

Complexe de la Romaine

Suivi environnemental 2018 en phase exploitation

Suivi du régime des glaces de la rivière Romaine en aval de la centrale de la Romaine-1 – Hiver 2017-2018



Fraysère naturelle du PK 46, 15 février 2018

**UNITÉ CONCEPTION DES AMÉNAGEMENTS DE PRODUCTION, HYDRAULIQUE
ET GÉOTECHNIQUE**

Version finale

Décembre 2018



Complexe de la Romaine

Suivi environnemental 2018 en phase exploitation

Suivi du régime des glaces de la rivière Romaine en aval de
la centrale de la Romaine-1 – Hiver 2017-2018

Préparé par:

Fanny Houdré, ing.
Conception des aménagements de
production, Hydraulique et Géotechnique

Isabelle Thériault, ing. M. Sc.
Conception des aménagements de
production, Hydraulique et Géotechnique

Révision avant émission:

Marc Barbet, ing. M. Sc. A.
Chef Hydraulique
Conception des aménagements de production, Hydraulique et Géotechnique

**UNITÉ CONCEPTION DES AMÉNAGEMENTS DE PRODUCTION, HYDRAULIQUE
ET GÉOTECHNIQUE**

Version finale

Décembre 2018



Équipe de réalisation

UNITÉ CONCEPTION DES AMÉNAGEMENTS DE PRODUCTION, HYDRAULIQUE ET GÉOTECHNIQUE

Fanny Houdré, ingénieure

Isabelle Thériault, ingénieure

UNITÉ SOUTIEN ENVIRONNEMENTAL – EST ET RÉSEAUX AUTONOMES, DIRECTION ENVIRONNEMENT

Maude Richard St-Vincent, coordonnatrice du suivi environnemental

UNITÉ EXPERTISE – ENVIRONNEMENT NATUREL ET HUMAIN, DIRECTION ENVIRONNEMENT

Mylène Levasseur, conseillère environnement

UNITÉ GÉOMATIQUE

Guy Bouchard, ingénieur

Pierre Tardif, préposé, captage données géomatique

Marco Landry, journalier, captage données géomatique

Michel Tremblay, préposé, traitement données géomatique

SOMMAIRE

Auteur et titre (pour fins de citation):

Hydro-Québec Équipement, 2018. *Complexe de la Romaine – Suivi environnemental 2018 en phase exploitation – Suivi du régime des glaces de la rivière Romaine en aval de la centrale de la Romaine-1 - Hiver 2017-2018*. Préparé par F. Houdré RA-2018-0006-01. Unité Conception des aménagements de production, Hydraulique et géotechnique. 60 p. et annexes.

Sommaire:

De nombreux engagements et conditions concernant entre autres la protection de l'environnement et le suivi environnemental doivent être respectés par Hydro-Québec dans le cadre de la réalisation du complexe hydroélectrique de la Romaine. Conformément aux engagements d'Hydro-Québec, un programme de suivi environnemental d'une durée maximale de 31 ans (2009-2040) a été déposé en 2010. L'objectif principal du programme est de vérifier l'évolution du milieu de même que l'efficacité des mesures d'atténuation, de bonification et de compensation mises en place dans le cadre du projet.

Ce rapport fait partie du suivi environnemental entrepris dans le cadre du projet du Complexe de la Romaine. L'objectif est de préciser les périodes de présence de glace sur les frayères à saumon naturelles (PK 34 et 46) et aménagées (PK 49 et 51) durant la période hivernale afin de valider si les conditions d'écoulement peuvent varier en fonction de ce paramètre uniquement, au droit de celles-ci, et de déterminer la position du front de la couverture de glace sur la rivière.

L'hiver 2017-2018 représente le deuxième hiver suivant une année complète d'exploitation de la centrale de la Romaine-1, celle-ci ayant été mise en service en décembre 2015. Il représente également le quatrième hiver suivant la mise en eau du réservoir de la Romaine 2, qui a modifié définitivement le régime thermique de la rivière et en conséquence le régime des glaces dans l'habitat du saumon atlantique.

La description de la formation, de la progression et du départ de la couverture de glace s'appuie sur trois survols photographiques de l'ensemble de la rivière en aval de

Romaine-1 au cœur de l'hiver et au moment du départ des glaces, sur l'analyse d'images satellites ainsi que sur des photographies prises à cadence horaire au droit des frayères (en rive droite aux PK 34 et 46, et en rive gauche au PK 49). Des mesures de la température de l'air, de l'eau, de niveau et de débit prises en continu à plusieurs endroits en aval de la centrale de la Romaine-1 ont permis de compléter l'information visuelle.

La rigueur de l'hiver glaciologique s'exprime par le cumul des températures de l'air entre le moment où la température passe sous le point de congélation et le moment où elle le dépasse. Le cumul de 1 230°C-jours de gel observé en 2017-2018 est légèrement plus doux que la moyenne de 1 400°C-jours enregistrée de 1979 à 2008, sans être exceptionnel. L'hiver glaciologique a débuté le 7 novembre (moment où la température moyenne journalière devient inférieure à 0°C) et s'est terminé le 18 avril.

La couverture de glace commence à se former dans le secteur du PK 3 de la rivière Romaine, un peu en amont du pont de la route 138, vers le 12 décembre 2017. Une éclaircie à environ 80 m de la rive droite reste cependant présente pendant toute la durée de l'hiver et empêche l'utilisation du sentier provincial de motoneige (Trans-Québec 3). Lors du survol du 19 janvier 2018, la couverture de glace est présente entre l'embouchure et le PK 30, mais de nombreuses éclaircies percent la couverture entre les PK 3 et 5, et aux PK 14, 18 et 24 notamment. La rivière est libre de glace sur toute la longueur entre le PK 33 et la centrale de la Romaine-1, et du frasil en dérive est observé au PK 33. En février, la couverture de glace se dégrade petit à petit entre les PK 16 et 30, et le bord frontal recule jusqu'au PK 26 le 20 février, puis jusqu'au PK 22 le 28 février. Le 7 mars, une nouvelle ouverture est observée dans la couverture de glace dans le secteur du PK 2,4, et la glace disparaît complètement dès le 13 mars. Le survol du 20 mars confirme l'absence de glace sur l'ensemble du tronçon de la rivière Romaine entre le PK 51 et l'embouchure. À cette date, la couverture de glace est toutefois encore présente sur les affluents (rivières Puyjalon et Aisley).

Les fluctuations de débits turbinés à la centrale de la Romaine-1 durant l'hiver 2017-2018 ont été moins importantes que l'hiver précédent, mais demeurent tout de même plus fortes qu'anticipées à l'étude d'impact. Selon cette étude (Hydro-Québec, 2007), en présence des quatre réservoirs, on prévoyait que le débit d'exploitation du complexe varierait typiquement entre 200 et 400 m³/s et que le débit atteindrait très rarement le

débit réservé, soit au tout début de l'hiver advenant une crue automnale très faible, ou en tout temps advenant un bris des deux turbines. Dans les faits, le débit pendant la période hivernale varie souvent entre une valeur proche du débit réservé et des valeurs de pointe proches de 500 m³/s. Des hausses du niveau d'eau pouvant dépasser 1 m en moins de 24 heures à certains endroits sur la rivière en aval de la centrale ont été observées à plusieurs reprises, notamment entre les 10 et 15 décembre puis entre les 12 et 17 janvier 2018. Le survol du 19 janvier a permis l'observation de nombreuses traces d'eau sur le couvert de glace/neige à proximité des rives ou autour des îles à plusieurs endroits sur la rivière, résultant des variations rapides du niveau d'eau. Ce phénomène a toutefois été moins souvent observé que l'hiver précédent.

L'analyse des photos aux sites des frayères naturelles et aménagées et les observations collectées lors des survols hivernaux ont permis d'observer que la glace de rive est parfois présente près des frayères lorsque la température de l'air est très froide, mais l'emprise demeure très restreinte et la glace toujours lisse et mince. Le centre de la rivière est toujours dégagé, quel que soit la température de l'eau et de l'air. Pour les frayères des PK 51, 49, 46 et 34, le positionnement des nids de saumon inventoriés (automne 2015, 2016 et 2017) se situe à une profondeur minimale de 0,3 m sous le niveau de l'eau lorsque le débit est à 140 m³/s (WSP, 2016, WSP, 2017 et WSP, 2018). Les survols ont permis de constater l'absence de glace de fond au droit des frayères. Puisque qu'il n'y a pas de glace au-dessus des frayères à saumon naturelles et aménagées ainsi que des aires d'alevinage aménagées, aucune variation significative des conditions d'écoulement associées à ce paramètre uniquement n'est appréhendée sur ces sites, qui auraient pu modifier le régime sédimentologique au droit de l'habitat de reproduction du saumon. Notons que les suivis en cours portant sur la population de saumon atlantique et, spécifiquement celui traitant de la qualité granulométrique des frayères naturelles, permettront d'ajouter des informations complémentaires à ces résultats afin d'en bonifier l'analyse.

TABLE DES MATIÈRES

1.	Introduction	1
1.1.	Mise en contexte	1
1.2.	Engagements et conditions de décret	1
1.2.1.	Engagements généraux	1
1.2.2.	Engagements et obligations spécifiques	2
1.3	Objectifs et zone d'étude	3
2.	Conditions à l'état de référence et conditions anticipées	3
2.1.	Régime des glaces à l'état naturel	3
2.2.	Modifications du régime des glaces prévues à l'étude d'impact.....	4
3.	Méthode	9
3.1.	Description générale de la rivière	9
3.1.1.	Données disponibles	9
3.2.	Cas particulier des frayères.....	11
4.	Résultats des observations	13
4.1.	Mesures des températures de l'eau et de l'air	13
4.2.	Débits et niveaux pendant la période hivernale	19
4.3.	Observations visuelles	22
4.3.1.	Description générale de la rivière	22
4.3.2.	Conditions particulière des frayères	36
5.	Mesure des épaisseurs de glace	57
6.	Conclusion des observations de l'hiver 2017-2018 et comparaison avec les conditions à l'état naturel.....	58
7.	Liste des références	61

Annexe A : Images satellites de l'emprise de la couverture de glace de l'hiver 2017-2018

Annexe B : Exploitation du modèle de génération et d'écoulement en présence de glace

LISTE DES CARTES

Carte 1 :	Zone d'étude	12
-----------	--------------------	----

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Marnages associés aux variations de débit aux PK 51,5 34,5 15,65 et 1 de la Romaine	6
Tableau 2 :	Emprises de la couverture de glace au moment des différents survolts	22

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Résultats de la modélisation de l'emprise de la couverture de glace en aval de la centrale de la Romaine-1 suite à la mise en place des quatre aménagements du Complexe de la Romaine – 15 décembre et 15 janvier	7
Figure 2 :	Résultats de la modélisation de l'emprise de la couverture de glace en aval de la centrale de la Romaine-1 suite à la mise en place des quatre aménagements du Complexe de la Romaine – 15 février et 15 mars	8
Figure 3 :	Gel cumulé de l'hiver 2017-2018.....	14
Figure 4 :	Gel cumulé à Havre-St-Pierre depuis 2008	14
Figure 5 :	Température de l'air et de l'eau à cadence horaire en décembre 2017.....	17
Figure 6 :	Température de l'air et de l'eau à cadence horaire en janvier 2018	17
Figure 7 :	Température de l'air et de l'eau à cadence horaire en février 2018	18
Figure 8 :	Température de l'air et de l'eau à cadence horaire en mars 2018	18
Figure 9 :	Débits moyens horaires mesurés à la centrale de la Romaine-1 et sur le cours aval	20
Figure 10 :	Niveaux mesurés à différents emplacements en aval du PK 51	21

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 :	Appareil photo installé sur la rive gauche, au PK 2,4.....	9
Photo 2 :	Glace de rive et frasil au PK 2,4 le 11 décembre 2018 à 9h	24
Photo 3 :	Couverture de glace presque complète au PK 2,4, d'apparence mince, le 12 décembre 2018 à midi.....	24
Photo 4 :	Éclaircie en rive droite qui reste présente au PK 2,4 le 31 décembre 2018 à 11h	25
Photo 5 :	Éclaircie dans la zone de l'embouchure et écoulement dans le bras secondaire, le 19 janvier 2018.....	27
Photo 6 :	Éclaircie plus étendue que les hivers précédents dans le secteur de la route 138, 19 janvier 2018.....	27
Photo 7 :	Éclaircies et marques laissées par les résurgences au PK 18, le 19 janvier 2018	28
Photo 8 :	Glace majoritairement absente au centre de la rivière et dérive de frasil au PK 33, le 19 janvier 2018.....	28
Photo 9 :	Éclaircie entre les PK 1 et 2, le 15 février 2018	30
Photo 10 :	Traces témoignant de l'apparition d'eau sur la couverture de glace au moment des hausses du niveau au PK 9, le 15 février 2018	30
Photo 11 :	Éclaircies en amont de la Chute à l'Église, 15 février 2018	31
Photo 12 :	Couverture mince et percée, avec signes de dégradation entre les PK 20 et 28, 15 février 2018.....	31
Photo 13 :	Rivière dégagée en amont du PK 30, 15 février 2018	32
Photo 14 :	Accumulation de plaques de glace au PK 36,5, 15 février 2018.....	32
Photo 15 :	Apparition d'une trace de détérioration de la couverture de glace au PK 2,4, le 23 février 2018 à 13h	33
Photo 16 :	Dégradation de la couverture de glace dans le prolongement de l'éclaircie en rive droite au PK 2,4, le 7 mars 2018 à 6h	34
Photo 17 :	Rivière complètement dégagée en son centre au PK 2,4, le 10 mars 2018 à 12h	35
Photo 18 :	Centre de la rivière à l'eau libre au PK 9, le 20 mars 2018	35

Photo 19 :	Absence de glace sur la frayère et l'aire d'alevinage du PK 51, le 19 janvier 2018	37
Photo 20 :	Absence de glace sur la frayère et l'aire l'alevinage du PK 51, le 15 février 2018	38
Photo 21 :	Présence de glace en conditions naturelles au PK 51 (07-02-2011).....	38
Photo 22 :	Absence de glace sur la frayère du PK 49 et les aires d'alevinage aménagées, le 19 janvier 2018	40
Photo 23 :	Absence totale de glace sur la frayère du PK 49 et les aires d'alevinage aménagées, le 15 février 2018	41
Photo 24 :	Présence de glace à l'état naturel au PK 49 (2012-02-02)	41
Photo 25 :	Glace de rive au PK 46, le 19 janvier 2018.....	49
Photo 26 :	Glace de rive quasi absente au PK 46, le 15 février 2018	49
Photo 27 :	Absence de glace au PK 46, le 20 mars 2018.....	50
Photo 28 :	Glace présente en conditions naturelles au PK 46 (2012-02-02).....	50
Photo 29 :	Glace de rive quasiment absente devant la frayère du PK 34, le 19 janvier 2018	55
Photo 30 :	Emprise restreinte de glace mince devant la frayère du PK 34, le 15 février 2018	55
Photo 31 :	Absence de glace au PK 34, le 20 mars 2018.....	56
Photo 32 :	Glace présente devant la frayère du PK 34 en conditions naturelles (2014-02-11).....	56

LISTE DES PLANCHES

Planche 1 :	Évolution de la couverture de glace devant les deux aires d'alevinage et la frayère aménagée du PK 49, en décembre 2017 (vue vers l'amont).....	42
Planche 2 :	Évolution de la couverture de glace devant les deux aires d'alevinage et la frayère aménagée du PK 49, en janvier et février 2018 (vue vers l'amont).....	43
Planche 3 :	Évolution de la couverture de glace au site de la frayère du PK 46 en décembre 2017	46
Planche 4 :	Couverture de glace au site de la frayère du PK 46 en janvier 2018.....	47

Planche 5 :	Couverture de glace au site de la frayère du PK 46 en février 2018.....	48
Planche 6 :	Évolution de la couverture de glace devant la frayère du PK 34 de décembre 2017 à février 2018.....	53
Planche 7 :	Évolution de la couverture de glace devant la frayère du PK 34 de décembre 2017 à février 2018 (suite).....	54
Planche B 1 :	Résultats de la modélisation et observations le 18 décembre 2017 entre l'embouchure et la centrale de la Romaine-1	B3
Planche B 2 :	Résultats de la modélisation entre l'embouchure et la centrale de la Romaine-1 et observations du 19 janvier 2018.....	B4
Planche B 3 :	Résultats de la modélisation entre l'embouchure et la centrale de la Romaine-1 et observations du 15 février 2018	B5
Planche B 4 :	Résultats de la modélisation entre l'embouchure et la centrale de la Romaine-1 le 2 mars 2018 et image satellite du 28 février 2018	B6
Planche B 5 :	Résultats de la modélisation entre l'embouchure et la centrale de la Romaine-1 le 5 mars 2018	B7
Planche B 6 :	Comparaison des températures de l'eau mesurées et calculées aux PK 46 et 34.....	B8
Planche B 7 :	Comparaison des températures de l'eau mesurées et calculées aux PK 16, 5 et 4.....	B9

1. Introduction

1.1. Mise en contexte

Hydro-Québec construit depuis 2009 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 terme, ce complexe sera composé de quatre aménagements hydroélectriques dont la production énergétique moyenne annuelle s'élèvera à 8 TWh par année.

L'aménagement de la Romaine-4, situé à la tête du complexe (Point kilométrique (PK) 191,9 de la rivière Romaine), sera mis en service en 2021. Il sera doté d'une centrale en surface de 245 MW munie de deux groupes. L'aménagement de la Romaine-3 est établi au PK 158,4 de la rivière. La centrale offre une puissance installée de 395 MW et a été mise en service en septembre 2017. L'aménagement de la Romaine-2, construit plus en aval au PK 90,3 de la rivière, a été mis en service en 2014 et produit 640 MW. La mise en eau du réservoir de la Romaine 2 a été complétée en novembre 2014. Enfin, au PK 51,5 se trouve l'aménagement de la Romaine-1, qui comprend une centrale d'une puissance de 270 MW et qui est en exploitation depuis décembre 2015.

1.2. Engagements et conditions de décret

1.2.1. Engagements généraux

De nombreux engagements et conditions concernant entre autres la protection de l'environnement et le suivi environnemental doivent être respectés par Hydro-Québec dans le cadre de la réalisation du complexe hydroélectrique de la Romaine. Le gouvernement du Québec a autorisé le projet en 2009, en vertu du décret n° 530-2009. L'approbation du gouvernement du Canada autorisant l'entreprise à effectuer les travaux a également été transmise en 2009, dont l'autorisation de Pêches et Océans Canada en vertu de la loi sur les Pêches (Autorisation 2015-006).

Conformément aux engagements d'Hydro-Québec, un programme de suivi environnemental d'une durée maximale de 31 ans (2009-2040) a été déposé en 2010. L'objectif principal du programme est de vérifier l'évolution du milieu de même que

l'efficacité des mesures d'atténuation, de bonification et de compensation mises en place dans le cadre du projet.

Un des éléments importants de ce programme de suivi concerne le saumon atlantique, une espèce hautement valorisée, mais dont la population dans la Romaine était peu abondante en conditions naturelles. L'habitat du saumon dans la Romaine se concentre dans le tronçon entre l'embouchure et le point kilométrique 51 de la rivière, site où se trouvait une chute infranchissable pour le saumon et où la centrale de la Romaine-1 a été construite. Ce tronçon a subi une modification de son régime hydrologique susceptible d'affecter le saumon atlantique. Un régime de débit réservé a été instauré, des modalités d'exploitation ont été établies et des frayères ont été aménagées aux PK 49 et 51 pour minimiser les impacts du projet sur cette espèce. À noter que des frayères naturelles sont localisées aux PK 34 et 46.

1.2.2. Engagements et obligations spécifiques

La modification du régime hydrologique et thermique d'une rivière affecte la nature et l'étendue de la couverture de glace. La présence d'une couverture de glace peut provoquer un rehaussement du niveau d'eau et une réduction de la vitesse d'écoulement. Comme cela peut affecter le régime sédimentologique et l'habitat du poisson, le ministère des Pêches et Océans du Canada (MPO) exige un suivi du régime des glaces de la rivière Romaine en aval de la centrale de la Romaine-1.

Ce suivi vise à répondre à la condition 5.1.6 du MPO (n° 2015-009) qui souhaite que la présence de glace soit documentée afin que son influence sur l'intégrité des frayères et de l'habitat du saumon puisse être évaluée.

Condition 5.1.6.2 : Effectuer des relevés physiques des glaces ou toute autre caractéristique permettant d'évaluer l'intégrité des frayères naturelles ou aménagées de même que les aires d'alimentation et d'hivernage aménagées, pendant une période minimale de 5 années soit l'an 1, 2, 3, 4 et 5 suivant la mise en service de la centrale de la Romaine-1.

Les activités de suivi du régime des glaces de la rivière Romaine sont également requises en vertu des engagements et obligations provenant de la section 47.2 au chapitre 47 de l'étude d'impact (Hydro-Québec, 2007).

1.3 Objectifs et zone d'étude

Un deuxième suivi du régime des glaces au cours de l'hiver 2017-2018 a été réalisé afin d'observer les changements apportés à l'emprise de la couverture de glace et préciser les périodes pendant lesquelles la glace est présente sur les aires de fraie du saumon atlantique. La section 3 présente ainsi les principales observations concernant les dates de prise des glaces, leurs emprises en fonction des conditions météorologiques et du mode de gestion et les dates de départ des glaces.

La zone d'étude de ce suivi correspond à l'habitat du saumon dans la Romaine, soit le tronçon à l'aval de la centrale de la Romaine-1, entre l'embouchure et le point kilométrique 51 de la rivière (carte 1). Dans le cours principal de la Romaine, on y retrouve deux principales frayères naturelles aux PK 34 et 46. En 2014, Hydro-Québec a procédé à divers aménagements visant à maintenir ou à augmenter la production salmonicole de la Romaine. Dans le secteur du PK 49, les aménagements réalisés incluent une frayère de près de 5 700 m² et deux habitats d'élevage totalisant environ 8 900 m². Plus près de la centrale de la Romaine-1, au PK 51, une autre frayère d'environ 1 550 m² a également été aménagée, de même qu'un habitat d'élevage de 6 300 m² (WSP, 2016).

2. Conditions à l'état de référence et conditions anticipées

2.1. Régime des glaces à l'état naturel

Un suivi de l'évolution de la couverture de glace au cours des cinq hivers précédant la mise en eau du réservoir de la Romaine 2 a permis de définir la variabilité naturelle de ces conditions. Une synthèse de ces observations a été présentée dans le Bilan des activités environnementales de 2014 (Hydro-Québec, 2015). D'après les observations recueillies, la couverture de glace était complète ou presque devant les frayères après un gel cumulé de l'ordre de 250°C-jours. D'après l'historique des températures de l'air mesurées à Havre-St-Pierre depuis 1979, ce moment survenait entre le 7 décembre et le 26 janvier. La couverture de glace restait présente sans interruption pendant l'hiver. Dès la fin de l'hiver glaciologique ou lorsqu'une crue importante survenait durant l'hiver, un chenal se formait au centre de la rivière, mais dépendamment du débit et des températures de l'air pendant le printemps, la glace pouvait rester encore présente près de la rive jusqu'à une ou deux semaines additionnelles. La situation était semblable aux

sites retenus pour les deux frayères aménagées, mais une éclaircie restait souvent présente au centre de la rivière, en raison des vitesses de l'écoulement plus élevées dans le chenal d'écoulement principal.

En conditions naturelles, rappelons que le régime hydrologique de la Romaine était typique des rivières de la Côte-Nord, c'est-à-dire caractérisé par des crues printanières généralement fortes (1 500 m³/s en moyenne) et des étiages hivernaux prononcés (entre 75 et 100 m³/s). L'étiage le plus prononcé survenait en hiver avec un débit minimum variable selon l'année de 35 à 85 m³/s généralement atteint vers la mi-avril.¹

2.2. Modifications du régime des glaces prévues à l'étude d'impact

Le régime hivernal naturel de la rivière Romaine a été remplacé par un régime d'exploitation où le débit minimal est de 140 m³/s pour la période du 16 novembre au 6 juin (Hydro-Québec, 2007). Selon l'étude d'impact, en présence des quatre réservoirs, on prévoyait que le débit d'exploitation du complexe varierait typiquement entre 200 et 400 m³/s et que le débit atteindrait très rarement le débit réservé écologique, soit au tout début de l'hiver advenant une crue automnale très faible, ou en tout temps advenant un bris des deux turbines (Hydro-Québec, 2007).

Dans l'étude d'impact, il a été prévu que la modification du régime hydrologique et thermique de la rivière affecterait la nature et l'étendue de la couverture de glace. On prévoyait que les frayères seraient parfois recouvertes de glace, mais qu'elle n'atteindrait jamais le substrat car le niveau d'eau hivernale serait plus élevé. Le risque de formation de glace de fond, tout comme celui que la glace s'appuyant sur le substrat seraient amoindris.

D'après les prévisions des conditions avec les quatre centrales en exploitation, la température de l'eau au PK 51 varierait entre 0,3 et 0,6°C au cours d'un hiver de rigueur moyenne, elle diminuerait entre 0,1 et 0,2°C durant les périodes les plus froides de l'hiver et fluctuerait entre 0,6 et 1,7°C durant les épisodes les plus doux de l'hiver. L'eau se refroidirait en progressant vers l'aval et atteindrait 0°C au PK 38 en moyenne. En aval de ce point, l'eau resterait à cette température pendant toute la durée de l'hiver.

¹ Le niveau d'eau en présence de glace au débit de 75 m³/s correspond à celui prévalant en l'absence de couverture de glace au débit de 140 m³/s.

Selon la modélisation numérique, le segment de rivière compris entre les PK 51 et 45 demeurerait libre de glace pendant toute la durée de l'hiver alors que la glace se formerait par temps froid entre les PK 45 et 38 et disparaîtrait au moindre redoux. En aval du PK 38, la glace commencerait à se former près des rives à partir du 15 décembre. Elle progresserait vers le centre de la rivière. En moyenne, la couverture de glace serait complète d'une rive à l'autre et l'épaisseur effective dépasserait le seuil minimal de 20 cm. Certaines éclaircies demeuraient présentes dans les secteurs des chutes et les rapides pendant toute la durée de l'hiver (PK 2 et PK 16), comme c'était le cas en conditions naturelles, mais elles occuperaient une plus grande surface étant donné l'augmentation de la vitesse de l'écoulement résultant de l'augmentation du débit.

Selon les conditions de débits et températures de l'eau une fois toutes les centrales en service, la modélisation avait révélé que, bien que la couverture de glace s'étendrait normalement de l'embouchure jusqu'au PK 45, elle serait susceptible de reculer jusqu'au PK 35 au moindre redoux en cours d'hiver et plus rarement jusqu'au PK 30. Les figures 1 et 2, tirées de l'étude d'impact, montrent une vue schématique de l'étendue anticipée de la couverture de glace à différents moments au cours de l'hiver suite à la mise en place des quatre aménagements du complexe de la Romaine.

Les prévisions de l'étude d'impact ont été revues à la lumière de deux hivers exceptionnellement doux qui ont eu lieu après le début de la construction en 2009. La couverture de glace a commencé à disparaître dès le début du mois de mars 2010. L'hiver suivant, elle était absente du centre de la rivière à peu près sur l'ensemble du tronçon en aval du PK 51 et n'a pas commencé à se former avant la mi-janvier 2011. Si de tels hivers venaient à se reproduire, en condition aménagée, la glace serait peu présente sur la rivière.

Les marnages associés aux variations de débit en aval de la centrale de la Romaine-1 ont été annoncés à l'étude d'impact et sont reportés dans le tableau 1. Il était prévu que le marnage causé par la variation journalière du débit serait de l'ordre de 1 mètre sur l'ensemble de la rivière (PK 52 à PK 0).

Selon l'étude d'impact, en hiver, en période de grande demande de puissance, il était prévu l'adoption d'une gestion avec deux pointes distinctes par jour si l'état des réserves le permet. Les deux groupes fonctionneraient ainsi à un débit proche du maximum (485 m³/s) durant les heures de forte demande et au débit optimal le reste du temps (400

m³/s). Lorsque la demande serait moins forte, le débit s'établirait à 400 m³/s en heures de pointe et à 200 m³/s en périodes hors pointe ou les fins de semaine. Les années de faible hydraulité, le débit serait maintenu près de sa valeur minimale de 140 m³/s.

Tableau 1 : Marnages associés aux variations de débit aux PK 51, 34, 16 et 1 de la Romaine

Point kilométrique (PK)	Marnage (m)	
	Variation du débit journalier de 200 à 400 m ³ /s	Variation du débit horaire de 400 à 480 m ³ /s
51	1,2	0,3
34	0,9	0,2
16	0,8	0,1
1	0,8	0,02

* Ref. Tableau 18-2 de l'étude d'impact (Hydro-Québec, 2007).

La formation de fissures aux endroits où les rives sont escarpées et l'apparition d'eau près de la rive ont été décrites dans la section « régime des glaces » de l'étude d'impact. Les dates devancées de départ des glaces à différents endroits de la rivière ont été présentées dans le volume « milieu physique » de l'étude d'impact.

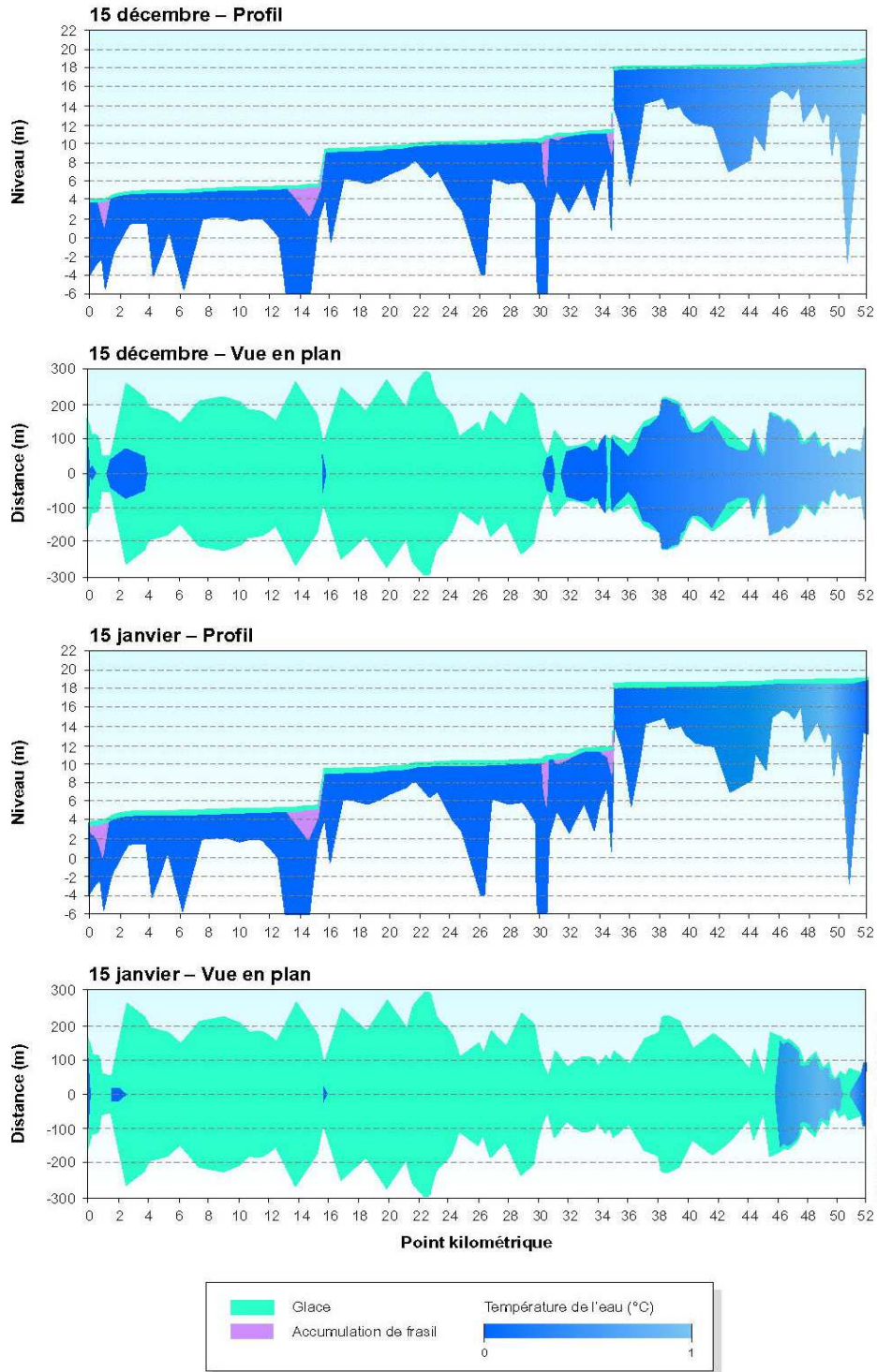


Figure 1 : Résultats de la modélisation de l'emprise de la couverture de glace en aval de la centrale de la Romaine-1 suite à la mise en place des quatre aménagements du Complexe de la Romaine – 15 décembre et 15 janvier

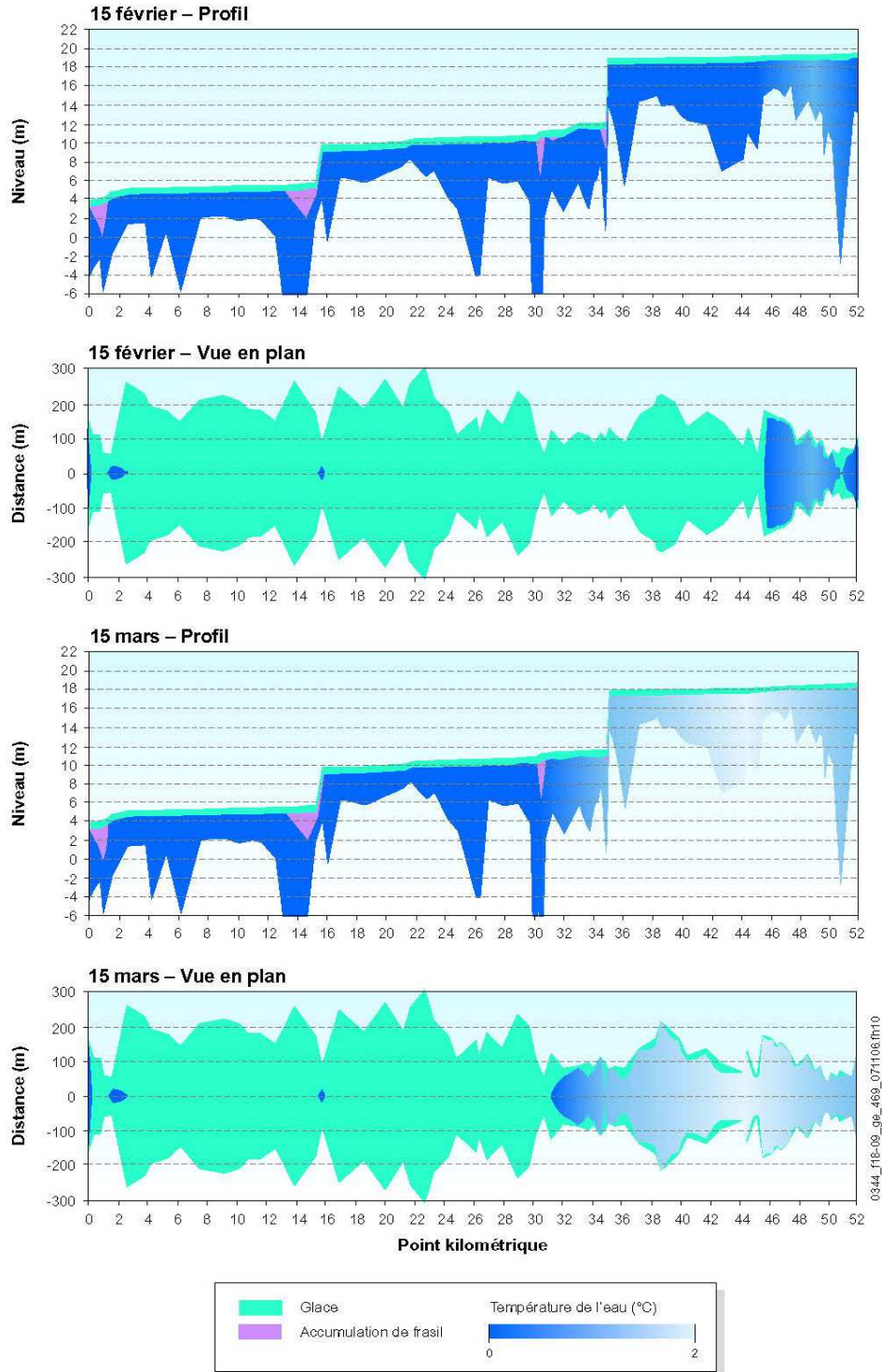


Figure 2 : Résultats de la modélisation de l’emprise de la couverture de glace en aval de la centrale de la Romaine-1 suite à la mise en place des quatre aménagements du Complexe de la Romaine – 15 février et 15 mars

3. Méthode

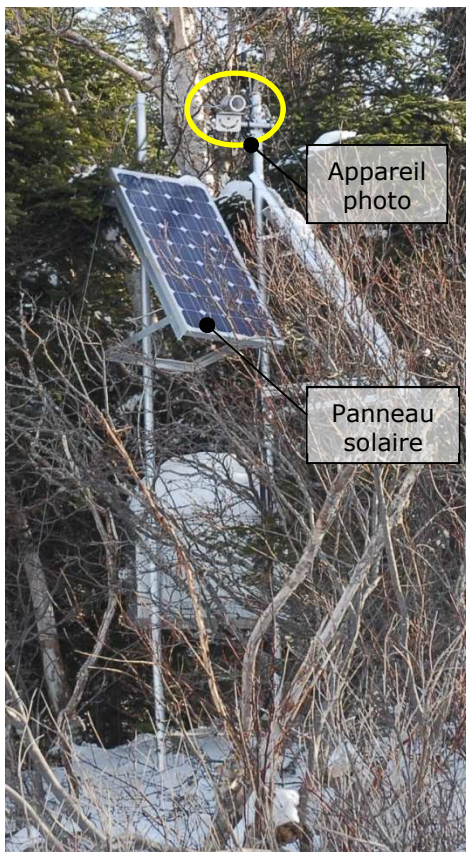
3.1. Description générale de la rivière

3.1.1. Données disponibles

Le suivi de la couverture de glace pour l'hiver 2017-2018 a été réalisé à partir des observations et mesures présentées ci-après.

Trois survols photographiques ont été réalisés afin d'observer l'emprise de la couverture de glace au cœur de l'hiver et au départ des glaces entre l'embouchure et la centrale de la Romaine-1. Les survols photographiques ont eu lieu aux dates suivantes :

- 19 janvier 2018 ;
- 15 février 2018 ;
- 20 mars 2018.



Quatre appareils photos installés en bordure de la rivière enregistrent des photos à chaque heure de clarté et permettent de suivre l'évolution de la couverture de glace. Un premier appareil installé au sommet d'un mat sur la rive droite, face au PK 34 de la rivière (frayère naturelle) est en fonction depuis mars 2010. Un second appareil, installé en décembre 2011 sur la rive gauche, en amont du pont de la route 138, au PK 2,4. Il a été réorienté en décembre 2012 afin de mieux saisir la rive droite, là où la glace sur la rivière se referme au début de l'hiver et s'ouvre au printemps. Le troisième appareil a été installé en novembre 2012 sur la rive gauche, face au PK 46 (frayère naturelle). Finalement, un quatrième appareil a été installé en bordure de la nouvelle frayère à saumon aménagée au PK 49.

Photo 1 : Appareil photo installé sur la rive gauche, au PK 2,4

Les appareils situés aux PK 34, 46 et 49 permettent de suivre l'évolution de la couverture de glace au-dessus des deux frayères naturelles à saumon et d'une des deux frayères aménagées et ainsi de répondre à une exigence de Pêche et Océans Canada. La position de ces appareils est montrée sur la carte 1.

À noter que sur les différentes photos et planches de photos présentées dans la section « Résultats », le débit turbiné à la centrale de la Romaine-1 (PK 51,5) au moment de la prise de vue est indiqué. Le sens de l'écoulement de l'eau y est également spécifié par des flèches noires, blanches ou bleues, selon le cas.

Différentes données hydrologiques et météorologiques ont été disponibles tout au long de l'hiver. Elles sont également présentées car elles influencent l'évolution de la couverture de glace. Ces données permettent de placer en contexte les observations. Les données disponibles sont les suivantes :

- Débit aux endroits suivants :
 - À l'aménagement de la Romaine-1, situé au PK 51,5;
 - À la station ROMA0692, située au PK 16 de la rivière²;
 - À la station EROM0690, située au PK 1.
- Température de l'eau mesurée aux stations hydrométriques suivantes :
 - À la station ROMA0986, immédiatement en aval de la centrale de la Romaine-2 (PK 84);
 - À la station ROMA0983, au PK 49³;
 - À la station ROMA0944, au PK 46;
 - À la station ROMA0943, au PK 34;
 - À la station ROMA0692, au PK 16¹;
 - À la station ROMA0665, au PK 5;
 - À la station ROMA0976, au PK 4.
- Température de l'air mesurée à la station de Havre-Saint-Pierre d'Environnement Canada (station 7043020).
- Température de l'air aux stations ROMA0715 (située en bordure de la rivière Romaine Sud-est) et ROMA0967 (sur le bassin versant du réservoir de la Romaine 2)

² La station ROMA0692 n'a pas fonctionné de la mi-décembre 2017 à la mi-février 2018. Elle a été réinstallée de manière temporaire en février, mais a été emportée lors du départ des glaces début mars 2018. Elle a finalement été réinstallée à partir du 13 mars 2018.

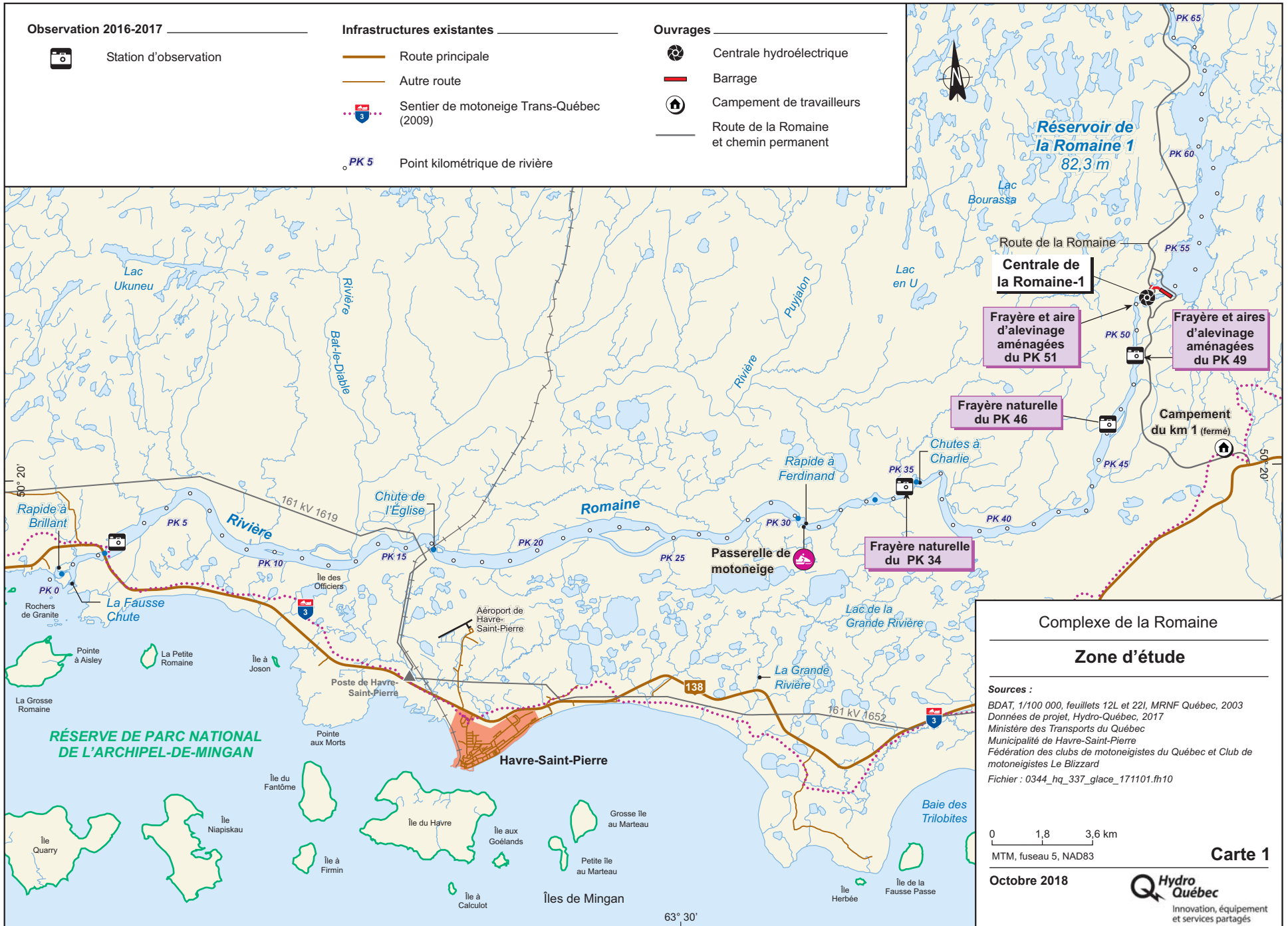
³ La station ROMA0983 a été défectueuse du 5 au 22 janvier 2018.

pour combler les données manquantes de la station météorologique de Havre-Saint-Pierre.

Quelques images satellites saisies par le USGS complètent les observations disponibles durant l'hiver. Les images les plus claires sont présentées à l'annexe A.

3.2. Cas particulier des frayères

L'emplacement retenu pour la plupart des appareils de mesure (niveau d'eau, sondes de température, appareils photo) correspond aux sites des frayères naturelles (ROMA0944 : PK 46, ROMA0943 : PK 34) et aménagées (ROMA0983 : PK 49). L'emplacement de ces frayères est montré sur la carte 1. Ces équipements servent à donner une description générale de la rivière, mais ils permettent également de dresser le portrait détaillé du régime thermique et des glaces à l'emplacement des frayères. Les appareils photo étant situés en bordure des frayères, ils permettent de décrire de façon très précise la présence ou non de glace de rive au-dessus de la frayère et sur le cours principal de la rivière devant la frayère. La mesure du niveau d'eau en continu, et l'établissement d'une relation entre le niveau en période d'eau libre et le débit, permettent aussi de statuer s'il y a un effet de la présence de glace en aval des frayères sur le rehaussement du niveau d'eau à l'emplacement même de la frayère.



4. Résultats des observations

4.1. Mesures des températures de l'eau et de l'air

La température de l'air est mesurée à Havre-Saint-Pierre et les données sont fournies par Environnement Canada. La rigueur de l'hiver s'exprime par le cumul des températures de l'air entre le moment où la température passe sous le point de congélation et le moment où elle le dépasse. Elle a atteint 1 230°C-jours de gel en 2017-2018 ce qui est légèrement plus doux que la moyenne de 1 400°C-jours enregistrée de 1979 à 2008, sans être exceptionnel, mais très proche des deux derniers hivers (1 249°C-jours et 1 247°C-jours respectivement en 2016-2017 et 2015-2016). On considère que l'écart entre la normale et l'année en cours doit dépasser un écart-type pour être considéré doux. La figure 3 montre comment la rigueur est calculée et la figure 4 compare les rigueurs des dernières années à la moyenne de 1979 à 2008. L'hiver glaciologique a débuté le 7 novembre 2017 (moment où la température moyenne journalière devient inférieure à 0°C) et s'est terminé le 18 avril 2018. Malgré cette fin tardive, comme cela sera présenté dans la section des résultats, on a observé lors du survol du 20 mars que la glace avait complètement disparu de la rivière Romaine en aval de la Romaine-1. À cette date l'hiver cumulait 1 110°C-jours de gel.

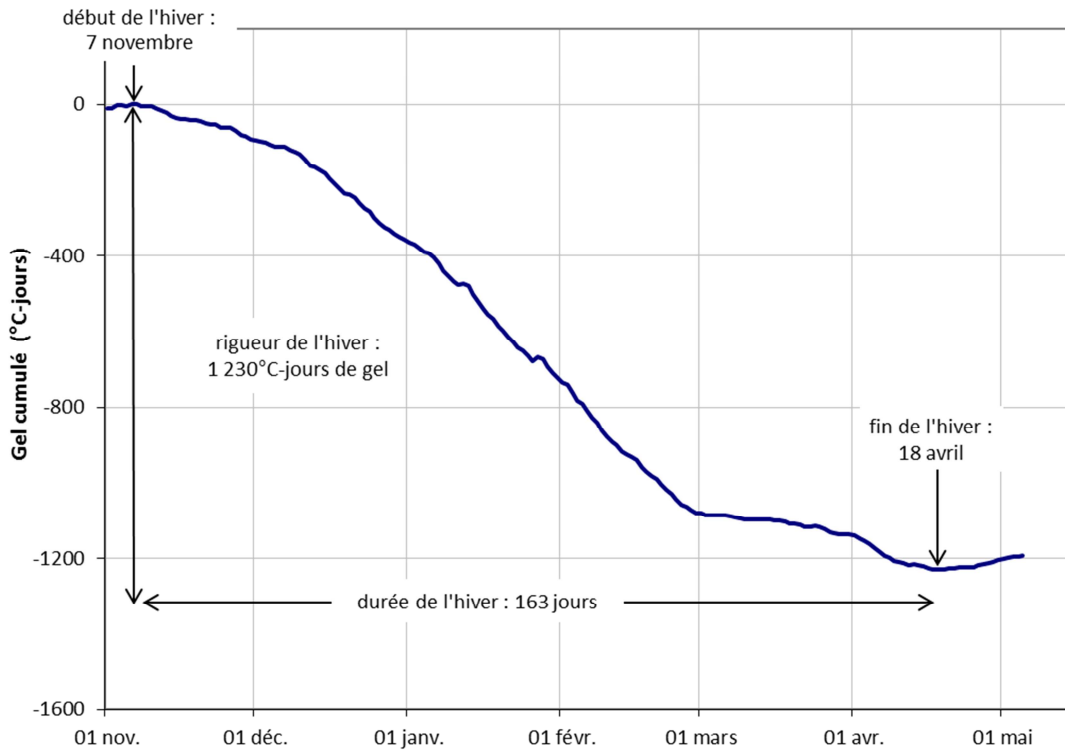


Figure 3 : Gel cumulé de l'hiver 2017-2018

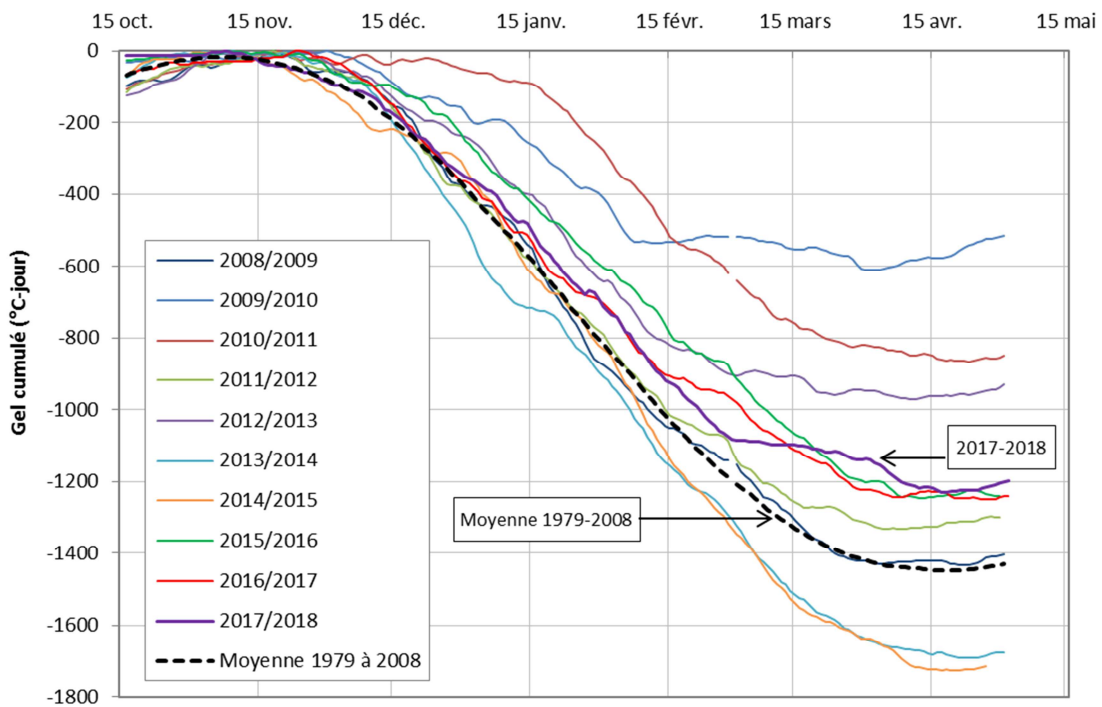


Figure 4 : Gel cumulé à Havre-St-Pierre depuis 2008

La température de l'eau sortant du réservoir de la Romaine 2 est affectée tout au long de l'hiver par la stratification qui s'y établit à partir de l'automne. Dans le réservoir, l'eau atteint le point de congélation en surface, mais elle est de plus en plus chaude à mesure que la profondeur augmente, de sorte que l'eau turbinée à la centrale et restituée en rivière dépasse le point de congélation pendant toute la durée de l'hiver. L'eau se refroidit en s'écoulant vers l'aval, mais elle demeure au-dessus du point de congélation lorsqu'elle atteint la limite amont du réservoir de la Romaine 1. Elle sort de la centrale de la Romaine-1 au-dessus du point de congélation et se refroidit à nouveau en coulant vers l'aval. Dépendamment des températures de l'air, durant les mois de janvier et la première moitié de février, l'eau atteint le point de congélation entre les PK 16 à 34 et cette position se déplace vers l'aval à mesure que le temps se réchauffe. Dès la mi-février, la température de l'eau dépasse de façon occasionnelle le point de congélation au PK 16. De telles hausses surviennent lorsque la température extérieure est plus clémente ou lorsque le débit de la centrale de la Romaine-1 est augmenté. Les figures 5 à 9 illustrent la température de l'eau à chacun des points de mesure sur le cours aval de la rivière Romaine et la température de l'air mesurée à Havre-St-Pierre.

La température de l'eau turbinée à la centrale de la Romaine-2 dépassait 4°C au début du mois de décembre, puis a diminué jusqu'à 1,2°C, le 31 décembre. Par la suite, la température a oscillé à partir du 5 janvier et jusqu'au 3 mars autour de 1,5°C.

On ne dispose pas de mesures de la température de l'eau immédiatement à la sortie de la centrale de la Romaine-1, mais les données de la station située au PK 49 permettent de caractériser les températures de l'eau à l'aval de la centrale pour décrire l'évolution des températures de l'eau d'amont en aval (sauf pour la période du 5 au 22 janvier pendant laquelle la station ROMA0983 a été défectueuse).

En décembre, la température moyenne journalière de l'eau enregistrée au PK 49 a diminué progressivement de 3,2 à 0,7°C, ce qui reflète à la fois le refroidissement de l'eau issue de la centrale de la Romaine-2 et la diminution de la température de l'air entre le début et la fin du mois de décembre. Pendant les mois de janvier et février, la température enregistrée n'a jamais atteint le point de congélation et a varié entre 0,3 et 1,3°C. Elle se situe entre 0,5 et 0,9°C 80% du temps. Les températures les plus chaudes surviennent par temps doux ou lorsque le débit turbiné à Romaine-1 est plus élevé (voir section suivante) parce que l'eau se refroidit moins sur le parcours depuis la

centrale de la Romaine-2. Les températures de l'eau augmentent globalement à partir de début mars et durant le jour, l'eau se réchauffe en coulant vers l'aval.

Les variations de température de l'eau observées au PK 46 sont très proches de celles observées au PK 49, avec une diminution progressive de 3,2 à 0,7°C en décembre, puis une évolution entre 0 et 1,3°C en janvier et février. Elle se situe entre 0,3 et 0,9°C 80% du temps. Le point de congélation est atteint très brièvement le 13 janvier pendant une heure à la station du PK 46.⁴

Au PK 34, en décembre, la température moyenne journalière de l'eau a diminué progressivement de 3,2 à 0,3°C, ce qui reflète en partie le refroidissement de l'eau issue de la centrale de la Romaine-2 et celui qui se produit depuis la sortie de la centrale de la Romaine-1. En janvier et février, la température se situe 80% du temps entre 0 et 0,6°C et atteint le point de congélation 30% du temps. Tout comme plus en amont sur la rivière, les températures les plus chaudes surviennent par temps doux, mais elle est aussi influencée par le débit (voir la section 4.2). À partir de mars, l'eau se réchauffe en coulant vers l'aval. Plus de 80% du temps, la température varie entre 1 et 1,9°C.

Au PK 16, au début de décembre, la température moyenne journalière enregistrée est au-dessus de 2,0°C, puis l'eau atteint le point de congélation vers la mi-décembre. La station ROMA0692 est ensuite défectueuse jusqu'à la mi-février. À partir du 2 mars, l'eau commence à se réchauffer et la température dépasse le point de congélation en tout temps. La station est de nouveau défectueuse à partir du 5 mars, date qui correspond au départ des glaces à cet endroit de la rivière.

L'eau parvient à l'embouchure, aux environs du PK 4, à une température moyenne de 2,3°C, le 2 décembre. Elle atteint le point de congélation le 11 décembre et y reste jusqu'au 7 mars. Après ce moment, l'eau se réchauffe rapidement du fait des ouvertures dans la couverture de glace à l'amont, et atteint 1,4°C le 13 mars puis 2,3°C le 27 mars.

⁴ Le 13 janvier, la station ROMA0983 au PK 49 était défectueuse.

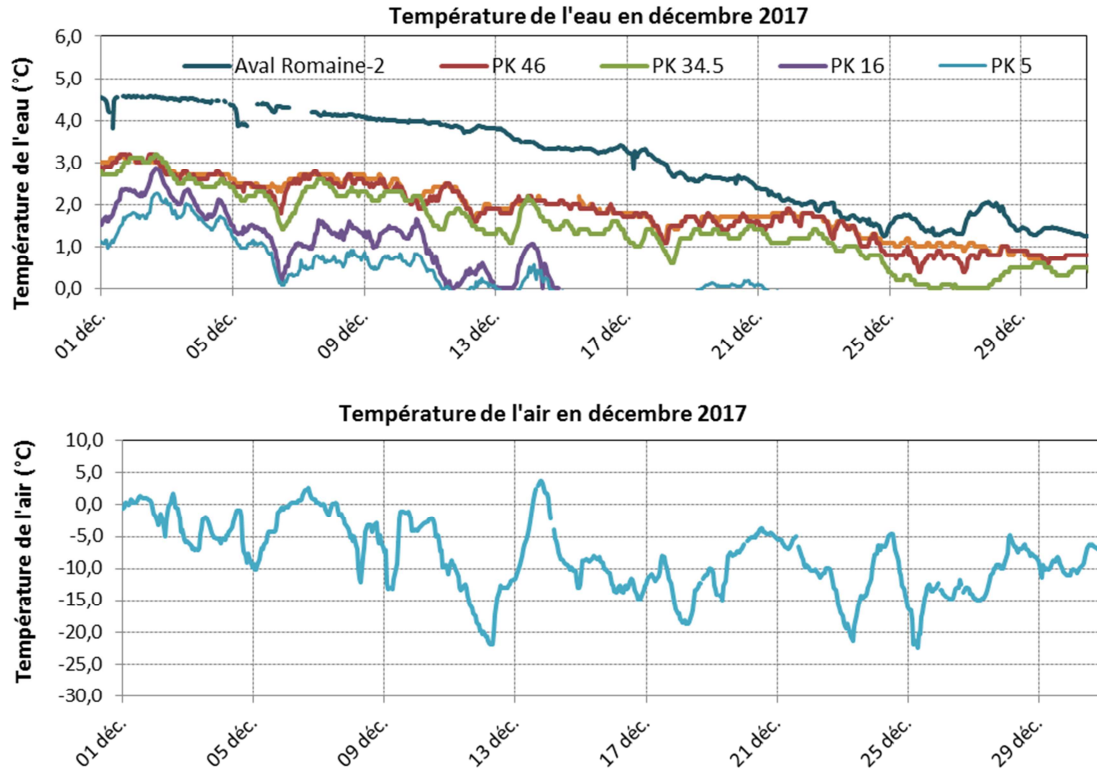


Figure 5 : Température de l'air et de l'eau à cadence horaire en décembre 2017

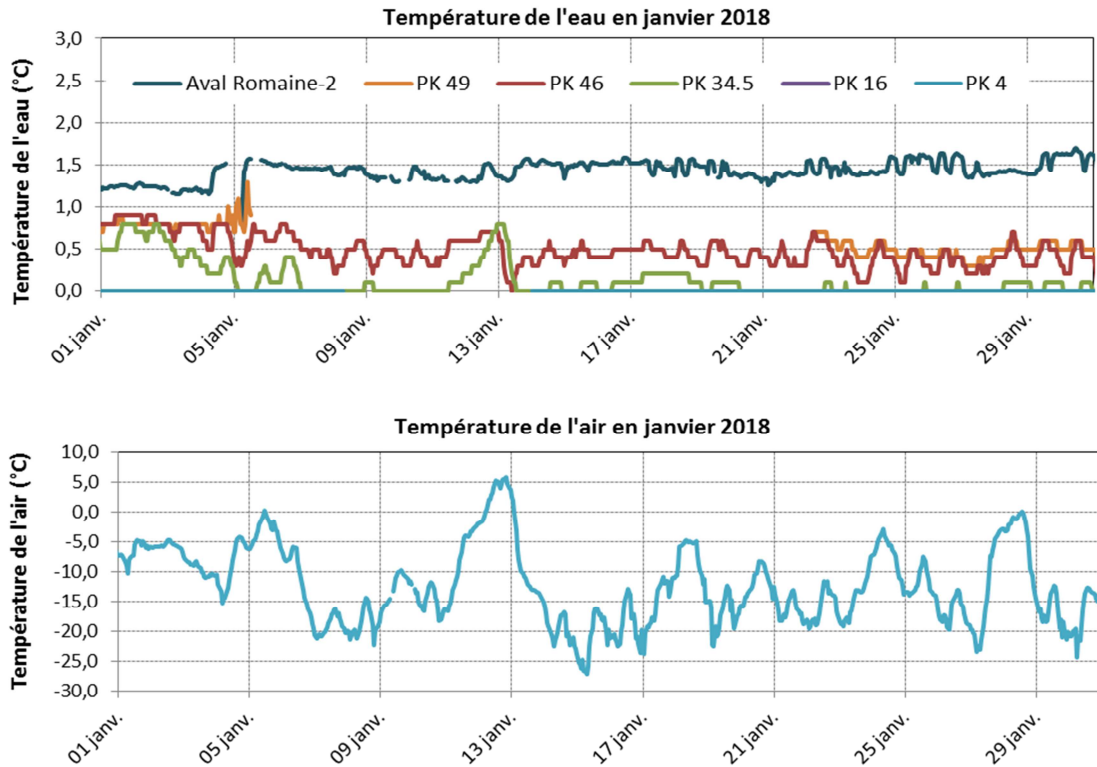


Figure 6 : Température de l'air et de l'eau à cadence horaire en janvier 2018

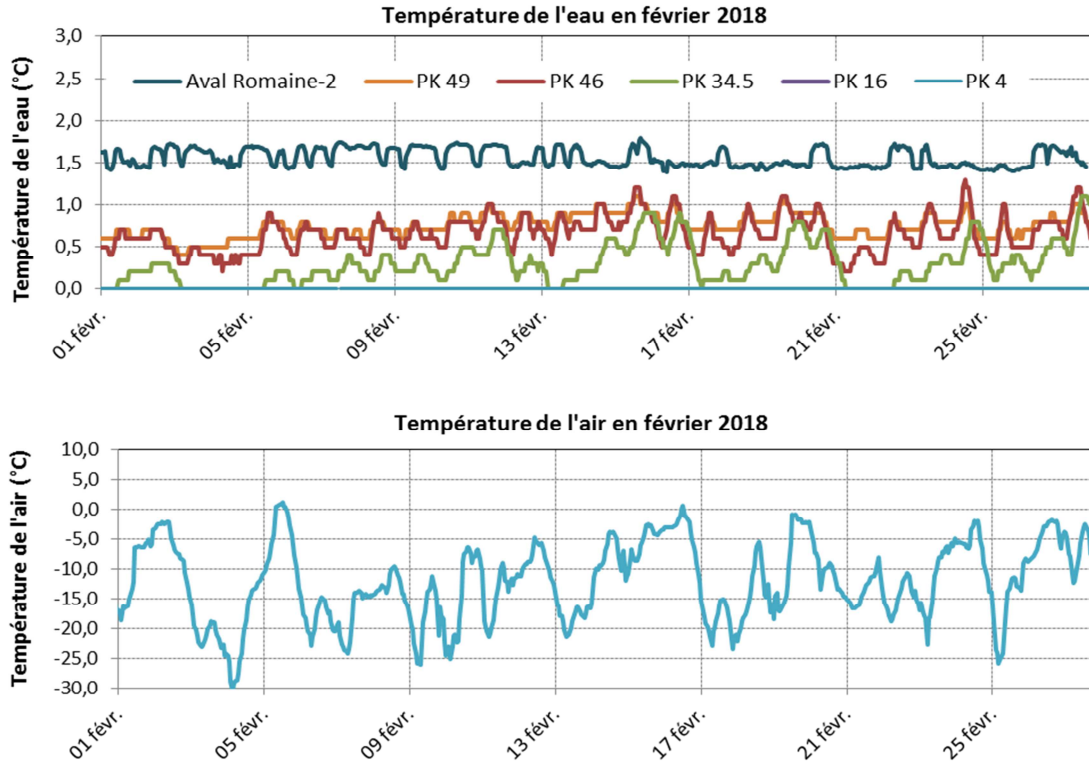


Figure 7 : Température de l'air et de l'eau à cadence horaire en février 2018

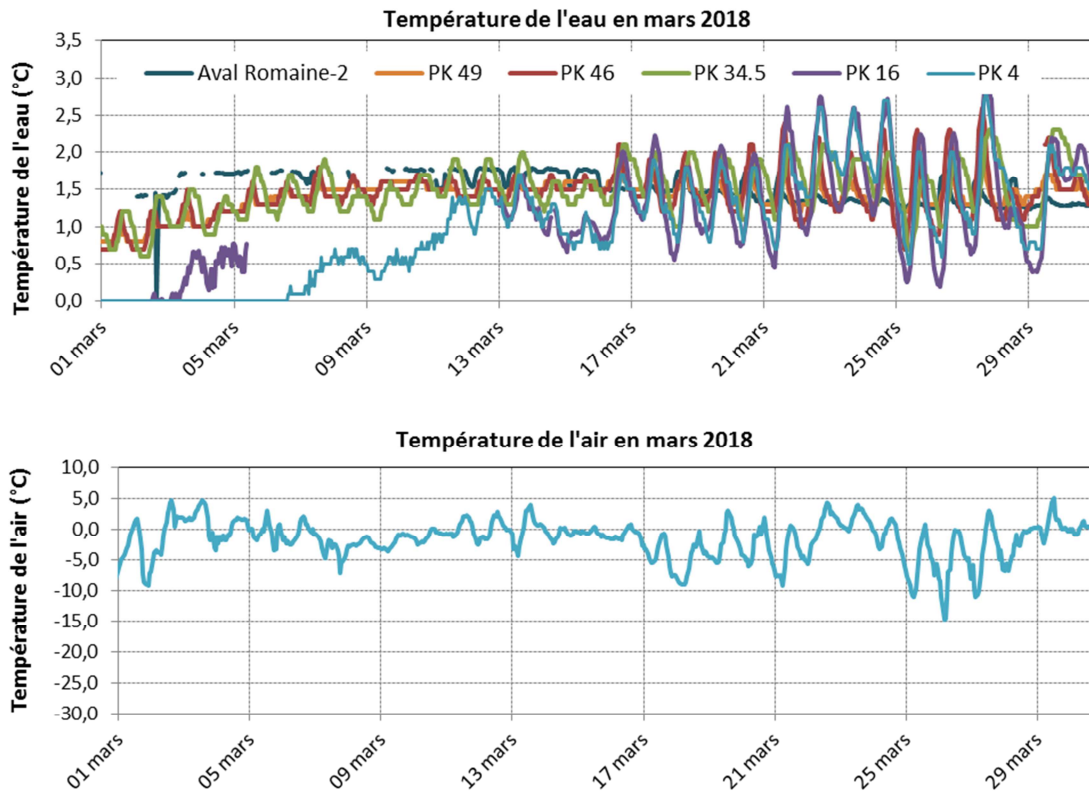


Figure 8 : Température de l'air et de l'eau à cadence horaire en mars 2018

4.2. Débits et niveaux pendant la période hivernale

La figure 9 montre les débits horaires mesurés à différents emplacements en aval de l'aménagement de la Romaine-1. La figure 10 présente les niveaux horaires enregistrés au cours de l'hiver 2017-2018 aux principaux points de mesure en aval de la Romaine-1. Entre le début de janvier et le début du mois mars, les variations de niveaux observés aux principaux points de mesure sur la rivière dépendent du débit, mais également de l'étendue, de l'épaisseur et de la rugosité de la glace. En décembre et en mars/avril, l'étendue de la couverture de glace n'est pas suffisamment importante pour affecter le niveau d'eau.

Durant l'hiver 2017-2018, la centrale de la Romaine-1 a été exploitée selon les différentes modalités d'exploitation applicables à l'aval de la centrale, quoique les variations de débits turbinés en hiver aient été parfois plus grandes qu'anticipées à l'étude d'impact. L'exploitation du Complexe de la Romaine doit tenir compte des conditions d'hydraulicité, des apports naturels, de la demande énergétique et de la gestion des niveaux d'eau des réservoirs. Même si la fréquence des variations correspond à celle annoncée à l'étude d'impact, leur amplitude est plus importante. Le débit turbiné a parfois augmenté de 150 à 500 m³/s – ou l'inverse – dans la même journée, ce qui a provoqué des variations de niveau d'eau de l'ordre de 1,7 m à l'aval immédiat de la centrale de la Romaine-1 (figure 10). Afin de conserver une réserve pour les périodes de forte demande, le débit était maintenu proche de 150 m³/s durant les périodes où la demande était moins forte. Pendant de courts moments durant l'hiver, le débit a atteint ou dépassé 520 m³/s. Au PK 51, le niveau prend environ 4 heures à se stabiliser après une hausse du débit turbiné à la centrale de la Romaine-1, résultant du démarrage du second groupe et de l'augmentation de la puissance. Elle s'étale sur 8 heures au PK 46, sur 14 heures au PK 34, sur 22 heures au PK 16 et sur une période de 28 à 30 heures au PK 1.

Le niveau d'eau au PK 1 est monté au-dessus de 4,5 m à plusieurs reprises au cours de l'hiver, à la suite des pointes de débit turbiné au-dessus de 520 m³/s à la centrale de la Romaine-1, et la plus forte hausse est survenue à deux reprises entre les 10 et 15 décembre et de nouveau entre les 12 et 17 janvier, avec le niveau au PK 1 qui est passé de 3,5 m à 4,7 m. Le débit à l'embouchure était alors de l'ordre de 560 m³/s.

Le retrait d'un groupe turbine-alternateur à la centrale de la Romaine-1 a été effectué le 19 mars. Le niveau a donc diminué graduellement jusqu'à 3,1 m le 23 mars à l'embouchure (PK 1).

Les variations rapides du niveau d'eau ont fait apparaître des accumulations d'eau sur la glace de rive. Ces accumulations finissent par geler ou se drainer sous la couverture de glace après un certain temps. Ce phénomène a toutefois été moins souvent observé que lors de l'hiver précédent.

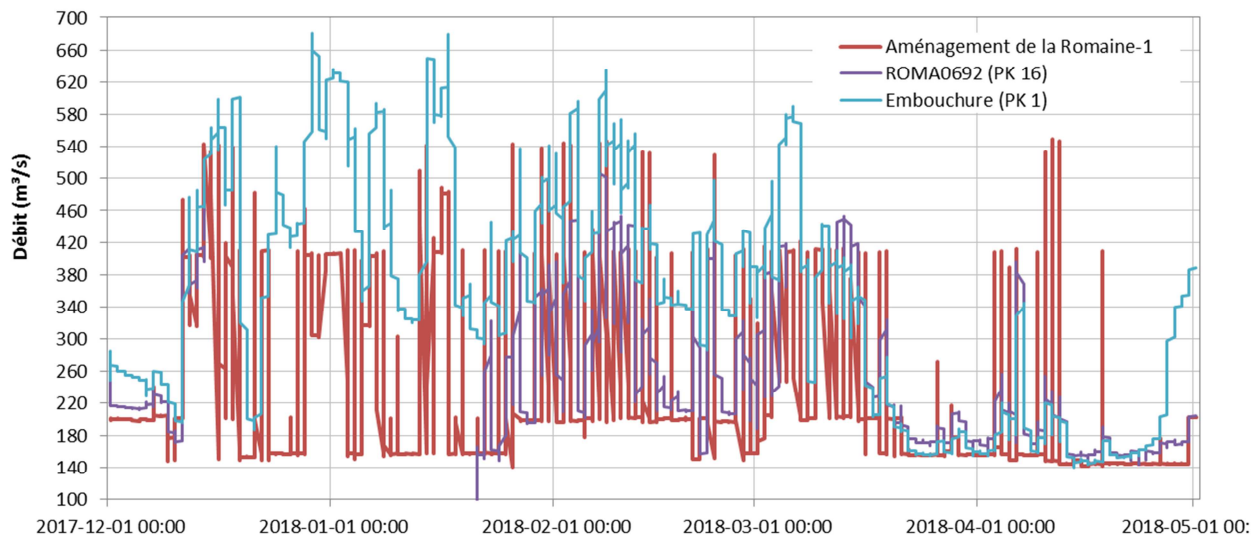


Figure 9 : Débits horaires mesurés à la centrale de la Romaine-1 et sur le cours aval

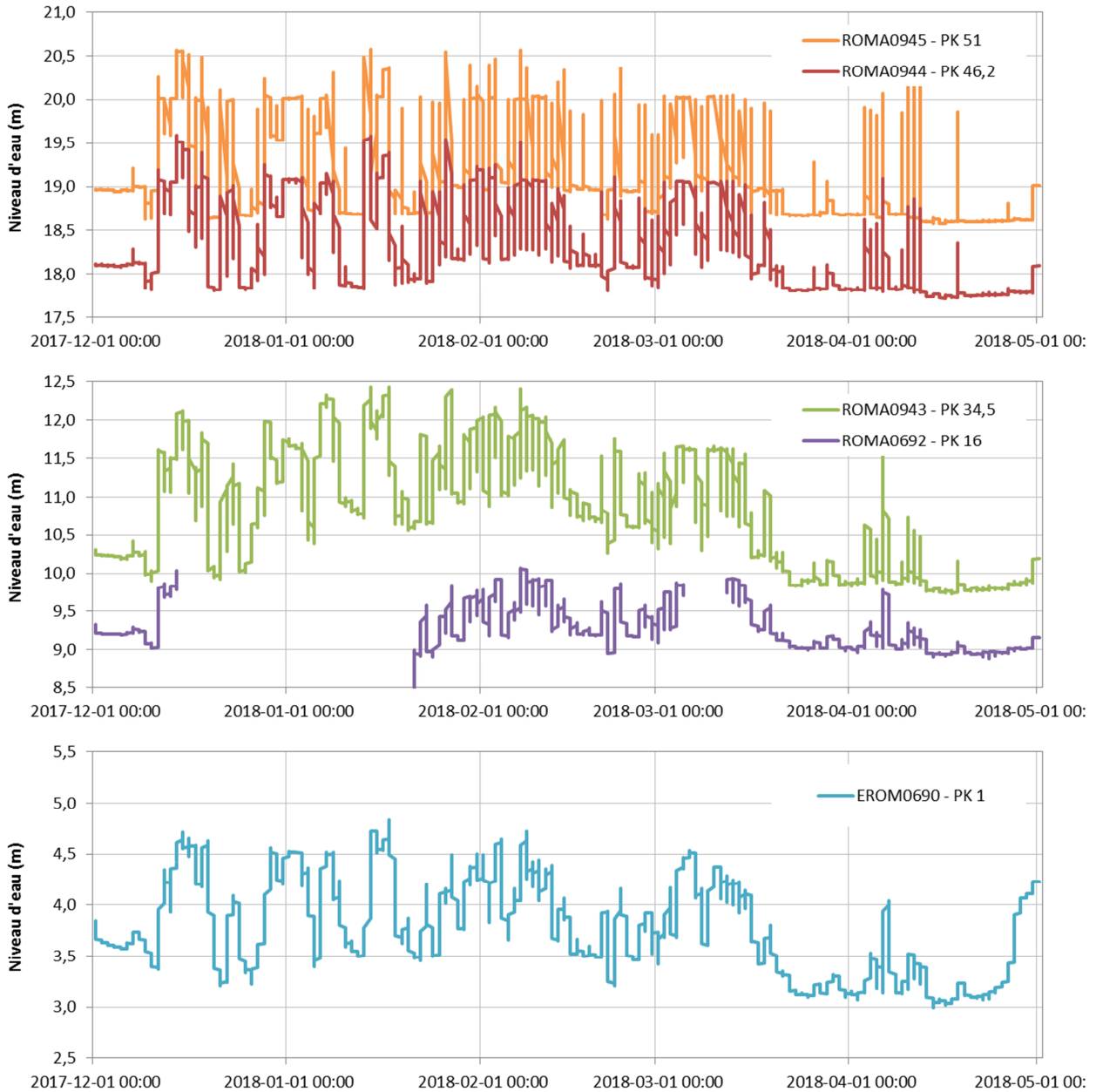


Figure 10 : Niveaux horaires mesurés à différents emplacements en aval du PK 51

4.3. Observations visuelles

4.3.1. Description générale de la rivière

Le tableau 2 résume les principales observations concernant l'étendue de la couverture de glace sur l'ensemble de la rivière Romaine, à différents moments pendant l'hiver. Les sous-sections suivantes décrivent plus en détails les observations à partir des survols, des appareils photos et des images satellites.

Tableau 2 : Emprises de la couverture de glace au moment des différents survols

Tronçons de rivière (points kilométriques)	Glace totalement absente	Glace de rive seulement *	Couverture de glace présente, mais d'aspect mince et comportant plusieurs éclaircies	Couverture de glace complète d'une rive à l'autre à l'exception des rapides
Survol du 19 janvier	PK 51 à 48	PK 48 à 30	PK 3 à 1	PK 30 à 3
Survol du 15 février	PK 51 à 43	PK 43 à 29	PK 29 à 16 PK 3 à 1	PK 15 à 3
Survol du 20 mars	PK 51 à 0	-	-	-

* Pour tous les survols, la bande de glace de rive est de plus en plus étroite à la limite amont du tronçon désigné.

Décembre

L'image satellite du 18 décembre 2017 (voir en annexe A) montre que la rivière reste libre de glace sur l'ensemble du tronçon en aval de l'aménagement de la Romaine-1. La présence de glace n'est détectée que dans le secteur en amont immédiat du pont de la route 138. De la glace de rive apparaît de façon occasionnelle le long du tronçon lors des journées les plus froides et lorsque le débit de la centrale correspond au débit réservé, mais elle disparaît rapidement lorsque le débit de la centrale est augmenté.

En décembre, la portion de la rivière en amont du PK 30 reste libre de glace jusqu'à la centrale. Une glace fine (mince), lisse et peu étendue apparaît de façon occasionnelle près des rives lorsque le débit de la centrale correspond au débit réservé, mais elle disparaît rapidement lorsque le débit de la centrale est augmenté. Aux trois sites d'observation (PK 34, PK 46 et PK 49), le centre de la rivière demeure dégagé de glace

en tout temps. Si une hausse de débit survient après la formation de glace de rive, la couverture est alors morcelée avec la hausse du niveau d'eau, et une dérive de plaques de glace peut être observée.

La situation est différente dans le secteur de l'embouchure, au PK 2,4 où la caméra est installée, parce que l'eau est plus froide que dans la portion amont de la rivière et les vitesses de l'écoulement plus faibles, ce qui favorise la prise des glaces. La glace a commencé à apparaître sur la rive gauche vers le 11 décembre et a évolué rapidement durant les heures qui ont suivi. Cette date correspond au moment où la température de l'eau a atteint le point de congélation. Le matin, la glace est présente près de la rive et le centre est couvert de frasil (photo 2). La densité de frasil à la dérive augmente durant l'avant midi, puis, en après-midi, celui-ci est remplacé par de grandes plaques minces qui s'immobilisent. Leur emprise s'étend vers la rive droite en après-midi. Le lendemain matin, les plaques ont épaissi et la couverture de glace est presque complète d'une rive à l'autre, à l'exception d'un mince chenal à environ 80 m de la rive droite (photo 3). Dans les jours qui suivent, la largeur de l'éclaircie présente près de la rive droite évolue en fonction du débit turbiné, mais l'éclaircie ne parvient jamais à se fermer. D'autres éclaircies se forment momentanément près de la rive gauche, mais à partir du 19 décembre, celles-ci sont recouvertes de glace en tout temps. Jusqu'à début janvier, l'éclaircie près de la rive droite devient de plus en plus étroite, et sa limite amont se déplace vers l'aval (photo 4).



Photo 2 : Glace de rive et frasil au PK 2,4 le 11 décembre 2018 à 9h



Photo 3 : Couverture de glace presque complète au PK 2,4, d'apparence mince, le 12 décembre 2018 à midi



Photo 4 : Éclaircie en rive droite qui reste présente au PK 2,4 le 31 décembre 2018 à 11h

Janvier et février (cœur de l'hiver)

L'image satellite du 10 janvier 2018 (présentée en annexe A) ne couvre que le tronçon entre l'embouchure et le PK 10. À ce moment, la glace est présente entre le PK 1,5 et le PK 10, alors qu'une éclaircie est visible entre le PK 0 et le PK 1,5 et dans le secteur du pont de la route 138.

Les images satellites du 19 et 28 janvier 2018 (présentées en annexe A) confirment que la couverture de glace est presque complète sur toute la largeur de la rivière entre les PK 2,5 et 30. De la glace mince et percée est présente entre les PK 30 et 36.

Un survol photographique a été réalisé le 19 janvier 2018. Pendant le survol, le débit à la centrale de la Romaine-1 a varié de 157 m³/s à 410 m³/s, et la température de l'air enregistrée à l'aéroport de Havre-St-Pierre de -14°C à -19°C. Les photos 5 à 8 présentent quelques observations singulières.

Au moment du survol, l'éclaircie généralement présente à l'embouchure est beaucoup plus large et étendue vers l'amont que celle qui a été observée les hivers précédents.

Visuellement, moins de 500 m la sépare de l'éclaircie sous le pont de la route 138. Par ailleurs, de l'eau s'écoule par le bras secondaire de la zone de l'embouchure, ce qui n'était pas observé les années précédentes (photo 5).

L'éclaircie sous la travée droite du pont de la route 138 s'étend davantage vers l'amont et elle communique presque avec l'éclaircie sous la travée gauche. Une seconde éclaircie est présente près de la rive gauche, à environ 200 m en amont de l'axe du sentier provincial (photo 6). Cette situation avait été observée en conditions naturelles durant l'hiver 2009-2010 particulièrement doux (rigueur de l'hiver de 610 degrés-jours de gel), et l'éclaircie avait été présente tout l'hiver, empêchant l'ouverture du sentier de motoneige.

En amont du sentier provincial jusqu'à la centrale, les conditions s'apparentent davantage à celles qui ont été observées les hivers précédents. La couverture est majoritairement présente jusqu'au PK 30, à l'exception des sites des rapides (PK 0 à 1, PK 2, PK 16) comme en conditions naturelles. Des éclaircies dues aux vitesses d'écoulement plus rapides sont présentes à quelques endroits comme les PK 5, PK 14, PK 18 et PK 24, mais paraissent plus étendues que les hivers précédents.

La couverture de glace est majoritairement absente en amont du PK 30, mais de la glace de rive est observée jusqu'au PK 48 (photo 8). La bande près de la rive est de plus en plus étroite vers l'amont. La glace de rive est totalement absente sur la portion amont de la rivière, notamment au PK 51.

Plusieurs zones avec des traces d'eau ont été observées (photo 7). Ces traces résultent de résurgences d'eau par des microfissures dans la couverture de glace après une variation rapide du niveau d'eau. Typiquement, l'eau gèle ou pénètre à nouveau sous la couverture après une durée d'un ou deux jours.



Photo 5 : Éclaircie dans la zone de l'embouchure et écoulement dans le bras secondaire, le 19 janvier 2018



Photo 6 : Éclaircie plus étendue que les hivers précédents dans le secteur de la route 138, 19 janvier 2018



Photo 7 : Éclaircies et marques laissées par les résurgences au PK 18, le 19 janvier 2018



Photo 8 : Glace majoritairement absente au centre de la rivière et dérive de frasil au PK 33, le 19 janvier 2018

Le survol photographique du 15 février a été réalisé sous des températures plutôt clémentes (entre -5°C et $-2,5^{\circ}\text{C}$). Le débit à la centrale Romaine-1 était de $196 \text{ m}^3/\text{s}$, constant depuis la veille 16h.

L'éclaircie observée en janvier entre l'embouchure et le PK 2 s'est partiellement refermée. Il reste une ouverture dans la couverture de glace entre les PK 1 et 2 (photo 9). De même, l'étendue de l'éclaircie sous le pont de la route 138 qui s'étend en amont vers le sentier provincial de motoneige est moindre qu'en janvier. En particulier, l'éclaircie sous la travée droite du pont s'étend moins en amont. La glace de rive droite a toutefois disparu.

En amont du sentier provincial jusqu'au PK 15 la couverture de glace est complète. Seules quelques traces d'eau principalement en bordure des rives ont été observées, notamment au PK 5 (rive droite), au PK 9 (photo 10), à l'embouchure de la rivière Puyjalon au PK 13 (rive droite), ou encore au PK 14 (rive droite). Plusieurs éclaircies ont été observées aux PK 16,5 et 17 en amont de la chute de l'Église (photo 11).

Les traces d'eau sur la couverture et/ou les signes de dégradation de la couverture de glace sont de plus en plus présents ensuite entre le PK 17 et le PK 28 (photo 12). Une éclaircie a été observée au PK 28, et la glace est majoritairement absente au centre de la rivière en amont du PK 30 (photo 13). De la glace de rive est encore présente en amont jusqu'au PK 43 environ, mais totalement absente sur la portion amont de la rivière.

Une accumulation de plaques de glace est présente en amont du PK 36 (photo 14). Ces plaques proviennent vraisemblablement de la glace de rive qui se décroche au gré des variations de niveau et débit dans la rivière en lien avec le patron d'exploitation de la centrale Romaine-1. Le rétrécissement de la section de rivière au PK 36 favorise une accumulation de ces plaques dérivantes.

Les frayères à saumon aménagées des PK 51 et 49 sont libres de glace. Une couverture très fine de glace de rive est observée partiellement aux PK 46 et 34,5, au droit des frayères naturelles.



Photo 9 : Éclaircie entre les PK 1 et 2, le 15 février 2018

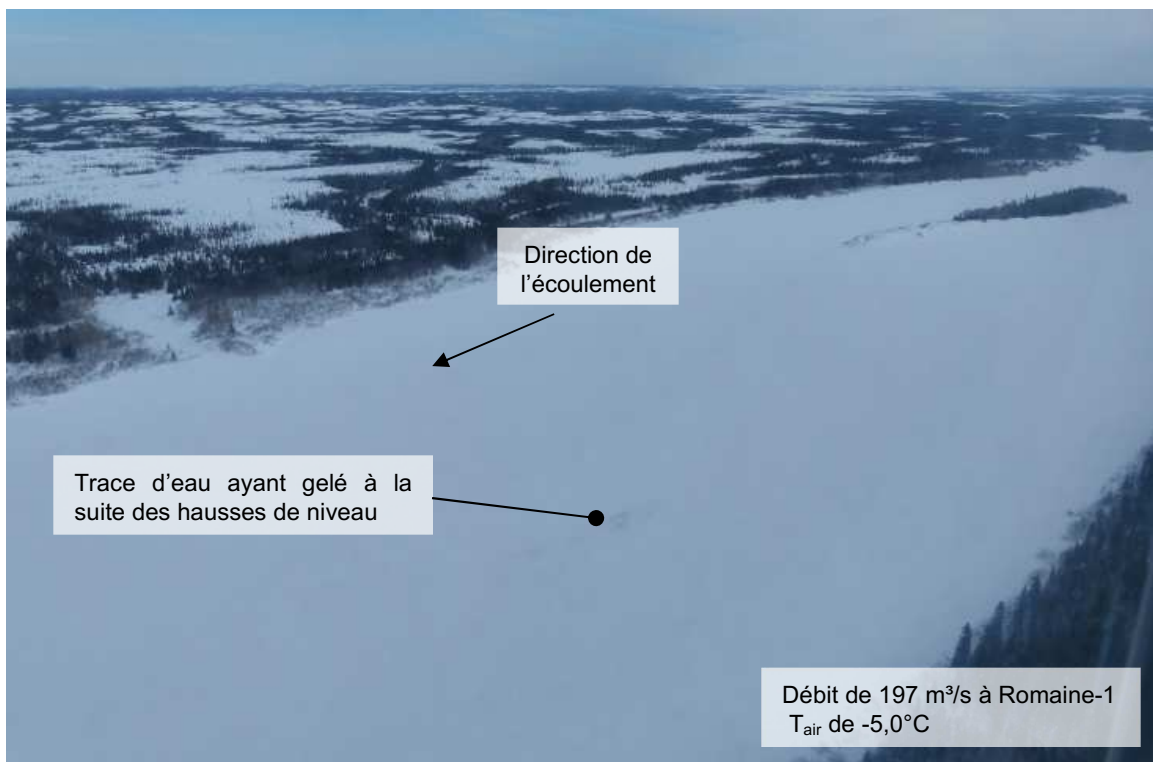


Photo 10 : Traces témoignant de l'apparition d'eau sur la couverture de glace au moment des hausses du niveau au PK 9, le 15 février 2018

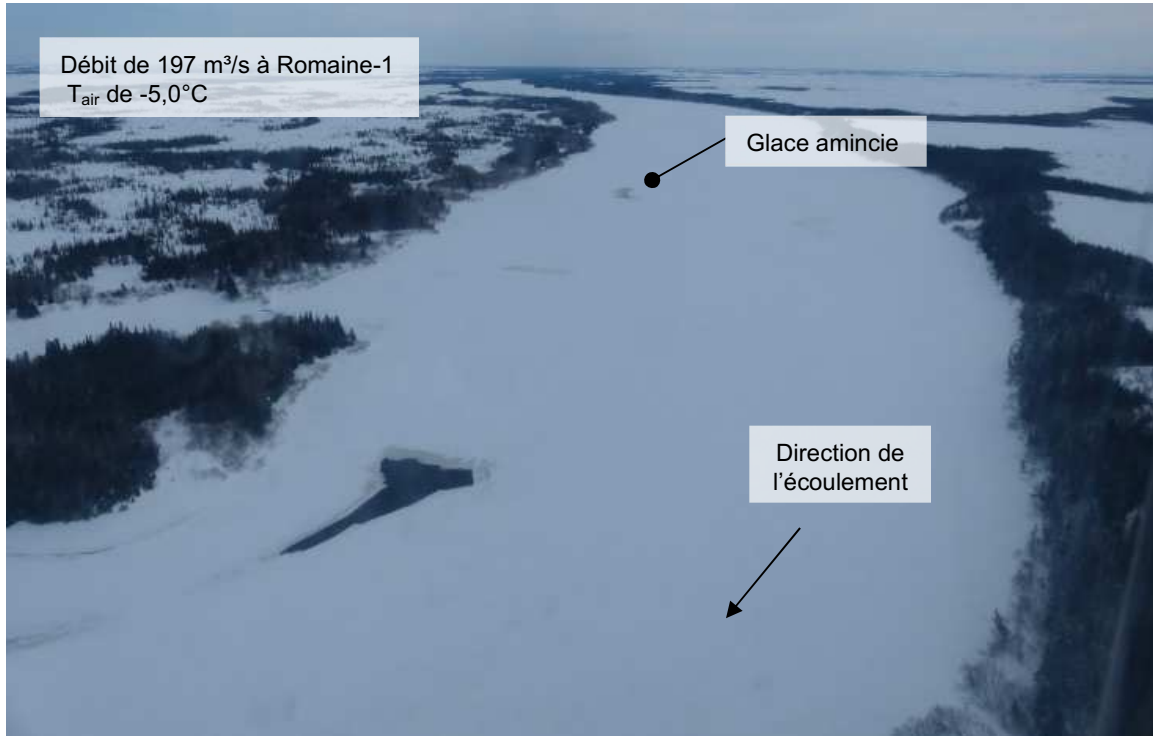


Photo 11 : Éclaircies en amont de la Chute à l'Église, 15 février 2018

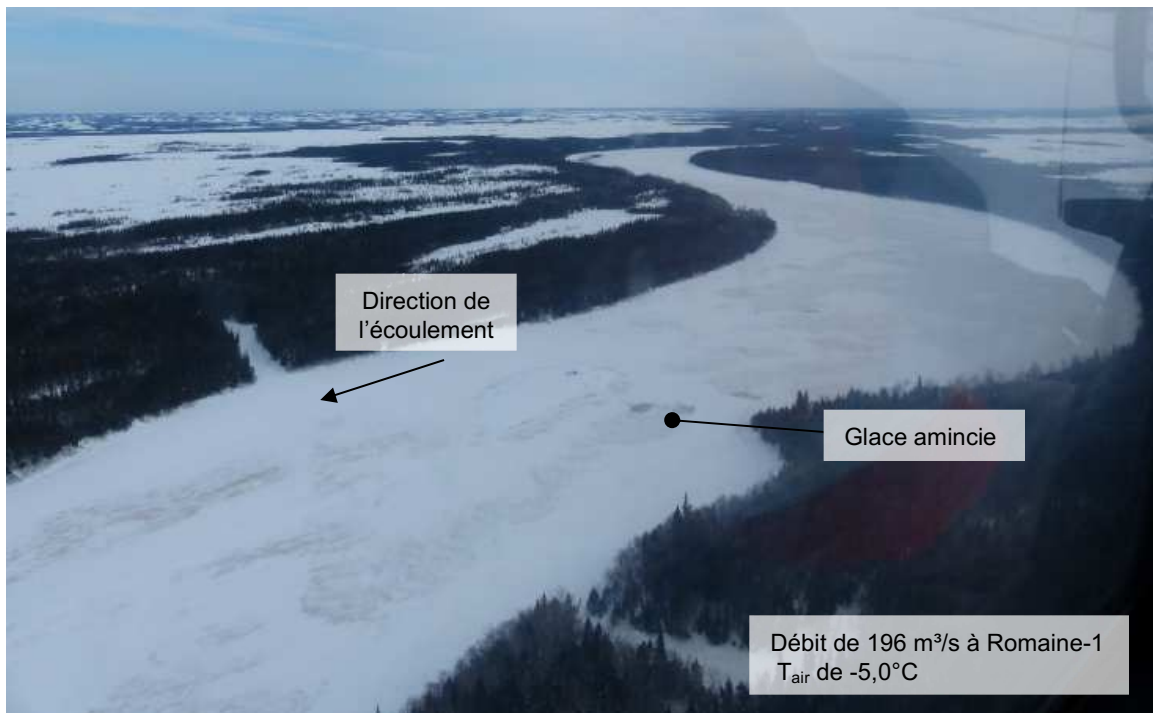


Photo 12 : Couverture mince et percée, avec signes de dégradation entre les PK 20 et 28, 15 février 2018

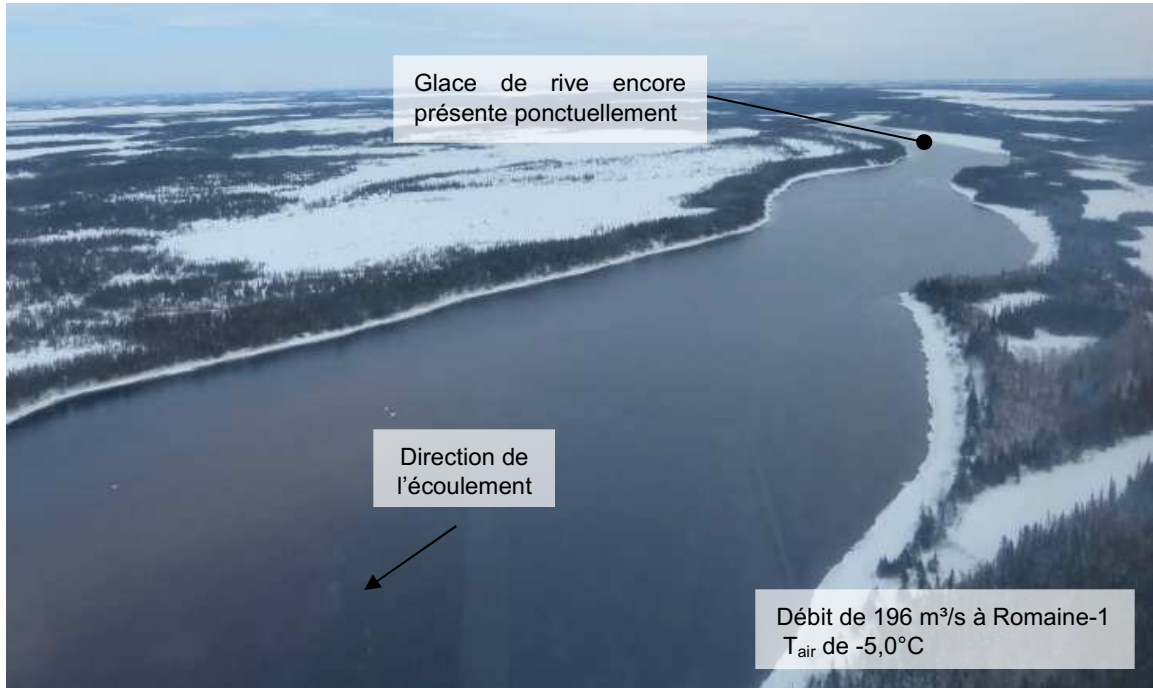


Photo 13 : Rivière dégagée en amont du PK 30, 15 février 2018



Photo 14 : Accumulation de plaques de glace au PK 36,5, 15 février 2018

L'image satellite du 20 février 2018 (présentée en annexe A) montre que l'éclaircie observée au PK 28 lors du survol du 15 février a progressé jusqu'au PK 26 environ. Des signes de dégradation de la couverture de glace sont également visibles en aval de ce point jusqu'au PK 22.

L'image satellite du 28 février 2018 (présentée en annexe A) montre que l'éclaircie a progressé jusqu'au PK 22 à cette date.

Le 23 février, des traces de détérioration de la couverture de glace apparaissent dans le secteur du PK 2,4 (photo 15). Ces traces sont de nouveau recouvertes de neige le lendemain, mais réapparaissent une dizaine de jours plus tard avec le réchauffement de la température de l'eau.

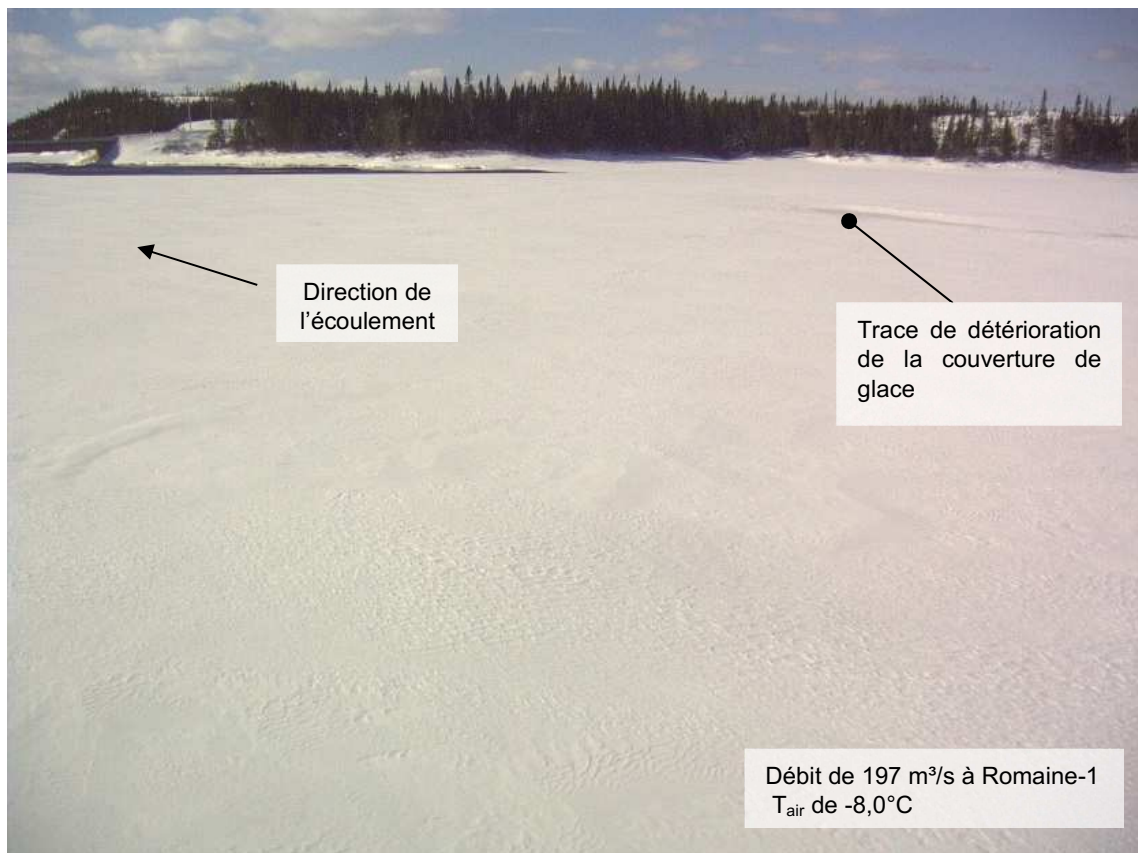


Photo 15 : Apparition d'une trace de détérioration de la couverture de glace au PK 2,4, le 23 février 2018 à 13h

Mars

Le réchauffement de la température de l'eau dès la dernière semaine de février fait évoluer rapidement la couverture de glace, aux endroits où elle était encore présente.

Dès le 7 mars, des ouvertures sont observées dans la couverture de glace dans le secteur du PK 2,4 (photos 16 et 17), et cette dernière disparaît quasiment complètement le 13 mars.

Le survol du 20 mars a permis de confirmer l'absence de glace sur l'ensemble du tronçon de la rivière Romaine entre le PK 51 et l'embouchure (photo 18). On note que la couverture de glace était toutefois encore présente à cette date sur les affluents (rivière Puyjalon et rivière Aisley). Par ailleurs, la photo satellite du 16 avril 2018 confirme que la couverture de glace est encore présente à cette date sur les rivières Lechasseur et Mingan (voir photo en annexe A).

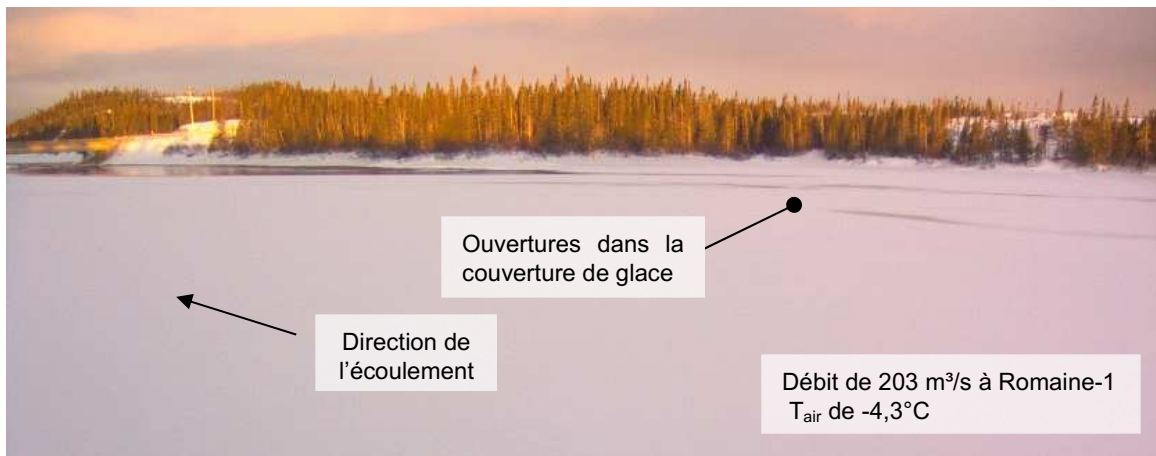


Photo 16 : Dégradation de la couverture de glace dans le prolongement de l'éclaircie en rive droite au PK 2,4, le 7 mars 2018 à 6h



Photo 17 : Rivière complètement dégagée en son centre au PK 2,4, le 10 mars 2018 à 12h



Photo 18 : Centre de la rivière à l'eau libre au PK 9, le 20 mars 2018

Ces observations ne concordent pas toujours parfaitement avec les prévisions de l'étude d'impact. Comme cela était prévu, la rivière est toujours libre de glace entre les PK 51 et 45. Toutefois, la glace est moins présente entre les PK 30 et 45. Le débit maximum turbiné est plus élevé et il revient plus souvent, ce qui maintient des températures de l'eau plus élevée et favorise l'érosion thermique de la couverture de glace dans les premiers kilomètres de ce tronçon. Les variations de débit de plus grande amplitude qui se répercutent sur les variations de niveau d'eau favorisent le décrochement de la glace de rive.

4.3.2. Conditions particulière des frayères

Un appareil photographique placé en rive devant les frayères naturelles des PK 34 et 46 et devant la frayère aménagée du PK 49 permet de suivre en tout temps l'évolution de la couverture de glace en fonction de la température de l'eau et de l'air. Une attention particulière a également été apportée à l'emprise et l'état de la glace au moment des trois survols photographiques réalisés au cours de l'hiver. L'épaisseur de la glace n'a pas pu être mesurée car elle n'apparaissait pas rencontrer les critères de sécurité permettant l'accès à pied.

Frayère et aire d'alevinage aménagées au PK 51

Les deux survols effectués au cœur de l'hiver soit le 19 janvier 2018 (photo 19), sous une température de l'air de -15°C à Havre-Saint-Pierre et le 15 février 2018 (photo 20), sous une température de -5°C n'ont permis de détecter de traces de glaces au PK 51, ni sur la rive, ni sur le fond. La température de l'eau se maintient au-dessus du point de congélation ($>0,5^{\circ}\text{C}$) tout l'hiver, et la turbulence de l'écoulement en provenance de la centrale de la Romaine-1 empêche toute stratification de la température de l'eau qui pourrait permettre la formation de glace en surface par temps très froid, quel que soit le débit turbiné. La glace était également absente au moment du survol du 20 mars 2018. Les photos prises lors des survols peuvent être comparées à celle prise à l'état naturel (photo 21) qui montre que la couverture était majoritairement présente à cet endroit, à l'exception d'une éclaircie près de la rive droite due aux vitesses de l'écoulement plus élevées.

On note qu'au moment de la prise de vue de la photo 19, le débit turbiné à la centrale de la Romaine-1 est de $156\text{ m}^3/\text{s}$ environ. Toutefois, environ une heure avant cela, un débit

de pointe de 410 m³/s était turbiné. Le niveau était donc toujours à la baisse mais pas encore stabilisé au PK 51 et plus en aval au moment du survol. Ceci explique que les roches qui émergent aux deux nouvelles frayères des PK 51 et 49 et qui étaient visibles en janvier et février 2017 ne le sont pas sur les photos 19 (Pk 51), 22 (PK 49) et 29 (PK 34) notamment.

À titre informatif, il convient de mentionner que le positionnement des nids de saumon inventoriés (automne 2015, 2016 et 2017) se situe généralement à une profondeur minimale entre 0,3 et 0,5 m sous le niveau de l'eau lorsque le débit est à 140 m³/s (WSP, 2016; WSP, 2017 et WSP, 2018).

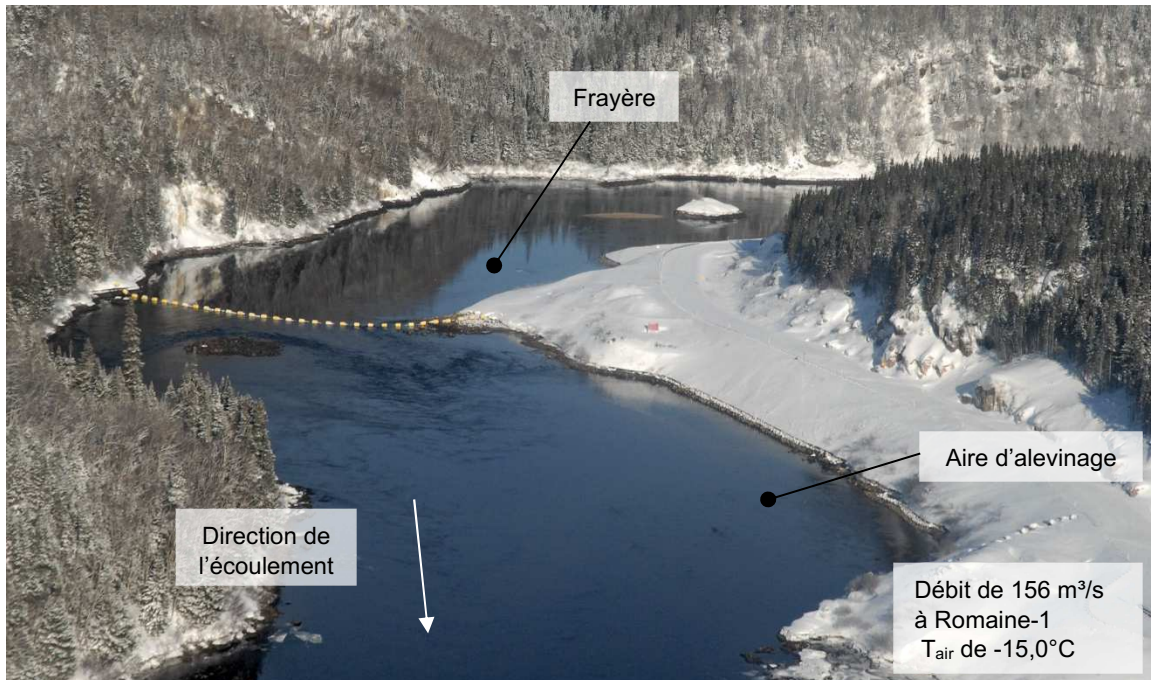


Photo 19 : Absence de glace sur la frayère et l'aire d'alevinage du PK 51, le 19 janvier 2018

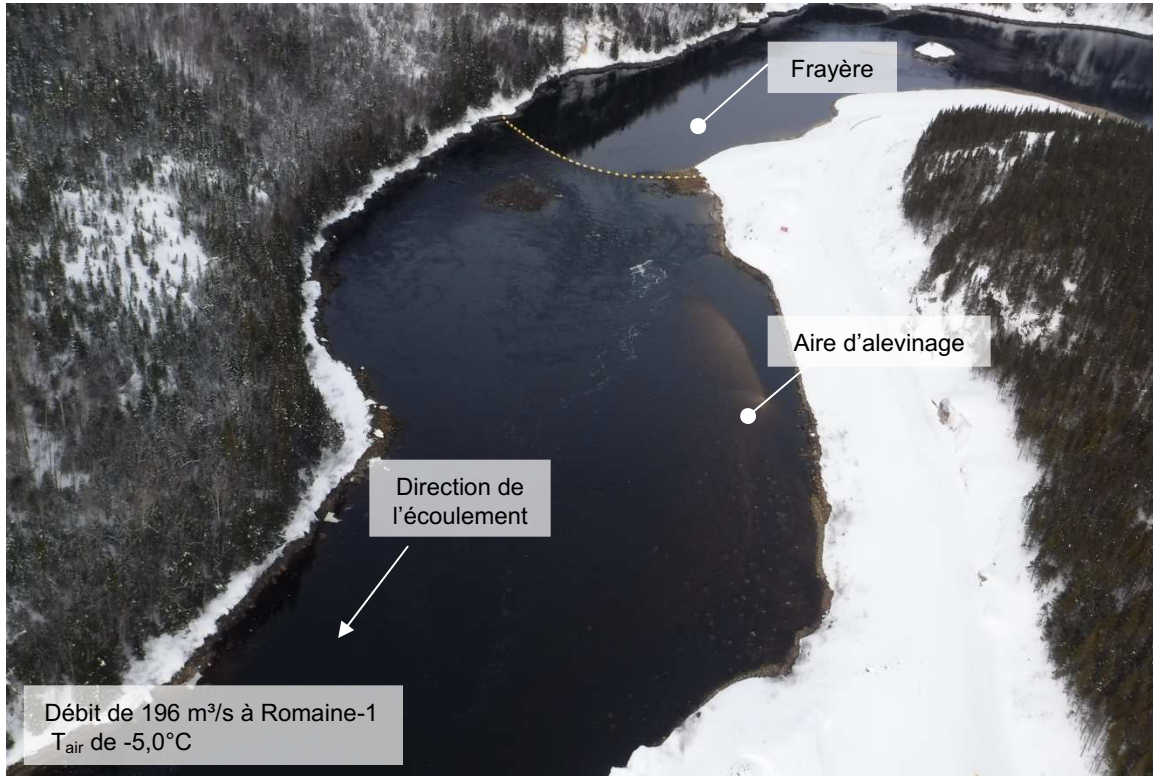


Photo 20 : Absence de glace sur la frayère et l'aire l'alevinage du PK 51, le 15 février 2018



Photo 21 : Présence de glace en conditions naturelles au PK 51 (07-02-2011)

Frayère et aires d'alevinage aménagées au PK 49

Les données de température de l'eau à la station ROMA0983 n'ont pas été disponibles du 5 au 22 janvier 2018. Toutefois, la température de l'eau enregistrée à la station ROMA0944 au PK 46 est très proche et suit la même tendance pour les périodes de données concomitantes. Ces données confirment ainsi que l'eau est plus chaude qu'aux stations plus en aval et, à l'exception de quelques journées ponctuelles en janvier (13 janvier et 31 janvier 2018), elle reste au-dessus du point de congélation pendant tout l'hiver.

Les planches 1 et 2 permettent de suivre la formation de la glace près de la rive durant les mois de décembre à février. La première trace de glace apparaît le 20 décembre, selon les photos prises au site, suite à une période de plus de 24 heures à un débit stable proche de 150 m³/s, mais elle reste confinée près de la rive dans la section des aires d'alevinage. Avant cette date, la combinaison d'un débit turbiné élevé à la centrale de la Romaine-1 et de températures de l'eau encore supérieures à 1,2°C ne permet pas d'atteindre les conditions favorables à la formation de glace. Toute trace de glace disparaît de nouveau le lendemain avec de nouvelles variations du débit turbiné à la centrale de la Romaine-1 qui se prolongent jusqu'au 23 décembre. Avec un débit maintenu à moins de 200 m³/s du 23 au 27 décembre et la chute de la température de l'air à moins de -20°C à plusieurs reprises pendant cette période, la glace de rive réapparaît le 25 décembre. Elle est recouverte de neige le lendemain, puis disparaît de nouveau le 27 décembre avec la hausse du débit turbiné.

Le 12 janvier, la glace de rive se forme de nouveau, notamment à l'extrémité sud de l'aire d'alevinage amont, et se maintient les jours suivants dans cette section malgré les hausses de débit turbiné. L'emprise devant l'appareil photo est maximale le 21 janvier, alors que l'emprise devant les aires d'alevinage est maximale le 4 février (planche 2).

Elle disparaît le 13 février alors que le débit turbiné à la centrale de la Romaine-1 dépasse 500 m³/s, et que les températures de l'air se réchauffent de -20°C à -10°C. Elle se reforme le lendemain et se maintient jusqu'au 26 février. Pendant cette période, l'emprise de la glace de rive varie, mais elle s'étend peu, reste d'apparence très mince et se limite généralement à l'extrémité sud de l'aire d'alevinage amont. Après cette date, toute trace de glace disparaît de ce secteur de la Romaine.

Somme toute, au site des aires aménagés d'alevinage et de fraie du PK 49, la glace n'est présente que de façon occasionnelle de la fin-décembre à la fin-février et elle est mince et lisse. Elle se forme par temps très froid, lorsque le débit de la centrale est relativement faible, s'approchant du débit réservé (150 m³/s). Elle disparaît au moindre redoux ou à la moindre augmentation du débit au-delà de 400 m³/s, même de très courte durée. Après le 26 février, ces conditions n'ont jamais été réunies car la température de l'air s'est maintenue au-dessus de -10°C en tout temps et supérieure au point de congélation pendant plusieurs périodes début mars, favorisant le réchauffement de l'eau.

Le positionnement des nids de saumon inventoriés (automne 2015, 2016 et 2017) se situe généralement à une profondeur minimale de 0,3 m et jusqu'à 1,0 m sous le niveau de l'eau lorsque le débit est à 140 m³/sec (WSP, 2016; WSP, 2017 et WSP, 2018).

Les conditions hivernales diffèrent des conditions naturelles pour lesquelles la glace se formait après un gel cumulé de l'ordre de 250°C-jours et restait présente jusqu'à la fin de l'hiver glaciologique (photo 24).

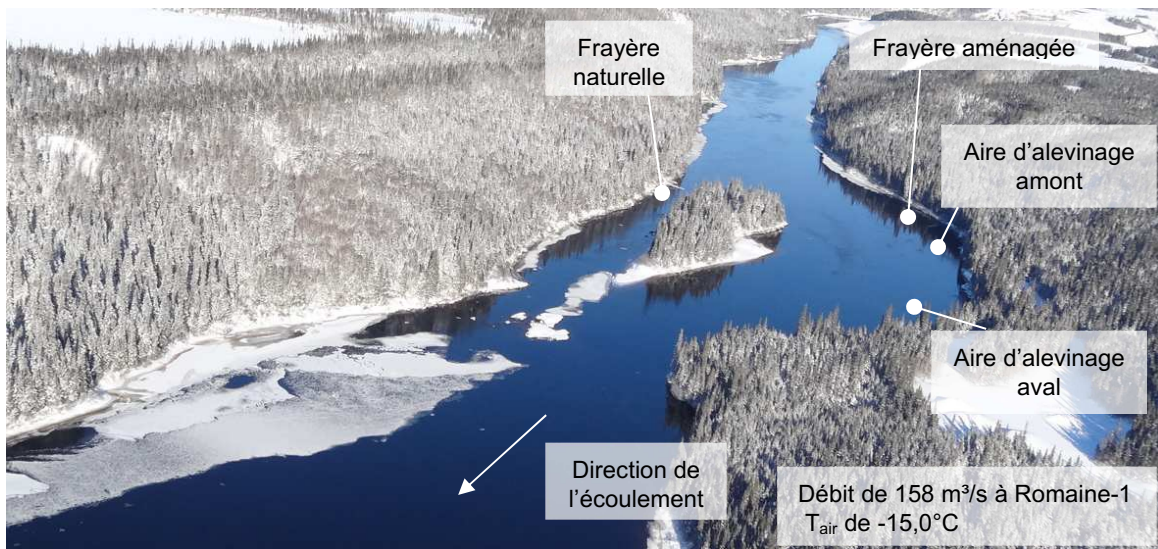


Photo 22 : Absence de glace sur la frayère du PK 49 et les aires d'alevinage aménagées, le 19 janvier 2018

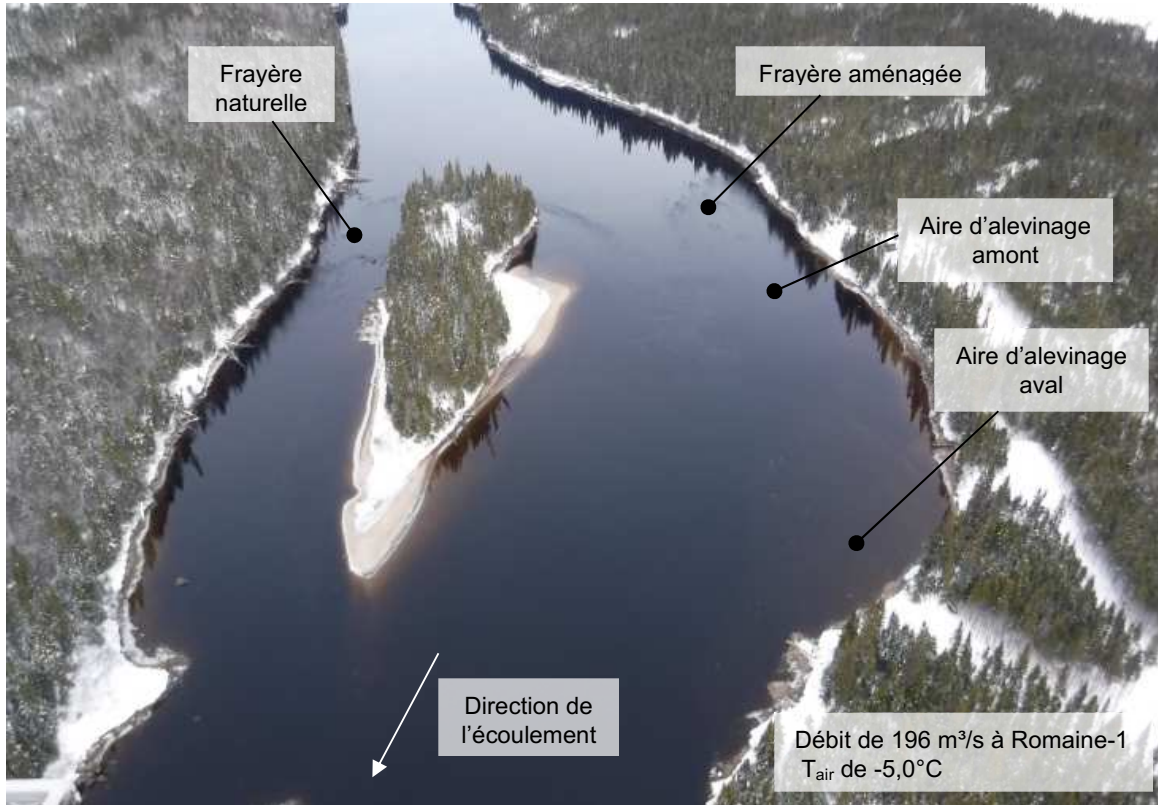


Photo 23 : Absence totale de glace sur la frayère du PK 49 et les aires d'alevinage aménagées, le 15 février 2018



Photo 24 : Présence de glace à l'état naturel au PK 49 (2012-02-02)

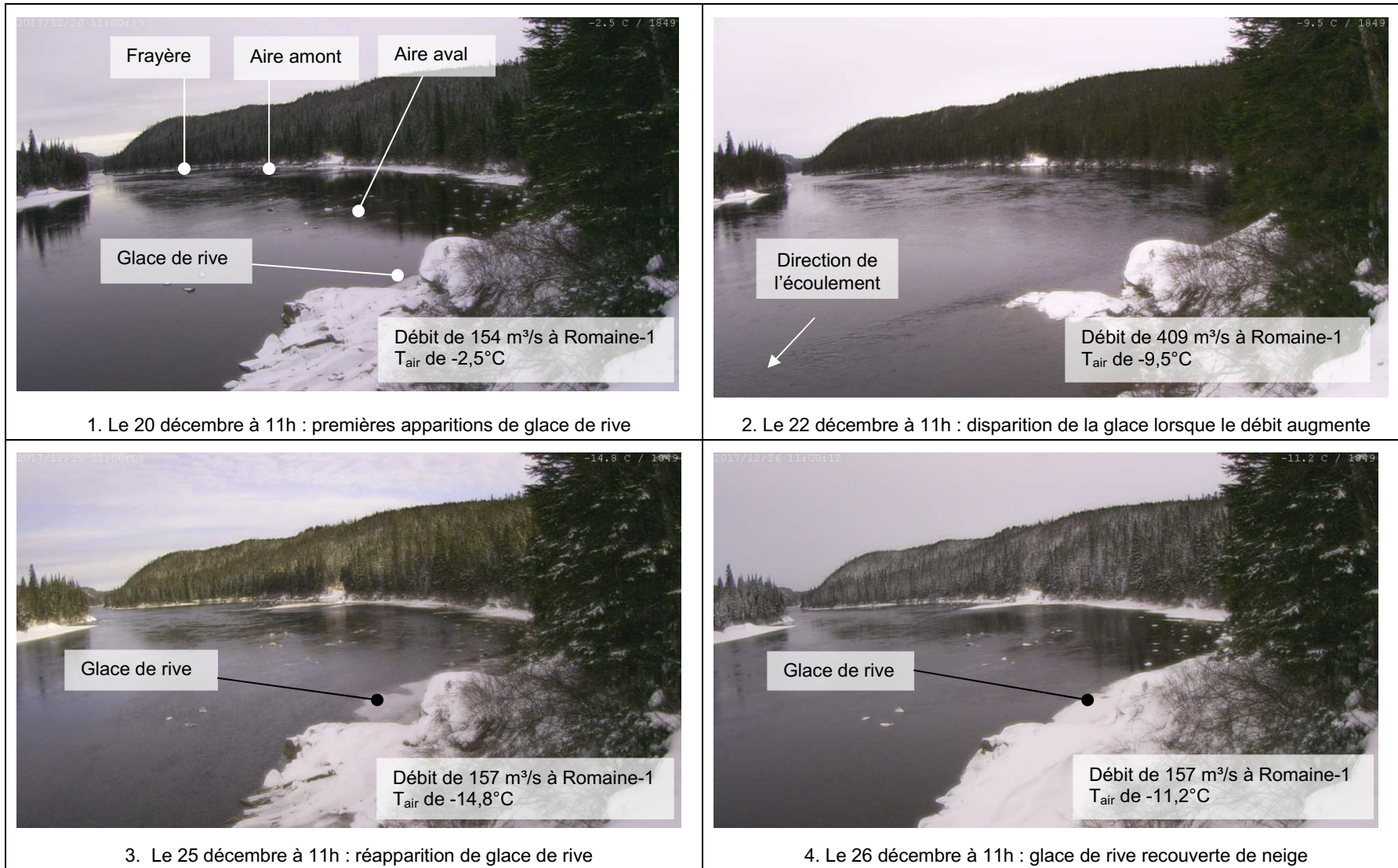


Planche 1 : Évolution de la couverture de glace devant les deux aires d'alevinage et la frayère aménagée du PK 49, en décembre 2017 (vue vers l'amont)

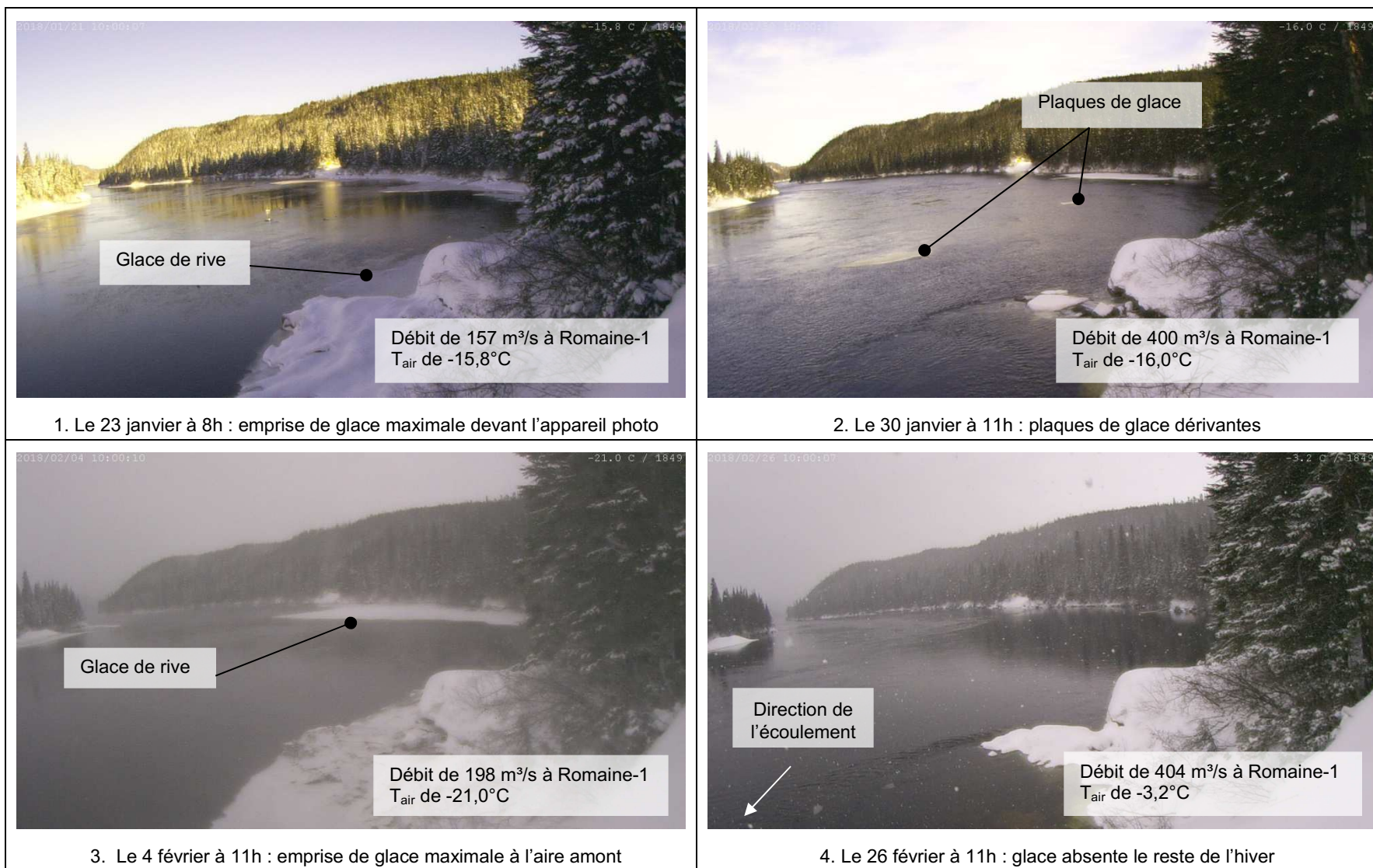


Planche 2 : Évolution de la couverture de glace devant les deux aires d'alevinage et la frayère aménagée du PK 49, en janvier et février 2018 (vue vers l'amont)

Frayère naturelle du PK 46

Comme pour les autres frayères, la présence de glace au PK 46 est influencée par le débit turbiné à la centrale de la Romaine-1 et la température de l'eau et de l'air.

Les premières traces de glace près de la rive apparaissent le 6 décembre (planche 3), alors que le débit turbiné à la centrale de la Romaine-1 est stable à 200 m³/s, qu'une température de l'eau de 2,0°C est enregistrée et que les températures de l'air ont chuté dans les journées précédentes, atteignant -10°C le 5 décembre. Cette glace reste mince, la bande étroite est confinée près de la rive. La glace disparaît le 8 décembre (planche 3), avec l'augmentation des températures de l'air. Une fine couche se reforme très localement en bordure de la rive les 17, 18 et 19 décembre alors que le niveau de la rivière se maintient relativement haut (au-dessus de 18,1 m à la station ROMA0944), que les variations du débit turbiné sont maintenues entre 200 et 400 m³/s et la température de l'eau descend entre 1,8 et 1,1°C. Une couverture de glace plus importante se forme à partir du 24 décembre (planche 3) à la faveur d'un débit turbiné de 158 m³/s et une température de l'eau inférieure à 1°C. Elle reste présente quelques jours et se désagrège avec l'augmentation du débit turbiné à partir du 27 décembre.

Pendant le mois de janvier, la glace se forme lors des périodes de plus de 24 heures à faible débit turbiné (158 m³/s), comme le 11 janvier (planche 4). Entre le 14 et le 18 janvier, malgré l'augmentation du débit turbiné, une mince couche de glace d'emprise extrêmement limitée reste présente en bordure de la rive à la faveur de températures de l'air froides (<-20°C) et de températures de l'eau proches du point de congélation (<0,6°C).

D'après les observations, l'emprise maximale a été atteinte le 4 février (planche 5), mais dès le 5 février, avec une température de l'air positive et un débit turbiné de 400 m³/s à la centrale de la Romaine-1, il ne restait quasiment plus de trace de glace près de la rive. Cette présence éphémère démontre le peu d'emprise et d'épaisseur pouvant être atteintes, ainsi que la dépendance de la glace avec les conditions de température de l'air et de débit.

Pendant toute la durée de l'hiver, le centre de la rivière demeure toujours libre de glace. Toutefois, dans les zones soustraites à l'écoulement principal, où les vitesses

d'écoulement sont plus faibles, la température de l'eau peut se refroidir davantage si l'eau est exposée à l'air froid. Ceci explique pourquoi la glace de rive peut se former, malgré des températures de l'eau enregistrées par la sonde placée en eau plus profonde nettement au-dessus du point de congélation.

Les dernières apparitions de glace de rive devant l'appareil photographique sont le 26 février, après quoi plus aucune glace n'est observée pendant le reste de l'hiver, tel qu'en témoigne la photo 24 du survol du 20 mars.

En somme, la glace demeure toujours confinée près de la rive, mince et d'aspect très lisse et n'atteint pas ou peu le dessus de la frayère naturelle. Il est important de mentionner que le positionnement des nids de saumon inventoriés (automne 2015, 2016 et 2017) se situe à une profondeur minimale de 0,3 m et jusqu'à environ 2,4 m sous le niveau de l'eau lorsque le débit est à 140 m³/s (WSP, 2016; WSP, 2017 et WSP, 2018). De plus, aucun des survols photographiques n'a permis de détecter la présence de glace de fond.

La présence de glace diffère de l'état naturel alors que la glace se formait après 250°C-jours de gel et restait présente jusqu'à la fin de l'hiver (photo 28).

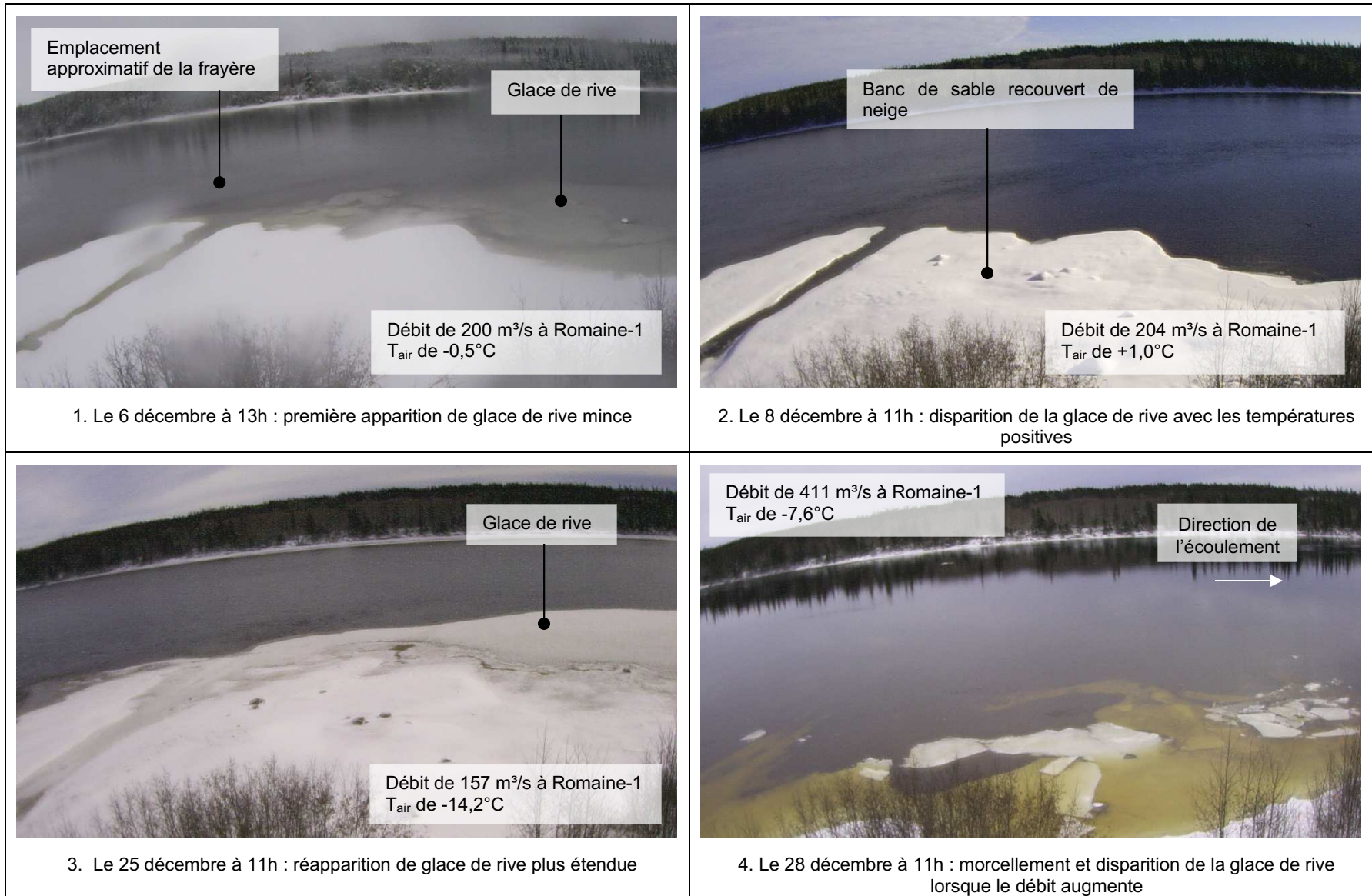


Planche 3 : Évolution de la couverture de glace au site de la frayère du PK 46 en décembre 2017



Planche 4 : Couverture de glace au site de la frayère du PK 46 en janvier 2018

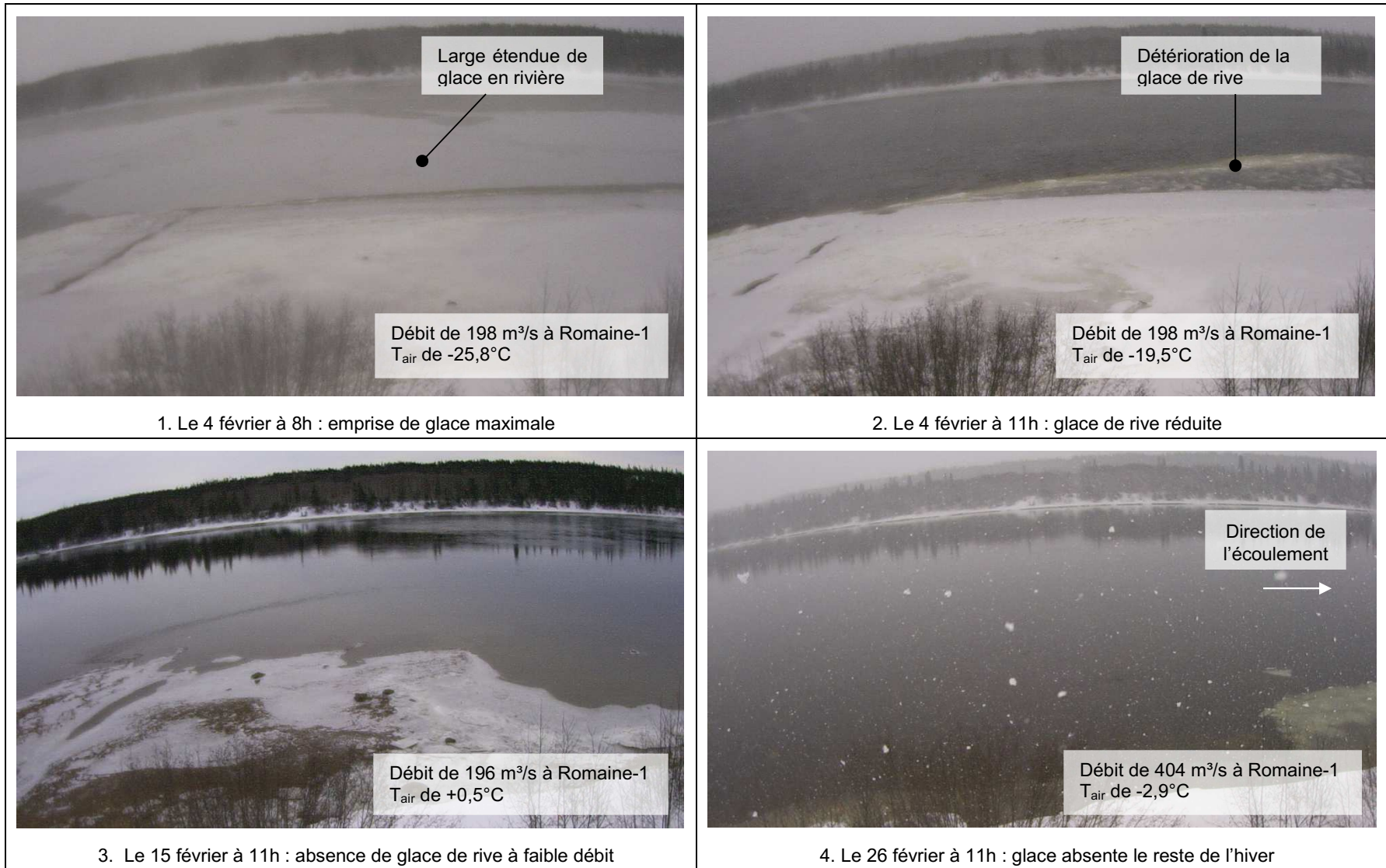


Planche 5 : Couverture de glace au site de la frayère du PK 46 en février 2018

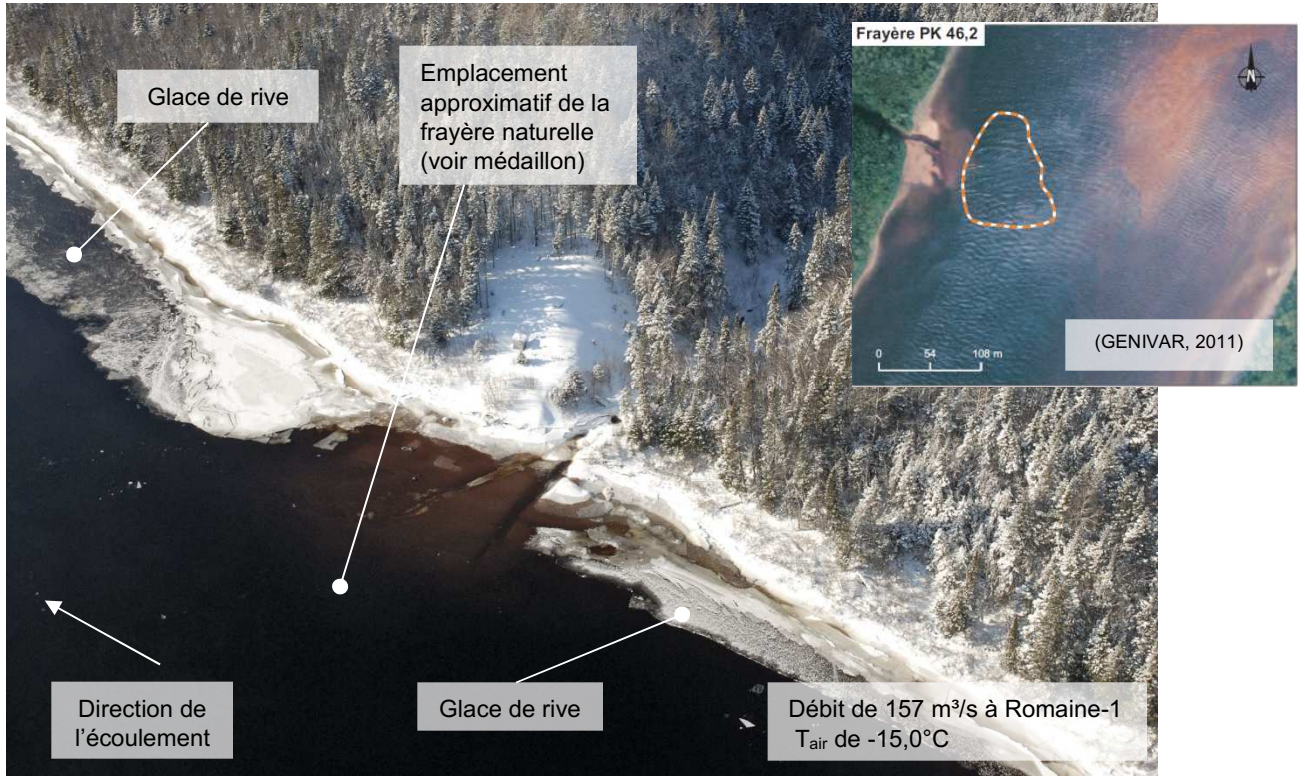


Photo 25 : Glace de rive au PK 46, le 19 janvier 2018



Photo 26 : Glace de rive quasi absente au PK 46, le 15 février 2018

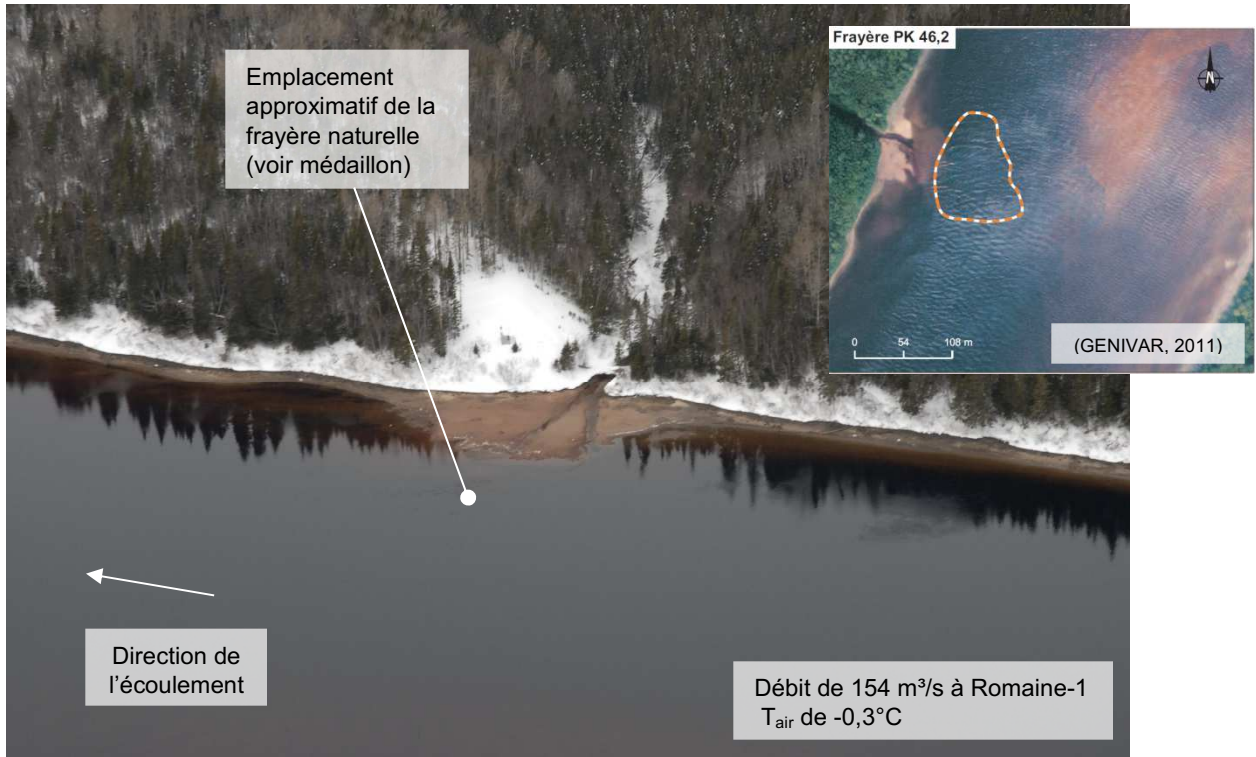


Photo 27 : Absence de glace au PK 46, le 20 mars 2018

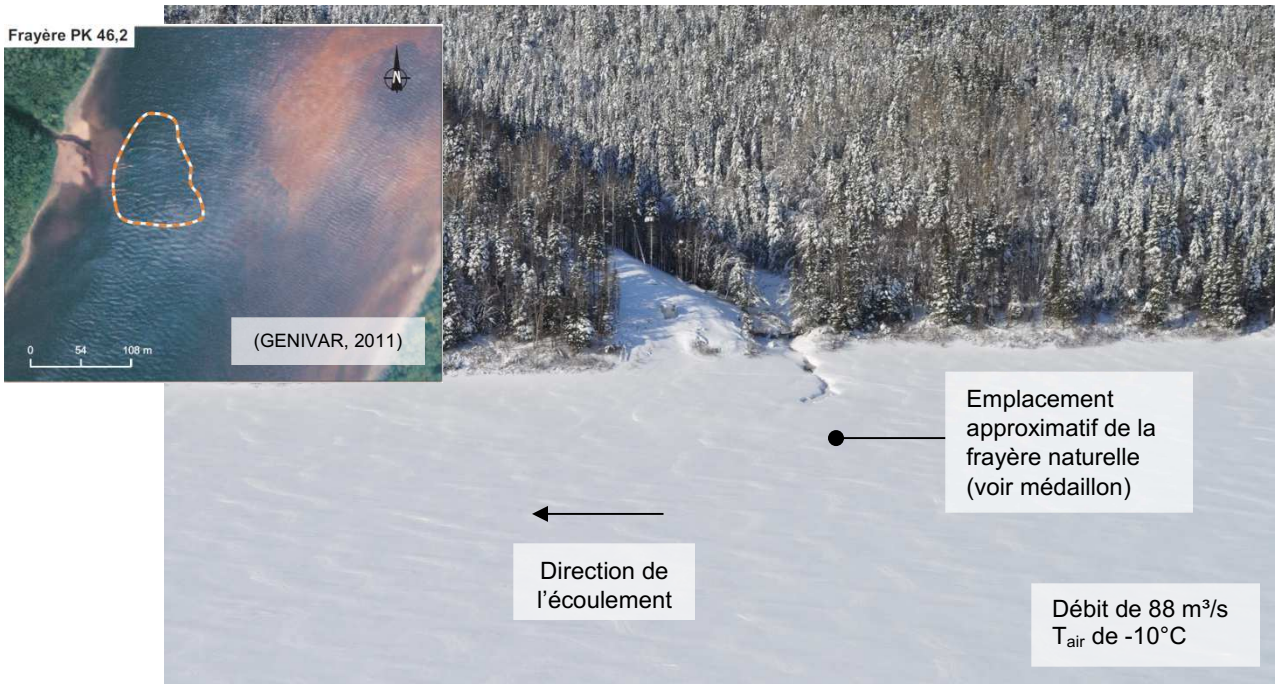


Photo 28 : Glace présente en conditions naturelles au PK 46 (2012-02-02)

Frayère naturelle du PK 34

Cette frayère est la plus en aval de la rivière. Elle est située dans une zone plus profonde, peu affectée par la présence de glace. En hiver, l'eau s'y refroidit davantage et elle atteint pendant de courts moments le point de congélation ou parfois même est sur-refroidie (température sous le point de congélation), comme cela peut survenir dans les rivières naturelles aux endroits où l'écoulement est rapide.

Les premières traces de glace de rive apparaissent le 4 décembre. Comme pour les autres frayères, l'emprise de la glace reste limitée aux secteurs très peu profonds près de la rive. L'emprise la plus importante a été observée le 23 janvier (planche 6). Le jour suivant, la glace est recouverte de neige et se maintient les jours suivants malgré plusieurs augmentations de débit au-delà de 400 m³/s. Pendant cette période, la température de l'eau est au point de congélation. La glace reste ainsi présente jusqu'au 3 février (planche 7), moment où survient une nouvelle hausse du débit. À ce moment, la température de l'eau atteint 0,3°C au PK 34 alors qu'elle se maintenait au point de congélation depuis le 14 janvier. Il est à noter qu'une augmentation du débit turbiné s'accompagne généralement d'une augmentation de la température de l'eau car celle-ci se refroidit moins entre les sites de Romaine-2 et Romaine-1 et depuis la sortie de la centrale de Romaine-1. La glace parvient à se reformer dès le lendemain, à la faveur d'un faible débit turbiné, de la température de l'air très froide (-29°C) et de la température de l'eau atteignant de nouveau le point de congélation pour quelques jours. Dès le 6 février, la température de l'eau dépasse de nouveau le point de congélation et n'y retournera que très ponctuellement le 13 février pour quelques heures et le 21-22 février. La glace de rive se maintient en partie jusqu'au 8 février, les hausses de débit étant limitées à 400 m³/s durant cette période, puis elle disparaît ensuite d'un jour à l'autre avec l'augmentation du débit à 550 m³/s à plusieurs reprises et l'augmentation graduelle de la température de l'eau jusqu'à 0,7°C le 11 février et 0,9°C le 17 février. Une couverture de glace mince se forme de nouveau le 21 février à la faveur de températures froides et d'un débit limité à 150 m³/s pendant près de 24 heures (planche 7). Après le 22 février, la température de l'eau se maintient en tout temps au-dessus de 0,5°C et la glace ne parvient plus à se former.

En somme, la glace demeure toujours confinée près de la rive, mince et d'aspect très lisse et n'atteint pas ou peu le dessus de la frayère naturelle et encore moins le substrat

de fraie. Il est important de mentionner que les nids sont localisés beaucoup plus en profondeur, plus près du talweg de la rivière et qu'ils se situent généralement à environ à 1,2 m, et plus de profondeur, lorsque le débit est à 140 m³/s (WSP, 2016;WSP, 2017 et WSP, 2018). De plus, aucun des survols photographiques n'a permis de détecter la présence de glace de fond.

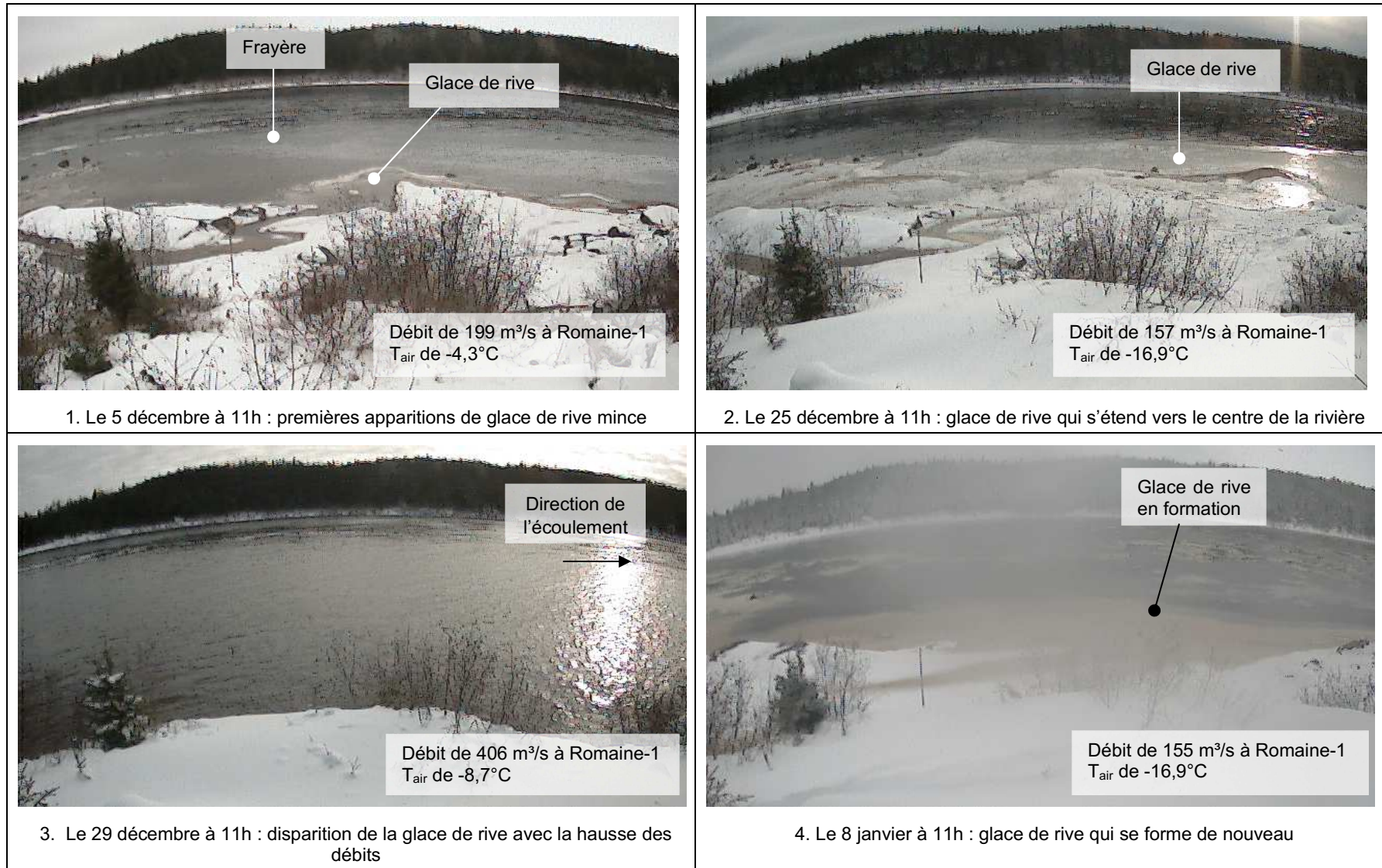


Planche 6 : Évolution de la couverture de glace devant la frayère du PK 34 de décembre 2017 à février 2018

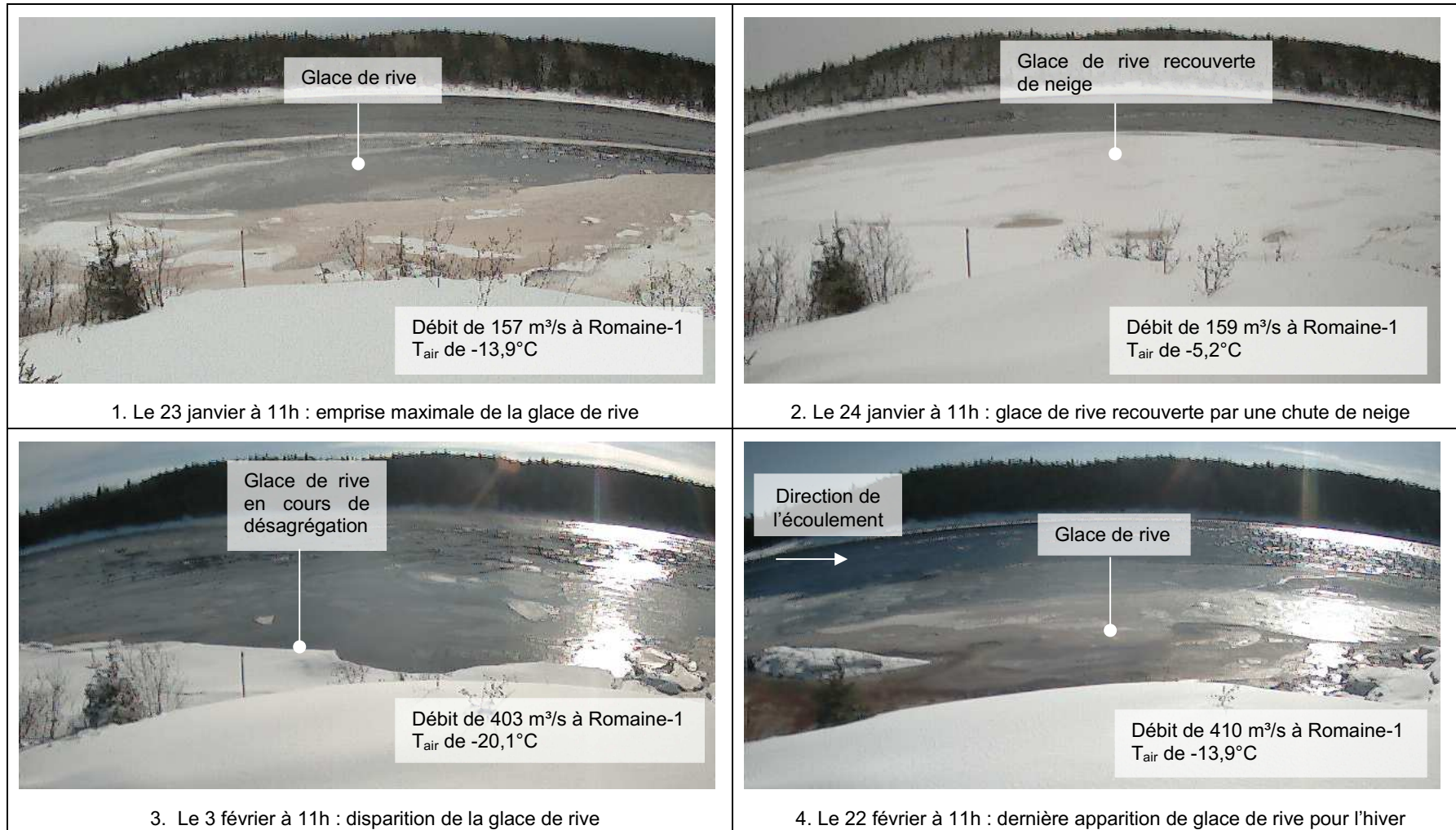


Planche 7 : Évolution de la couverture de glace devant la frayère du PK 34 de décembre 2017 à février 2018 (suite)

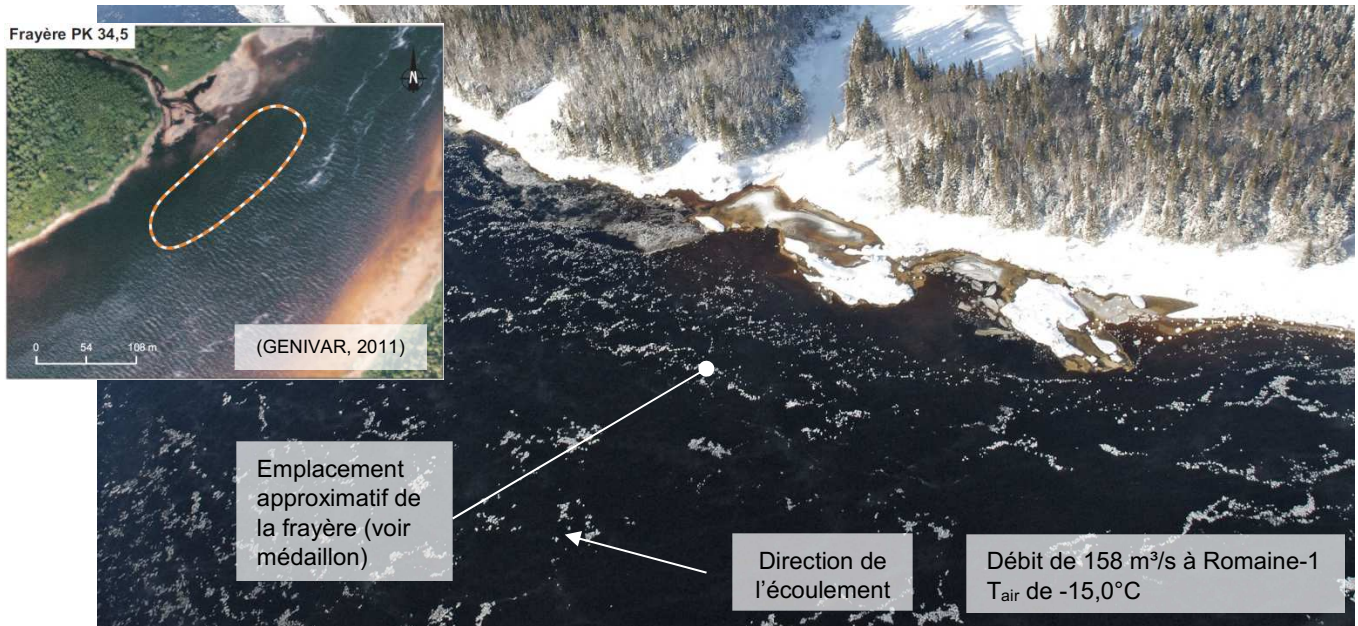


Photo 29 : Glace de rive quasiment absente devant la frayère du PK 34, le 19 janvier 2018



Photo 30 : Emprise restreinte de glace mince devant la frayère du PK 34, le 15 février 2018



Photo 31 : Absence de glace au PK 34, le 20 mars 2018

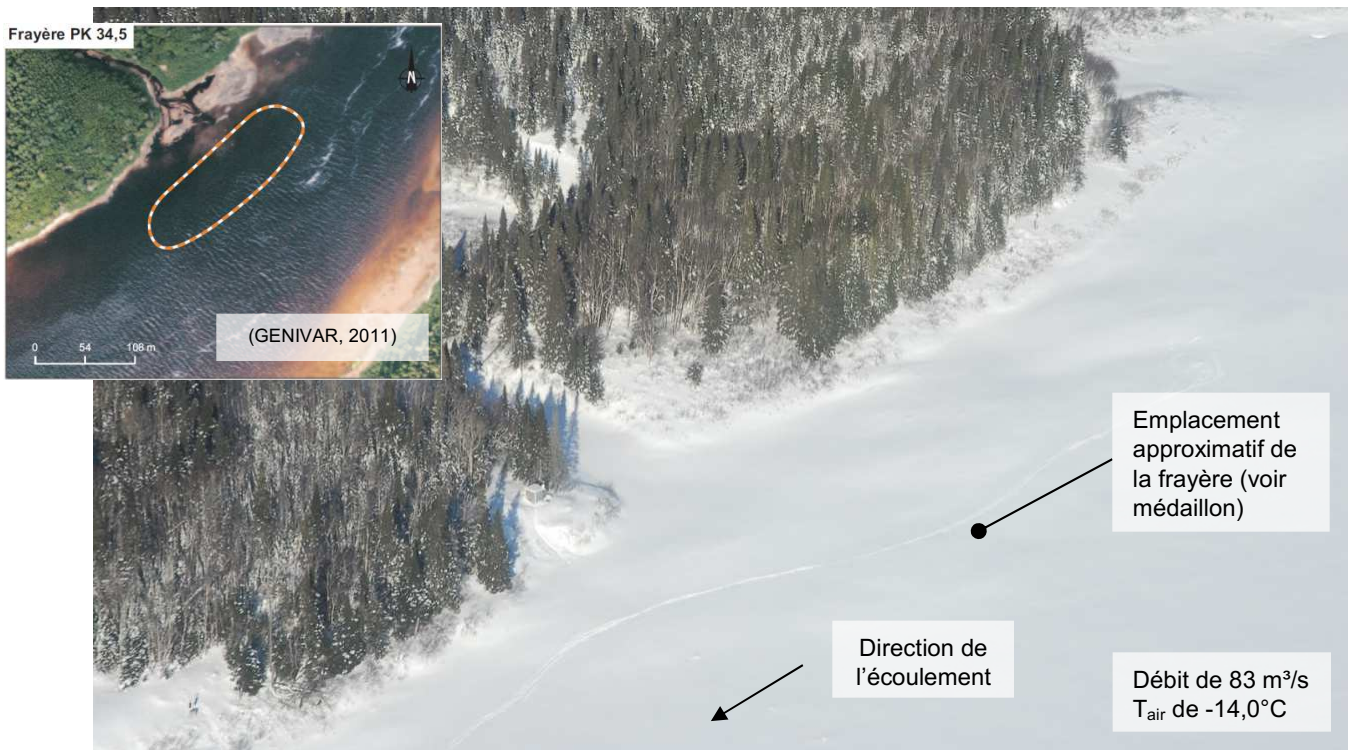


Photo 32 : Glace présente devant la frayère du PK 34 en conditions naturelles (2014-02-11)

Globalement, les observations aux sites des frayères concordent avec les prévisions de l'étude d'impact, à savoir que la glace n'envahit pas le substrat des frayères. Toutefois, à la frayère du PK 34, on croyait que la présence de glace de rive se verrait plus fréquemment. Les débits d'hiver parfois plus importants et l'amplitude des variations de niveau favorisent le décrochement de la glace de rive lorsqu'elle avait pu se former.

5. Mesure des épaisseurs de glace

Il n'y a eu aucune mesure des épaisseurs de glace à l'emplacement des frayères pendant l'hiver 2017-2018, la glace demeurant toujours d'aspect très mince et éphémère, d'épaisseur bien inférieure à celle qui est requise pour assurer la sécurité des personnes responsables d'effectuer les relevés.

6. Conclusion des observations de l'hiver 2017-2018 et comparaison avec les conditions à l'état naturel

En conditions naturelles, le régime hydrologique de la Romaine était typique des rivières de la Côte-Nord, c'est-à-dire caractérisé par des crues printanières généralement fortes (1 500 m³/s en moyenne) et des étiages hivernaux prononcés (entre 75 et 100 m³/s). L'étiage le plus prononcé survenait en hiver avec un débit minimum variable selon l'année de 35 à 85 m³/s généralement atteint vers la mi-avril⁵. Ce régime hivernal est maintenant remplacé par un régime d'exploitation où le débit minimal est de 140 m³/s pour la période du 16 novembre au 6 juin (Hydro-Québec, 2007). Selon l'étude d'impact, en présence des quatre réservoirs, on prévoyait que le débit d'exploitation du complexe varierait typiquement entre 200 et 400 m³/s et que le débit atteindrait très rarement le débit réservé écologique, soit au tout début de l'hiver advenant une crue automnale très faible, ou en tout temps advenant un bris des deux turbines (Hydro-Québec, 2007).

En conditions naturelles, la température de l'eau atteignait le point de congélation dès le début de l'hiver et le restait jusqu'à la fin de l'hiver glaciologique sur l'ensemble du tronçon entre le PK 51 et l'embouchure. La couverture de glace se formait d'abord dans le tronçon entre l'embouchure et le PK 30, puis entre les PK 35 et 38, puis entre les PK 38 et 45. La couverture entre les PK 30 à 35 et entre les PK 45 à 51 devenait complète d'une rive à l'autre le plus tardivement; en raison des vitesses de l'écoulement plus élevées dans ces secteurs; c'était donc le cas des deux frayères naturelles, situées aux PK 34 et 46. D'après les observations recueillies en conditions naturelles, la couverture de glace était complète ou presque devant les frayères après un gel cumulé de l'ordre de 250°C-jours, qui survenait entre le 7 décembre et le 26 janvier selon l'historique des températures de l'air mesurées à Havre-St-Pierre depuis 1979. La couverture de glace restait présente sans interruption pendant l'hiver. Dès la fin de l'hiver glaciologique ou lorsqu'une crue importante survenait durant l'hiver, un chenal se formait au centre de la rivière, mais dépendamment du débit et des températures de l'air pendant le printemps, la glace pouvait rester encore présente près de la rive jusqu'à une ou deux semaines additionnelles.

⁵ Le niveau d'eau en présence de glace au débit de 75 m³/s correspond à celui prévalant en l'absence de couverture de glace au débit de 140 m³/s.

En décembre 2017, la rivière reste libre de glace sur tout le tronçon à l'aval de la Romaine-1, à l'exception de glace de rive qui se forme de façon occasionnelle, notamment aux sites des frayères des PK 34, 46 et 49, lors des journées les plus froides et lorsque le débit turbiné à la centrale de la Romaine-1 est proche du débit réservé hivernal (140 m³/s).

En janvier, la couverture de glace est présente d'une rive à l'autre du PK 2,5 au PK 30, à l'exception des secteurs de vitesses d'écoulement plus rapides, comme les chutes, qui restaient aussi libres de glace en conditions naturelles. La couverture est majoritairement absente en amont du PK 30, mais de la glace de rive est observée jusqu'au PK 48.

En janvier et février, plusieurs zones avec des traces d'eau sont observées sur la couverture de glace, qui résultent de résurgences d'eau par des microfissures dans la couverture de glace après une variation rapide du niveau d'eau.

Plusieurs éclaircies et signes de dégradation de la couverture de glace sont observés en février en amont du PK 15. L'ouverture du centre de la rivière progresse du PK 30 vers l'aval jusqu'au PK 28 le 15 février, puis jusqu'au PK 22 le 28 février. Le réchauffement de la température de l'eau dès la dernière semaine de février engendre une évolution rapide de la couverture de glace là où elle est encore présente. Dès le 7 mars, des ouvertures sont observées au PK 2,4 et la disparition complète de la couverture de glace dans ce secteur est observée le 13 mars, bien avant la fin de l'hiver glaciologique (le 18 avril).

Une éclaircie reste présente tout l'hiver en rive droite à environ 200 m en amont de l'axe du sentier provincial de motoneige au PK 2,4. Cette situation avait déjà été observée en conditions naturelles durant l'hiver 2009-2010 particulièrement doux (rigueur de l'hiver de 610 degrés-jours de gel)

Comparativement aux conditions prévalant à l'état naturel, la glace est absente tout l'hiver au site de la frayère et de l'aire d'alevinage du PK 51. La glace de rive est présente de façon marginale dans le secteur des frayères des PK 49, 46 et 34 lorsque le débit turbiné est faible et la température de l'air très froide. Elle reste toujours d'apparence mince et lisse et n'atteint pas ou peu le dessus de la frayère. Aucune présence de glace de rive n'a été observée après la fin-février à la frayère et l'aire

d'alevinage du PK 49, après le 26 février à la frayère du PK 46 et après le 22 février à celle du PK 34. Aucune présence de glace de fond n'a été observée sur les quatre frayères. Puisque la couverture de glace n'est jamais complète d'une rive à l'autre devant les frayères, on ne peut pas établir de corrélation entre le moment où la couverture est complète et celui où la température de l'eau atteint le point de congélation.

Pour les frayères des PK 51, PK 49, 46 et 34, le positionnement des nids de saumon inventoriés (automne 2015, 2016 et 2017) se situe à une profondeur minimale de 0,3 m sous le niveau de l'eau lorsque le débit est à 140 m³/s (WSP, 2016; WSP, 2017 et WSP, 2018).

Comme déjà observé lors de l'hiver précédent, les températures de l'eau en aval de la centrale et sur le tronçon entre le PK 51 et l'embouchure diffèrent de ce qu'elles étaient en conditions naturelles et affectent le régime des glaces. Comme l'hiver précédent, les variations de débits à la centrale de la Romaine-1 à l'hiver 2017-2018 demeurent plus fortes qu'anticipées à l'étude d'impact. Les changements par rapport aux conditions naturelles qui ont été observés au cours de l'hiver 2016-2017 ont de nouveau été observés cet hiver. Aucune glace n'a été observée au-dessus des frayères à saumon naturelles et aménagées ainsi qu'au droit des aires d'alevinage aménagées. Aucune variation significative des conditions d'écoulement associées à ce paramètre uniquement n'est donc appréhendée sur ces sites, qui auraient pu modifier le régime sédimentologique au droit de l'habitat de reproduction du saumon. Notons que les suivis en cours portant sur la population de saumon atlantique et, spécifiquement celui traitant de la qualité granulométrique des frayères naturelles, permettront d'ajouter des informations complémentaires à ces résultats afin d'en bonifier l'analyse.

7. Liste des références

Groupe-conseil LaSalle. 2007. *Projet du complexe de la Romaine. Réévaluation du régime des glaces de la rivière Romaine avant et après aménagement*. Rapport n° R-1661. Préparé pour Hydro-Québec Équipement. Montréal, Groupe-conseil LaSalle. 46 p. et annexe.

Hydro-Québec. 2007. *Complexe Romaine. Étude d'impact sur l'environnement*. Hydro-Québec Production. 10 volumes.

Hydro-Québec. 2010. *Aménagement de la Romaine-1. Observation de la couverture de glace en aval du PK 51 – Hiver 2009-2010*. Rapport RA-2010-011-01. Préparé par I. Thériault. 26 p.

GENIVAR. 2011. *Complexe de la Romaine. Dynamique sédimentaire à l'échelle du nid de saumon. Période d'incubation 2010-2011*. Préparé par F. Hardy et J. Therrien pour Hydro-Québec Équipement et services partagés. Montréal, GENIVAR. 67 p.

Hydro-Québec. 2015. *Complexe de la Romaine Bilan des activités environnementales 2014*. Juillet 2015. 148 p.

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

Hydro-Québec. 2017. *Complexe de la Romaine. Bilan des activités environnementales 2016*. Juillet 2017. 141 p.

Hydro-Québec. 2017. *Complexe de la Romaine. Suivi du régime des glaces de la rivière Romaine en aval de la centrale de la Romaine-1 – Hiver 2016-2017*. Décembre 2017. Rapport RA-2017-013-01. Préparé par I. Thériault. 70 p.

WSP. 2017. *Complexe de la Romaine. Suivi environnemental 2016 en phase exploitation. Suivi de la population de saumon atlantique*. Version finale. Préparé pour Hydro-Québec Production. 104 p. et annexes.

WSP. 2018. *Complexe de la Romaine. Suivi environnemental 2017 en phase exploitation*.

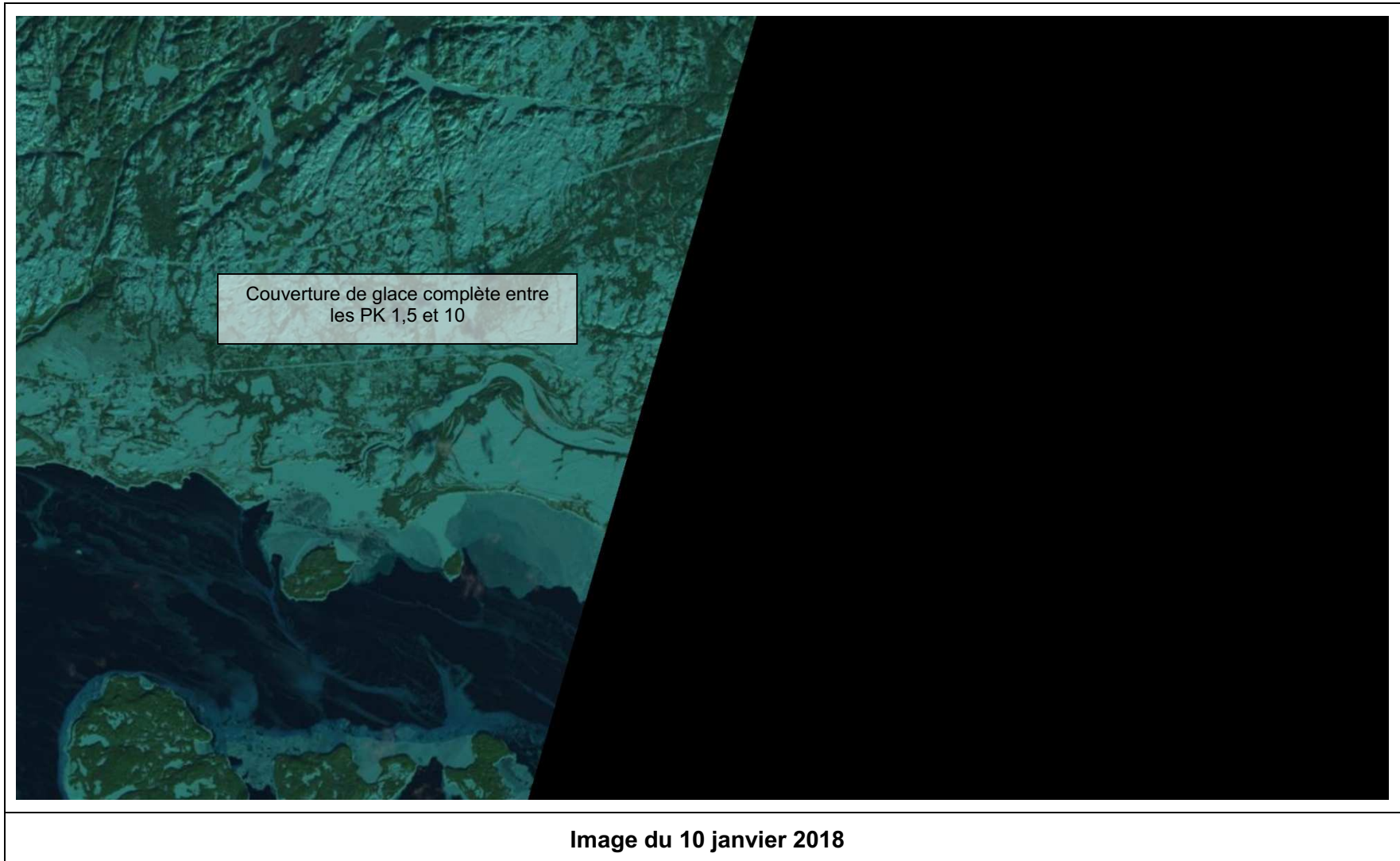
Suivi de la population de saumon atlantique. Préparé pour Hydro-Québec. 126 p. et annexes. Version préfinale.

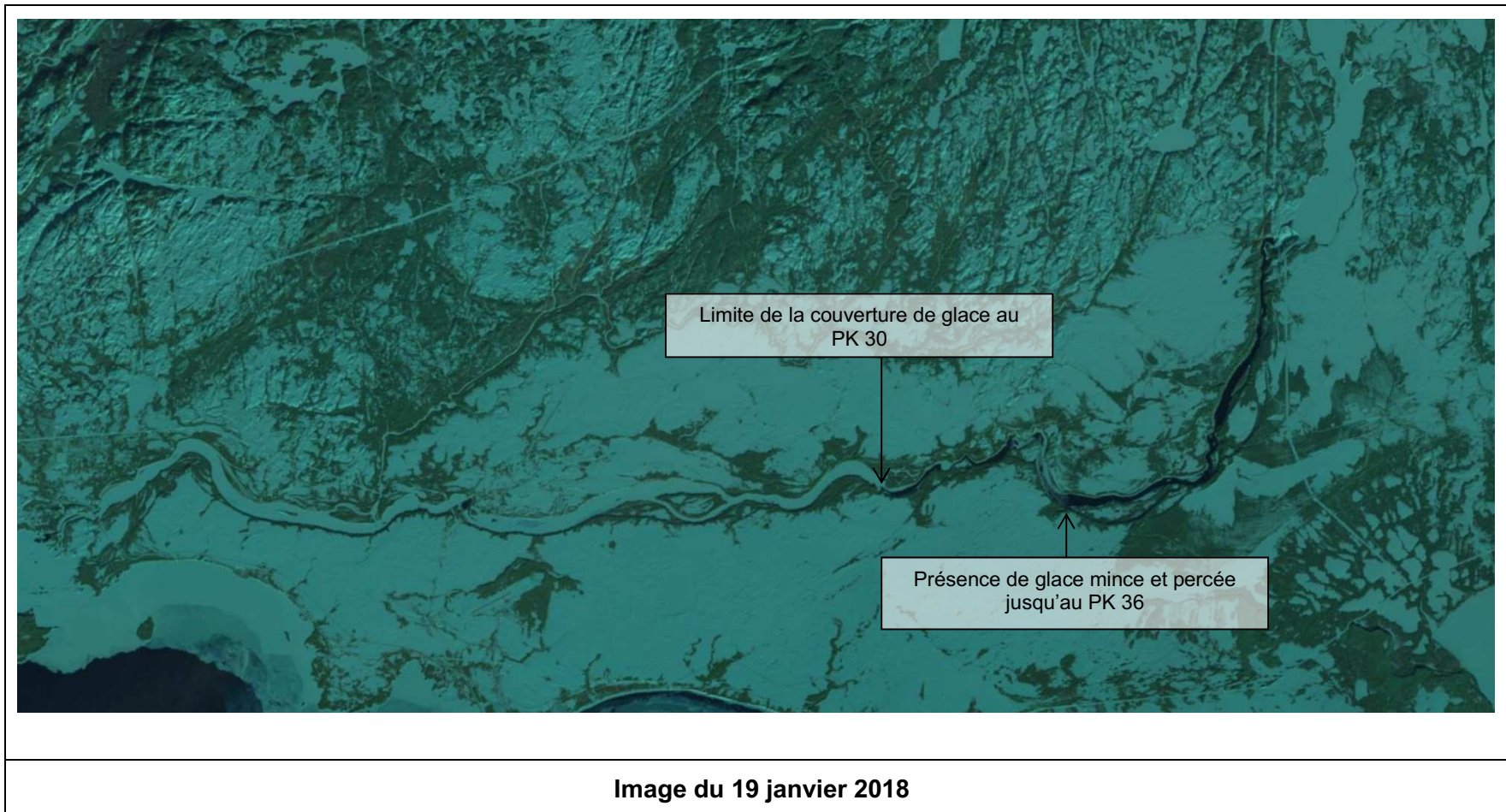
ANNEXE A

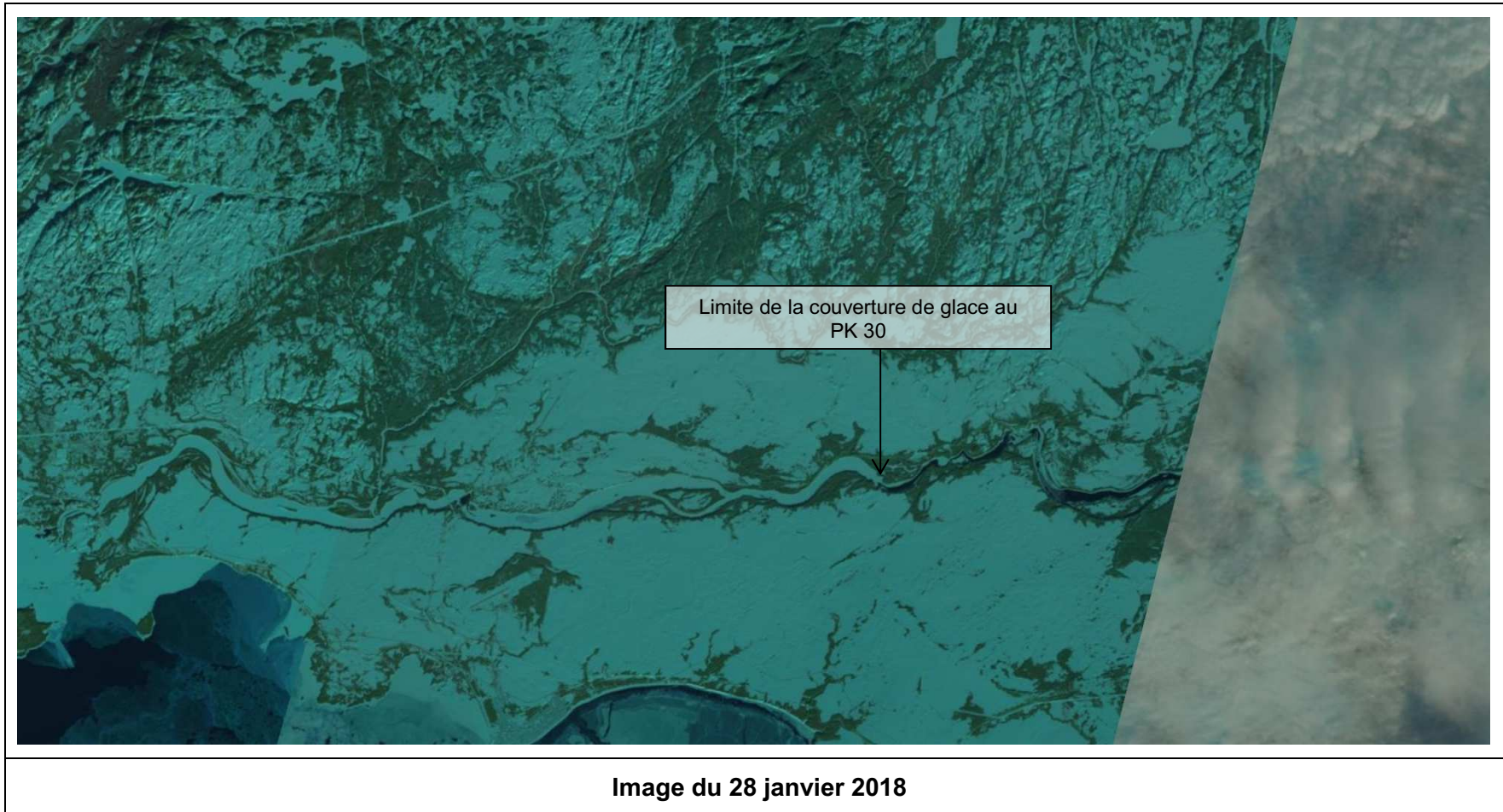
IMAGES SATELLITES DE L'EMPRISE DE LA COUVERTURE DE GLACE

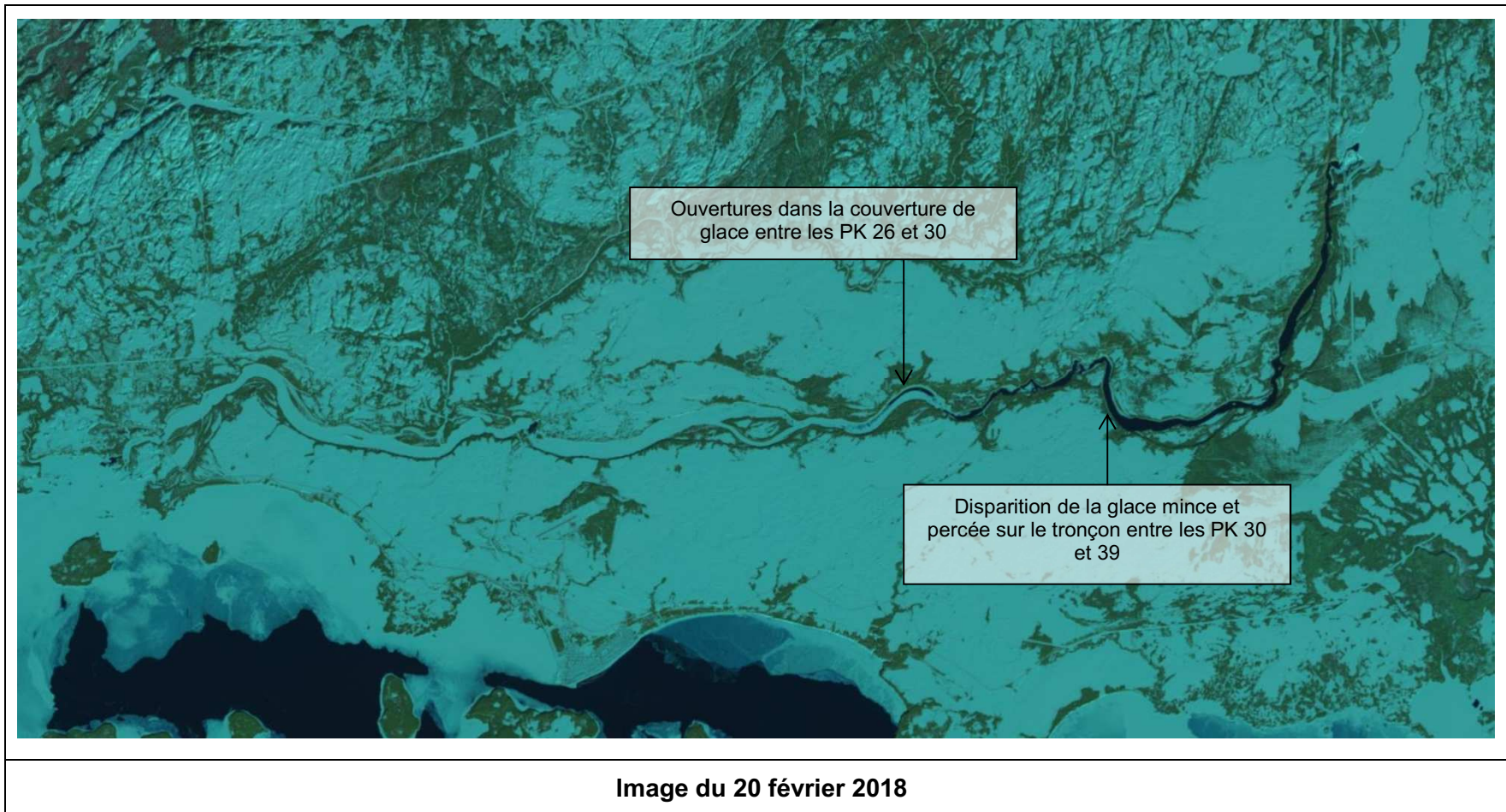
HIVER 2017-2018

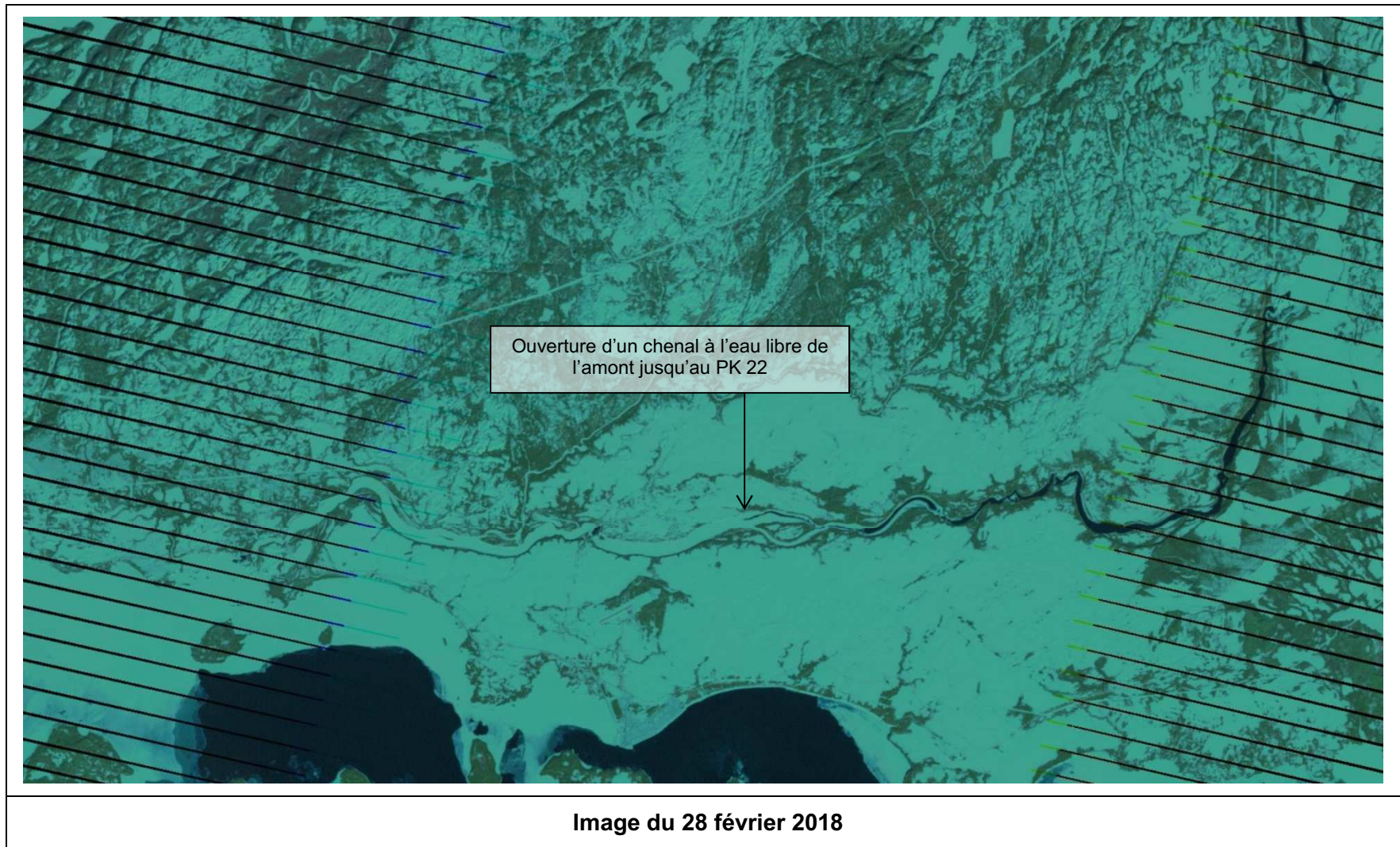


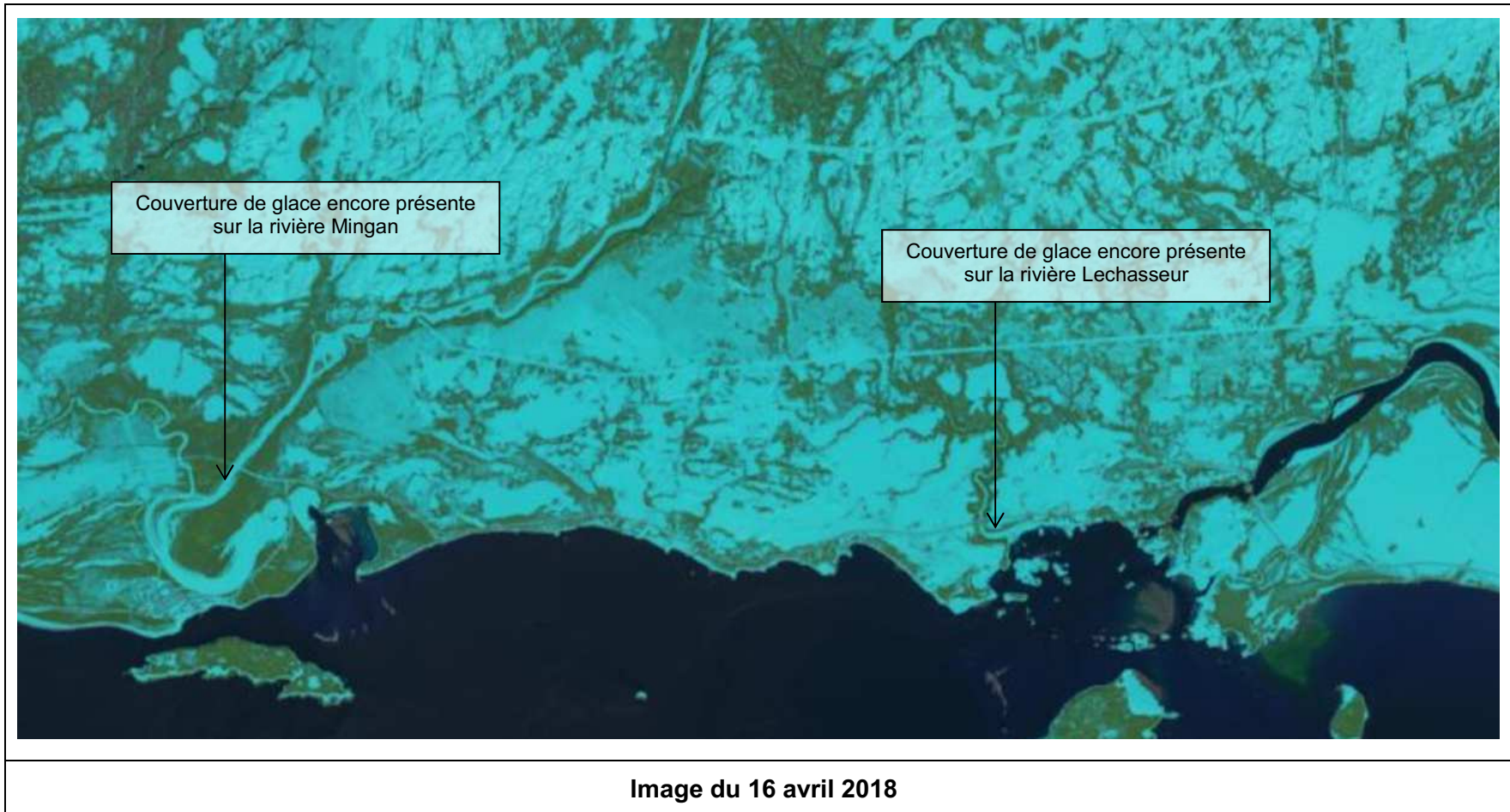












ANNEXE B

EXPLOITATION DU MODÈLE DE GÉNÉRATION ET D'ÉCOULEMENT EN PRÉSENCE DE GLACE

Comme les années précédentes, le modèle Mike-Ice développé pour simuler le régime des glaces de la rivière Romaine à l'aval de la centrale de la Romaine-1 est exploité afin de prévoir le comportement de la couverture de glace en fonction des températures de l'air observées et des prévisions météorologiques.

Les paragraphes qui suivent permettent de comparer les résultats du modèle pour l'hiver 2017-2018 avec les mesures de températures ou observations de l'emprise des couverts obtenues grâce aux survols photographiques, aux photos prises en bordure de la rivière et aux images satellites.

Les résultats du modèle (planches B1 à B5) sont présentés sous forme de vue en plan de la rivière, toutes les courbes de la rivière étant redressées. Les secteurs couverts de glace apparaissent légèrement grisés alors que les secteurs foncés ou blancs sont à l'eau libre. La couleur de l'eau dépend de sa température. Une eau proche de 0°C est représentée en noir alors qu'elle est de plus en plus bleue, voir magenta, à mesure que sa température augmente.

La planche B 1 compare les résultats du 18 décembre 2017 avec l'image satellite disponible pour cette journée. La couverture de glace n'est toujours pas formée, mais de la glace de rive est présente à la fois dans le modèle et sur l'image satellite principalement sur le tronçon en aval du PK 30. Le modèle ne reproduit toutefois pas l'emprise de glace presque complète au PK 2,4 (sauf chenal à 80 m environ de la rive droite) observées dès le 12 décembre. La couverture de glace est présente dans le modèle à cette section à partir du 23 décembre seulement, mais le chenal qui reste à l'eau libre tout l'hiver au PK 2,4 n'est pas reproduit.

Les résultats du modèle coïncident globalement avec la plupart des observations prises lors du survol du 19 janvier 2018 (Planche B 2), soit :

- Le secteur en amont du PK 30 est majoritairement libre de glace jusqu'à la centrale, à l'exception de glace de rive;
- Le secteur en aval du PK 30 est majoritairement couvert de glace, à l'exception de quelques zones où la vitesse de l'écoulement est plus élevée telles que celles observées aux PK 3 à 5, PK 13, PK 18 ou PK 24;
- Les éclaircies présentes dans les chutes et rapides sont intégralement reproduites.

La comparaison des résultats du modèle le 15 février avec les observations du survol réalisé à cette même date (Planche B 3) montre que le modèle représente bien l'absence de la couverture de glace en amont du PK 30. Par contre, les éclaircies observées en amont du PK 16 lors du survol

ne sont pas représentées. De même, les signes de dégradation de la couverture de glace entre les PK 17 et 28 observés lors du survol ne sont pas reproduits par le modèle.

Les images satellites du 20 février puis du 28 février montrent la progression d'un chenal à l'eau libre du PK 30 vers l'aval (PK26 puis PK 22). Ceci est bien représenté dans le modèle, tel que montré sur la planche B 4 : le 28 février, la limite amont du couvert de glace dans le modèle recule au PK 22.

Les photographies au droit du PK 2,4 montrent des signes de dégradation de la couverture de glace une première fois le 23 février, puis de nouveau le 5 mars. Le 5 mars, la station ROMA0692 au PK 16 a également été emportée suite au départ de la couverture de glace à cette section. Le modèle reproduit effectivement le départ des glaces jusqu'au PK 4 le 5 mars (Planche B 5). Le départ des glaces au PK 2,4 a été observé deux jours plus tard, soit le 7 mars.

La comparaison des températures de l'eau mesurées et modélisées constitue également un outil de validation de la modélisation. De façon générale, le modèle reproduit très bien la température de l'eau (Planches B 6 et B 7). Le modèle reproduit particulièrement bien les variations de température au cours de l'hiver et les fluctuations de températures entre le jour et la nuit qui apparaissent au moment du départ de la couverture de glace. Au PK 16, le modèle reproduit parfaitement l'augmentation de la température de l'eau à partir du 3 mars, tandis qu'au PK 5 le modèle devance de 24 heures le réchauffement de l'eau en comparaison avec les données mesurées le 6 mars.

Le modèle reproduit de façon assez fiable, à quelques écarts près, la formation de la couverture de glace, l'évolution de son emprise pendant l'hiver et le départ de la couverture de glace en utilisant les débits et températures de l'air qui ont été enregistrées. Toutefois, l'expérience a montré que la séquence exacte des débits turbinés à venir dépend de la demande horaire en énergie et elle ne peut être connue de façon fiable à l'avance, ce qui rend difficile toute prévision concernant l'évolution de la couverture de glace au cours de l'hiver.

En ce qui concerne le type de glace (noire ou blanche), le modèle ne permet pas de reproduire les couches formées par l'enfoncement de la couverture sous le poids de la neige (glace blanche). L'épaisseur totale de glace au PK 2,4 est reproduite adéquatement fin janvier (45 à 50 cm) et légèrement sous-estimée mi-février (environ 60 cm pour 0,65 à 0,70 m relevé), mais la présence de couches d'eau entre les couches de glace blanche ou noire ne peut être reproduite.

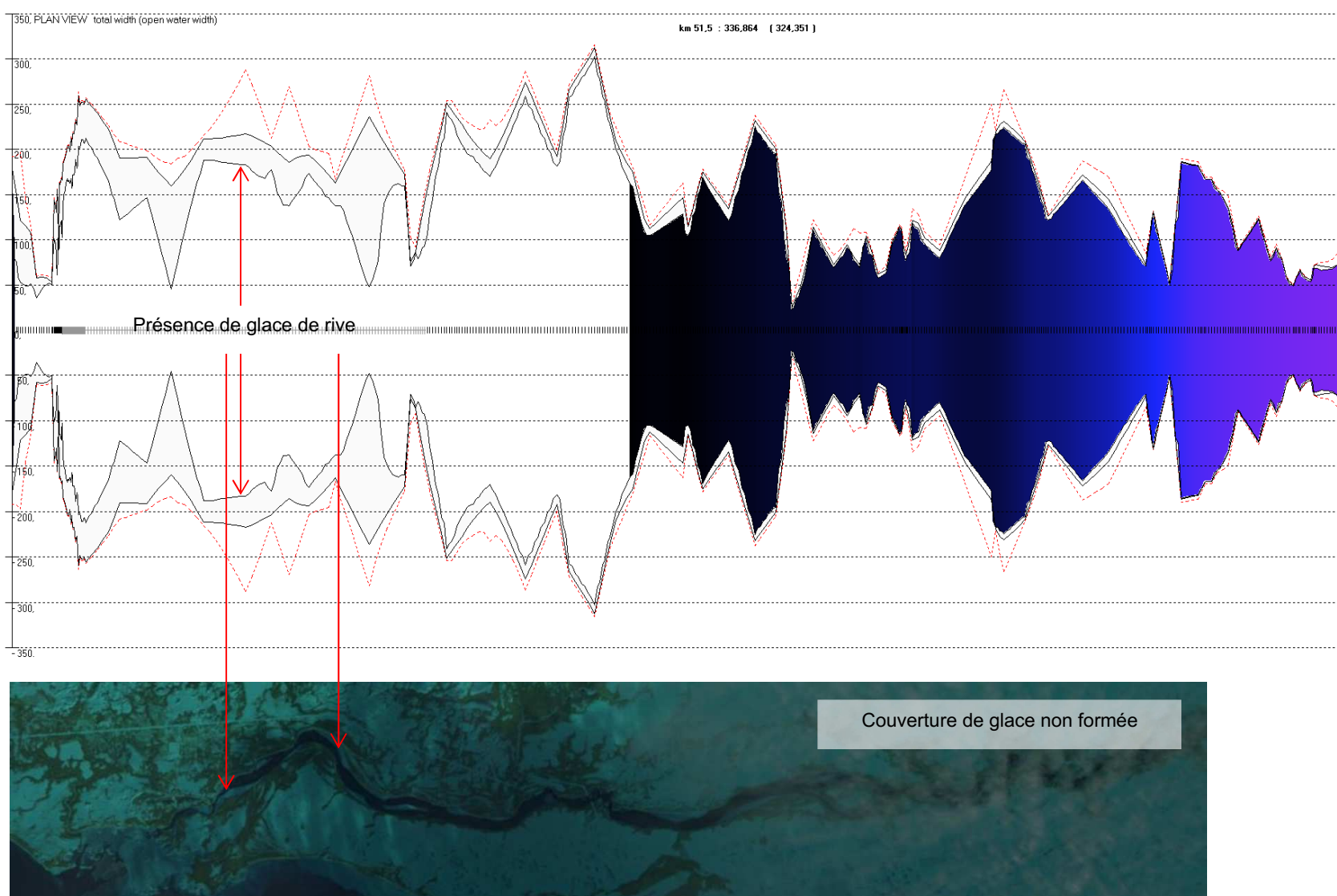


Planche B 1 : Résultats de la modélisation et observations le 18 décembre 2017 entre l'embouchure et la centrale de la Romaine-1

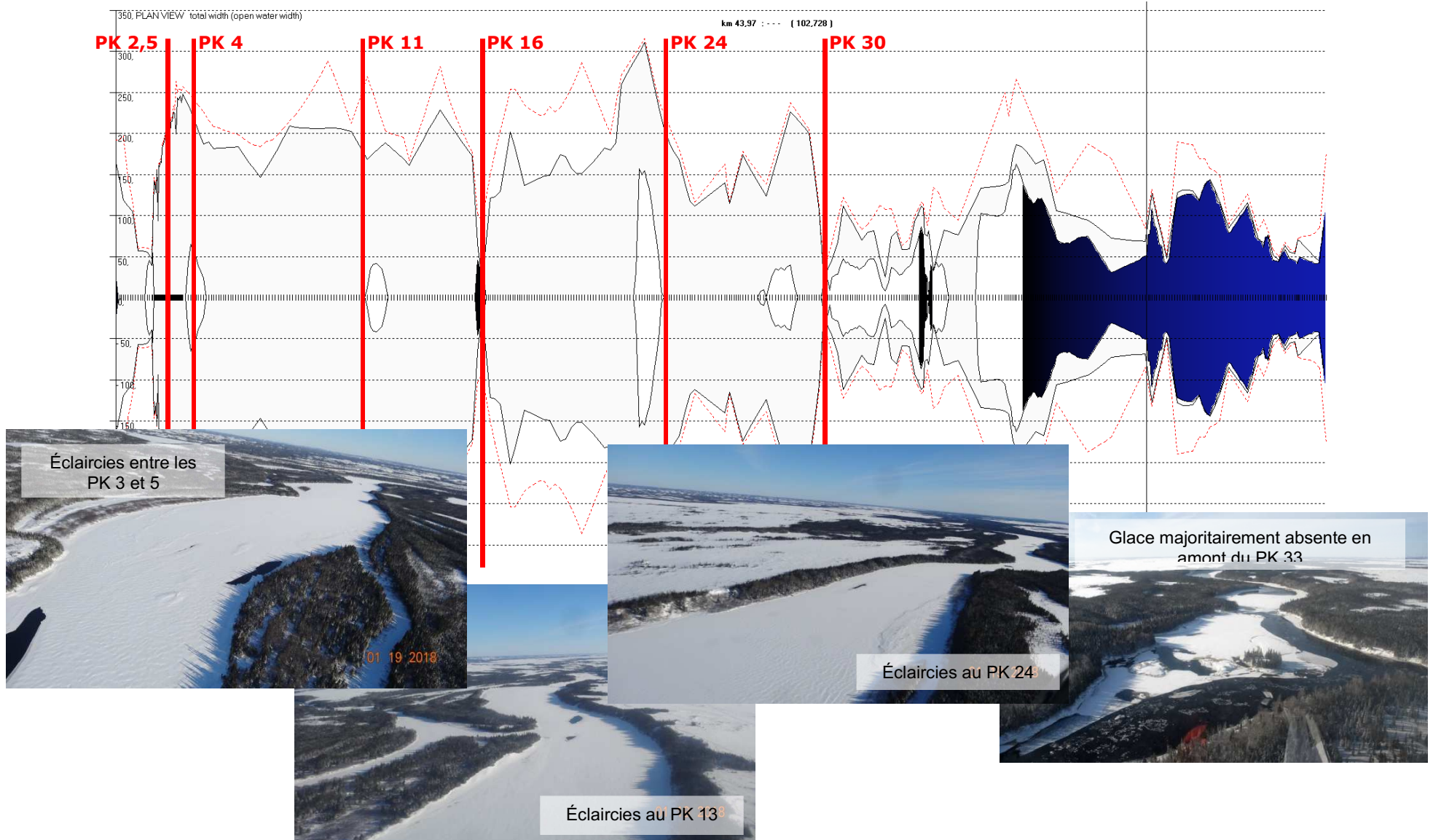


Planche B 2 : Résultats de la modélisation entre l’embouchure et la centrale de la Romaine-1 et observations du 19 janvier 2018

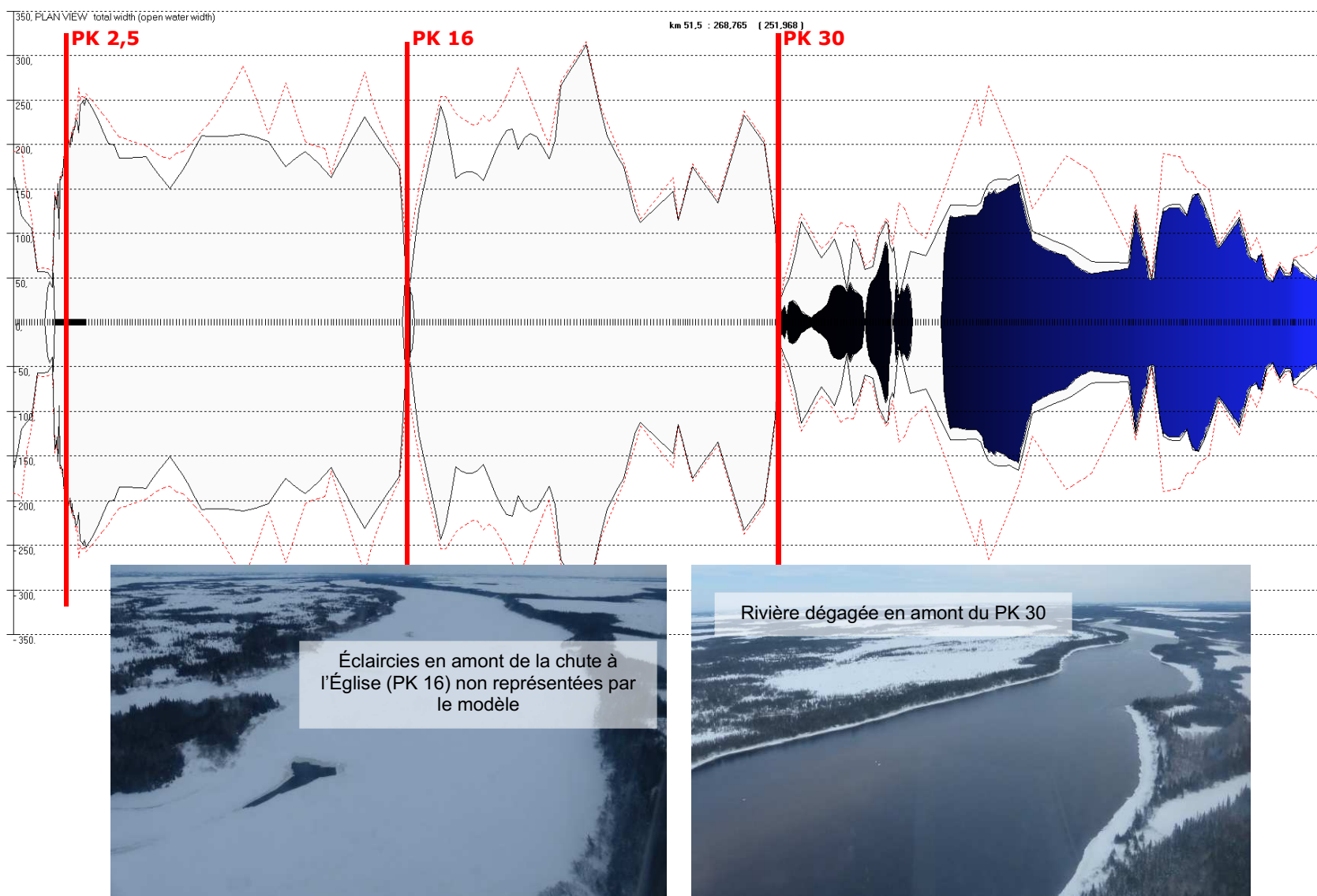


Planche B 3 : Résultats de la modélisation entre l’embouchure et la centrale de la Romaine-1 et observations du 15 février 2018

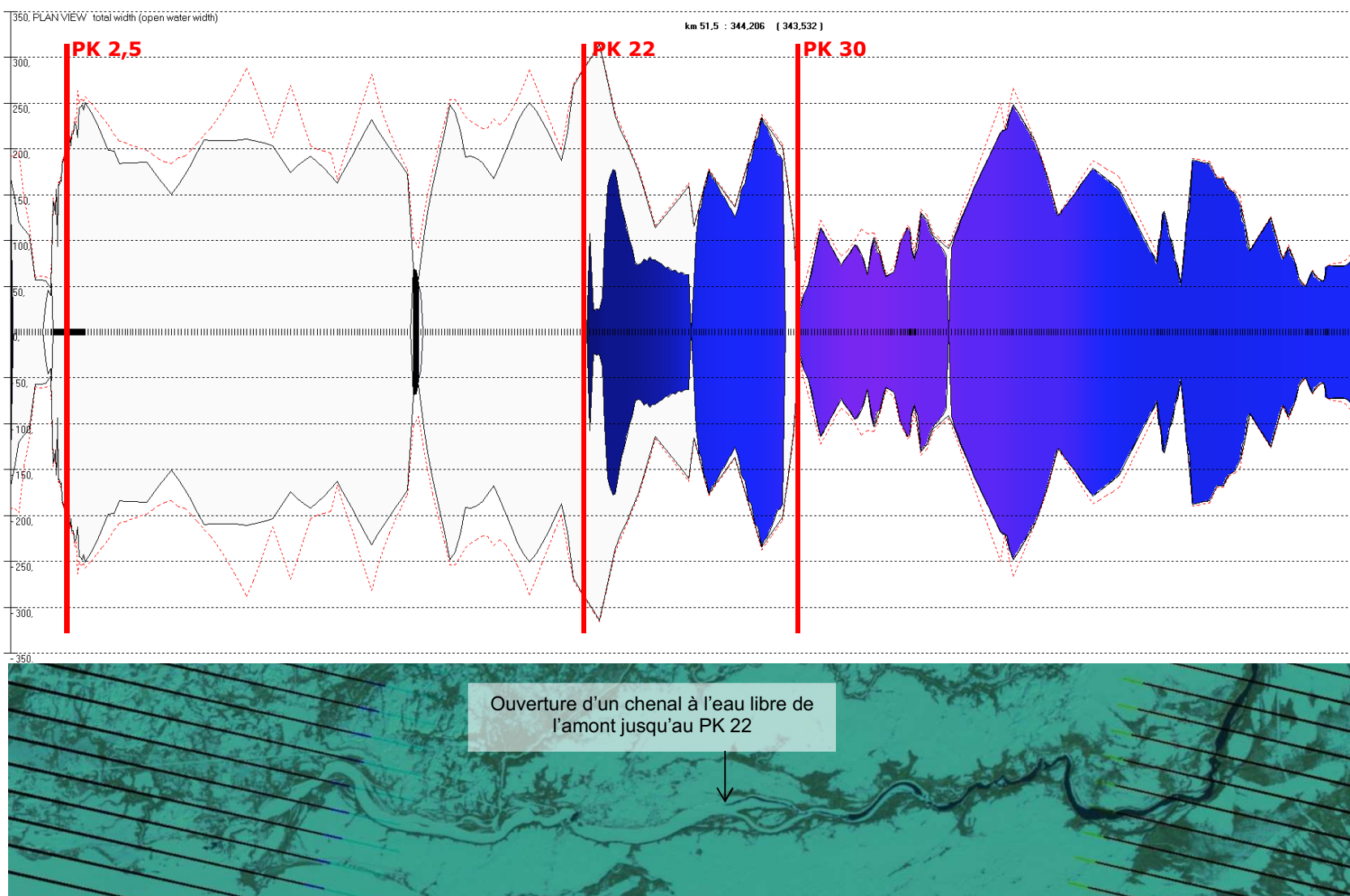


Planche B 4 : Résultats de la modélisation entre l'embouchure et la centrale de la Romaine-1 le 2 mars 2018 et image satellite du 28 février 2018

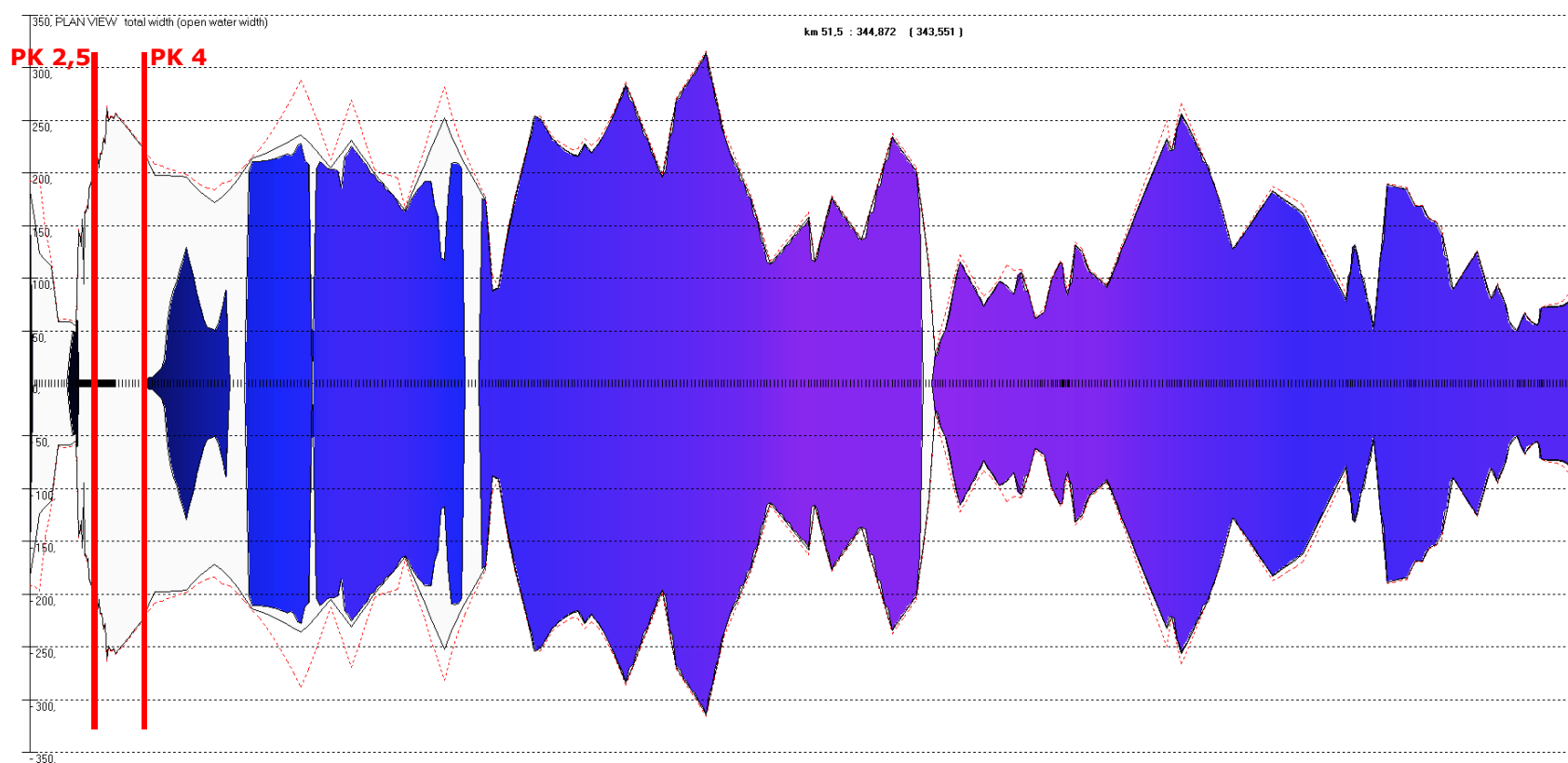


Planche B 5 : Résultats de la modélisation entre l'embouchure et la centrale de la Romaine-1 le 5 mars 2018

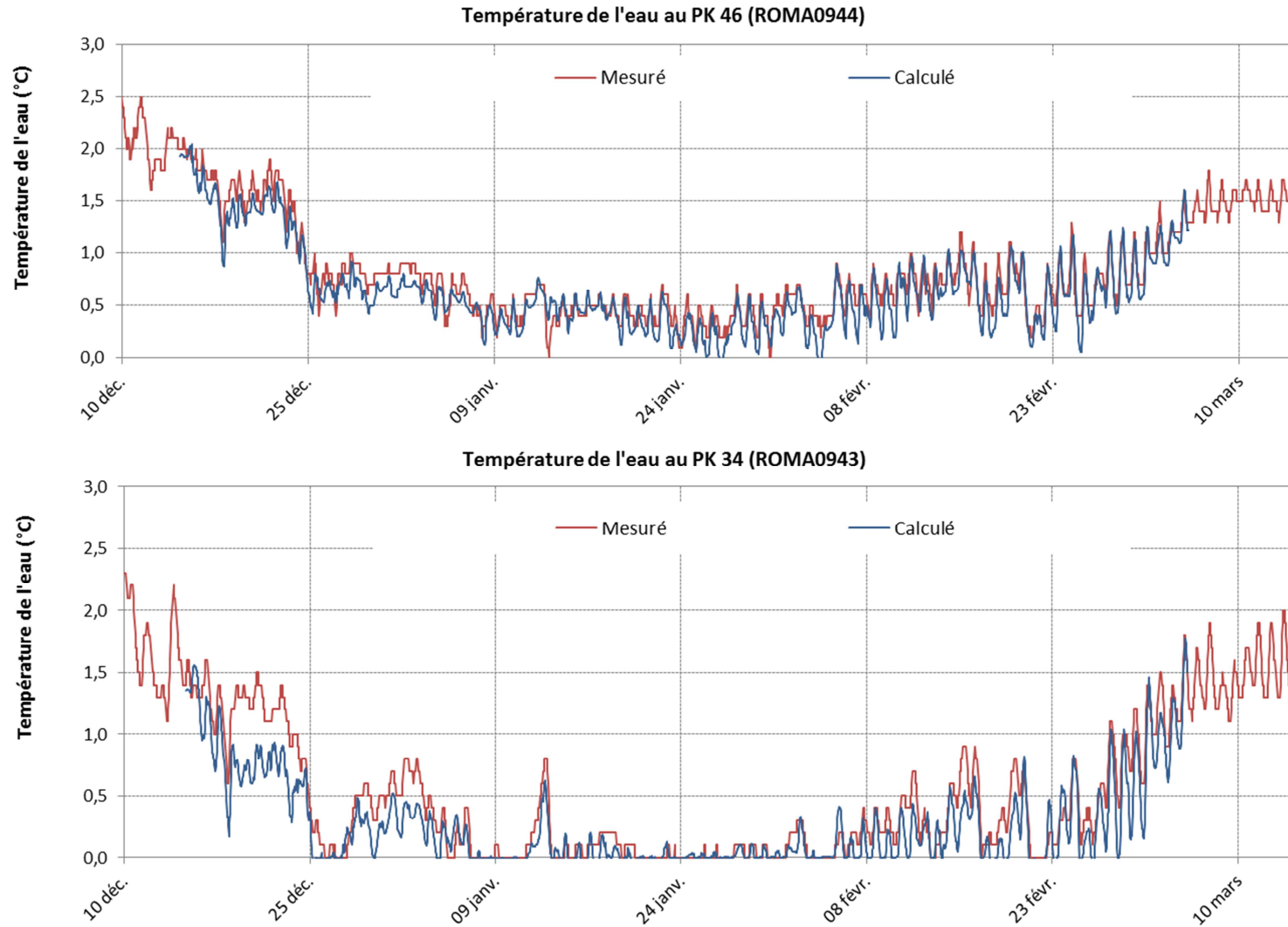


Planche B 6 : Comparaison des températures de l'eau mesurées et calculées aux PK 46 et 34

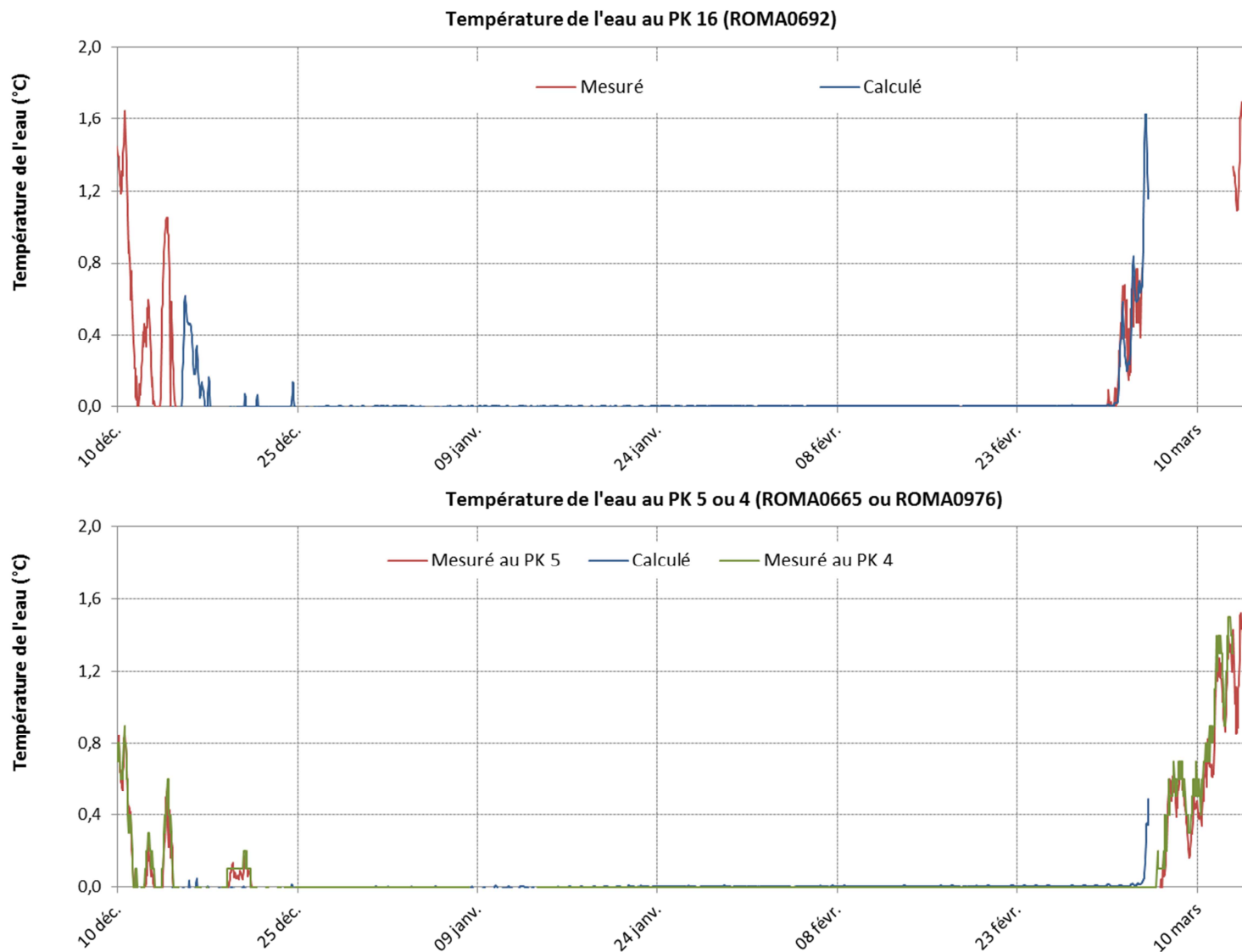


Planche B 7 : Comparaison des températures de l'eau mesurées et calculées aux PK 16, 5 et 4