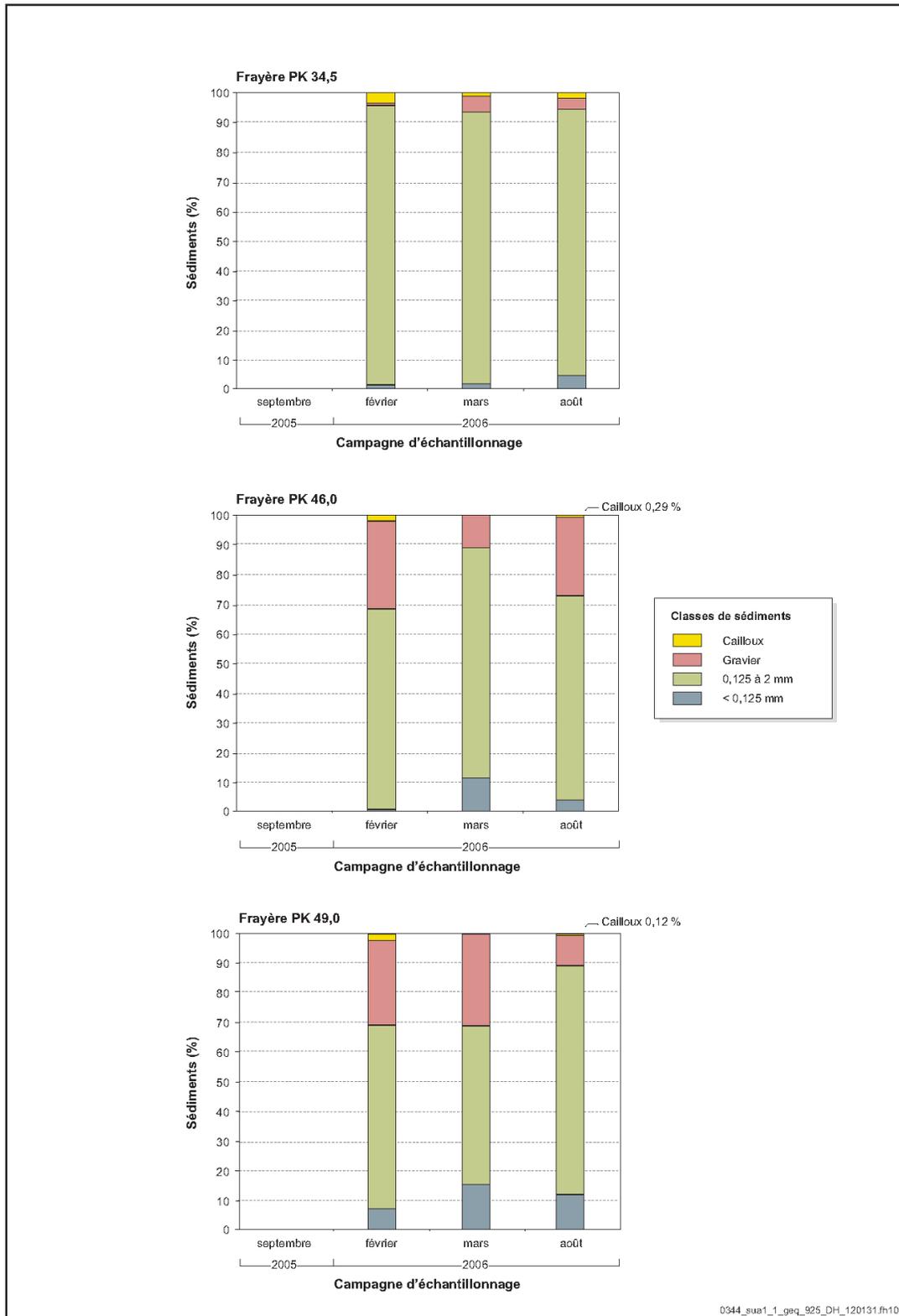
0344\_sua1\_2\_geq\_926\_DH\_120131.fr10

Figure 13 Pourcentage des différentes classes de sédiments récoltés par les trappes

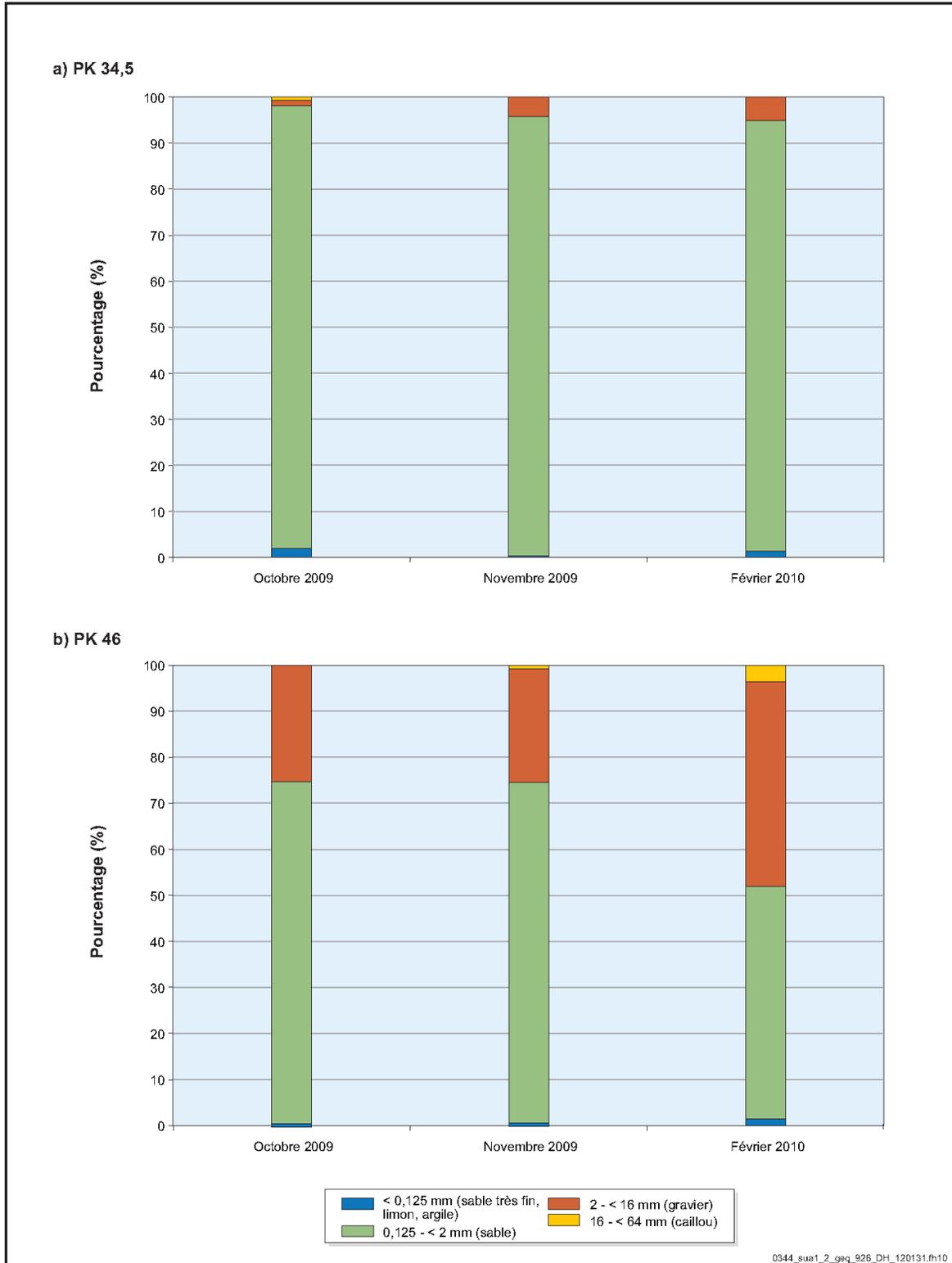


0344\_suf13\_geq\_880\_DH\_111212.fh10

Annexe 4-1 Pourcentage des différentes classes de sédiments récoltés par les trappes en 2005-2006 (GENIVAR, 2007a).



Annexe 4-2 Pourcentage des différentes classes de sédiments récoltés par les trappes en 2009-2010 (GENIVAR. 2011).



Annexe 4-3 Pourcentage des différentes classes de sédiments récoltés par les trappes en 2010-2011 (GENIVAR, 2012).

