

Complexe de la Romaine

Suivi environnemental 2018 en phase exploitation

Suivi de l'hydrologie, de l'hydraulique et du régime thermique de la rivière Romaine



Station hydrométrique de la rivière Romaine au PK 5

Version finale

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

Novembre 2019

Complexe de la Romaine

Suivi environnemental 2018 en phase exploitation

Suivi de l'hydrologie, de l'hydraulique et du régime thermique de la rivière Romaine

Préparé par:

Révision avant émission:

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

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

Version finale

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

Novembre 2019

Équipe de réalisation

UNITÉ CONCEPTION DES AMÉNAGEMENTS DE PRODUCTION, HYDRAULIQUE ET GÉOTECHNIQUE

Isabelle Thériault, ingénieure

UNITÉ SOUTIEN ENVIRONNEMENTAL – EST ET RÉSEAUX AUTONOMES, DIRECTION ENVIRONNEMENT

Maude Richard St-Vincent, coordonnatrice du suivi environnemental en exploitation

UNITÉ PROJETS ET ÉVALUATIONS ENVIRONNEMENTALES

Pierre Vaillancourt, chargé de projets environnement

UNITÉ GÉOMATIQUE

Guy Bouchard, ingénieur

Gilbert Dufresne, arpenteur géomètre et chargé de mandat

Jean Vincent, conseiller en développement SIG

SOMMAIRE ET CONCLUSIONS

Auteur et titre (aux fins de citation):

HQIESP, 2019. *Complexe de la Romaine. Suivi environnemental 2018 en phase exploitation. Suivi de l'hydrologie, de l'hydraulique et du régime thermique de la rivière Romaine*. Préparé par I. Thériault. Unité Conception des aménagements de production, Hydraulique et géotechnique pour Hydro-Québec, région Manicouagan, 54 p. et annexes.

Sommaire et conclusions:

Ce rapport fait partie du suivi environnemental entrepris dans le cadre du projet du Complexe de la Romaine. Il présente les débits, les niveaux et les températures de l'eau mesurés entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre 2018 sur l'ensemble de la zone d'étude aménagée. La période de suivi correspond à la première année complète de l'exploitation de l'aménagement de la Romaine-3 et la poursuite de l'exploitation des aménagements de la Romaine-1 et de la Romaine-2.

Le suivi des débits permet entre autres de valider si les engagements liés au régime de débit réservé et aux modalités d'exploitation sont respectés. Le débit est un intrant essentiel à la compréhension des autres éléments du milieu physique comme le régime des glaces ou le régime sédimentologique ainsi que des milieux biologiques et humains. Le suivi du régime thermique vise à connaître les modifications qui résulteront de l'aménagement des réservoirs et de comparer les observations aux prévisions de l'étude d'impact.

Dans le tronçon de rivière qui a été court-circuité entre l'évacuateur de crue et la centrale de la Romaine-2, correspondant à une distance d'environ 6 kilomètres, le débit réservé minimal de 2,7 m³/s a été assuré en tout temps. Au site de Romaine-3, un tronçon de rivière de 3,5 km sépare le pied du barrage de la sortie de la centrale. Hydro-Québec doit y maintenir un débit réservé de 2,2 m³/s. Un retard dans l'ouverture des vannes assurant le débit réservé a fait en sorte que le débit est descendu à 2,0 m³/s, les 1 et 2 janvier. La situation s'est reproduite les 6 et 7 mars et 17 avril et le débit minimum a atteint 1,42 m³/s pendant quelques minutes, au moment des manœuvres d'ajustement des vannettes.

Selon ce qui était prévu à l'étude d'impact, le débit d'exploitation de la centrale de la Romaine-1 devait varier habituellement entre 200 m³/s et 400 m³/s, de sorte qu'il devait

être presque tout le temps supérieur aux débits réservés prévus (Hydro-Québec, 2008). Tout au long de l'année, l'exploitation de la centrale de la Romaine-1 a assuré le maintien du régime de débit réservé minimal en aval du PK 51, qui peut varier entre 140 et 200 m³/s selon les périodes de l'année. Il n'y a pas eu un court moment où un arrêt de groupe inopiné a entraîné le non-respect du débit réservé au cours de l'année 2018. Ce moment a été trop court pour qu'une baisse du niveau d'eau soit enregistrée à l'emplacement des frayères. Le débit est descendu légèrement sous le débit réservé pendant quelques heures durant la période printanière et la période estivale. Puis, chaque fois qu'il était planifié de réduire le débit de la centrale sous le débit réservé, l'évacuateur de crue a été ouvert quelques minutes plus tôt afin de compenser. Les niveaux enregistrés en aval n'ont donc pas été affectés pendant ces événements.

La centrale a été exploitée selon les différentes modalités d'exploitation applicables à l'aval de la centrale de la Romaine-1 mais les variations de débits turbinés en hiver ont été parfois plus grandes qu'anticipées à l'étude d'impact et ont entraîné des variations de niveau d'eau plus importantes à l'aval. À la fin de l'automne, les directives d'exploitation du complexe ont été ajustées afin que l'amplitude des variations de débits se limite à 200 m³/s, sauf lors de besoins de puissance jugés exceptionnels.

Le débit à l'embouchure dépend du débit provenant de l'aménagement de la Romaine-1 auquel s'ajoute celui des tributaires naturels. Le débit annuel moyen dans la zone de l'embouchure a été semblable à la moyenne enregistrée de 1999 à 2014. Il a été plus élevé en hiver pendant que la demande en énergie était élevée et parce que le débit réservé de la centrale dépasse le débit naturel. Au début de la crue printanière, les réservoirs de la Romaine 3 et Romaine 2 ont contribué à emmagasiner une partie de la crue et le débit à l'embouchure est demeuré bas en mai. Il a augmenté en juin lorsque les déversements permettant de gérer la crue ont eu lieu. Durant l'été, l'automne et le début de l'hiver 2018-2019, les débits ont été plus faibles que les apports moyens enregistrés de 1999 à 2014.

Les mesures de température de l'eau prises à différents endroits sur la rivière ont confirmé l'influence des réservoirs de la Romaine 2 et de la Romaine 3. La température dépasse le point de congélation en hiver jusqu'à une position qui se situe entre le PK 34 et le PK 16, selon la température de l'air, alors qu'elle atteignait le point de congélation partout sur la rivière en conditions naturelles. Dès le début de mars toutefois, l'eau dépasse le point de

congélation partout sur la rivière. Comme cela était anticipé, le réchauffement de l'eau débute plus tôt au printemps, mais évolue plus lentement qu'en conditions naturelles. Durant la période estivale, les températures enregistrées en aval de la Romaine-1 sont de 5,0 à 7,8°C plus froides que celles enregistrées sur la rivière Romaine Sud-Est (station témoin) ou de 4,5 à 7,3°C plus froide que celle de la Puyjalon (seconde station témoin), alors qu'elles étaient semblables en conditions naturelles. À l'inverse, elles se refroidissent plus lentement à l'automne. Les températures évoluent de façon semblable d'une année à l'autre et comme à chaque année, elles accusent un retard sur le cycle naturel et le cycle prévu à l'étude d'impact.

Les mesures du profil vertical des températures de l'eau dans le réservoir de la Romaine 2 confirment la stratification qui s'y établit en hiver et en été comme cela a été observé de 2015 à 2017. Au printemps, la température se réchauffe en surface, mais le profil mesuré au début de juin montre que le réservoir était toujours isotherme, ce qui retarde de deux semaines la période moyenne prévue à l'étude d'impact. Le 13 août, la température moyenne de la couche de surface est de 19°C, ce qui est semblable à la moyenne prévue. L'eau de surface se refroidit à l'automne; elle atteint 13,1°C, le 2 octobre et 10,6°C, le 17 octobre. Les mesures de la température en aval de la centrale indiquent que l'isothermie aurait été atteinte le 23 novembre. Sous le niveau de l'entrée du canal d'amenée d'eau vers la centrale (210 m), la température ne varie pratiquement plus et se maintient la plupart du temps entre 2,6 et 5,4°C. Tout comme cela a été observé dans les suivis précédents, les profils indiquent que l'évolution de la température de l'eau observée durant l'année 2018 accuse un léger retard, de quelques degrés, par rapport au scénario anticipé.

Enfin, les études en cours sur le suivi de la population du saumon atlantique permettront de répondre aux préoccupations liées aux impacts de ces changements de débits et de températures en aval de la centrale de la Romaine-1.

TABLE DES MATIÈRES

Complexe de la Romaine	1
Suivi environnemental 2018 en phase exploitation.....	1
Complexe de la Romaine	3
Suivi environnemental 2018 en phase exploitation.....	3
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. Conditions à l'état de référence et conditions anticipées	4
1.4. Description de l'étude et objectifs.....	7
2. Méthodologie	9
2.1. Zones d'étude et intrants.....	9
2.1.1. Niveaux et débits.....	9
2.1.2. Régime thermique.....	10
2.2. Méthode.....	14
2.2.1. Niveaux et débits.....	14
2.2.2. Régime thermique.....	18
3. Modalités et limites d'exploitation	19
3.1. Niveaux des réservoirs.....	19
3.2. Débits réservés	19
3.3. Autres modalités d'exploitation.....	19
4. Résultats.....	21
4.1. Niveaux du réservoir de la Romaine 2.....	21
4.2. Niveau du réservoir de la Romaine 3 en 2018.....	22
4.3. Débit dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-2	22
4.4. Débit dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-3	24
4.5. Niveau du réservoir de la Romaine 1	26
4.6. Débit réservé minimum en aval du PK 51.....	26
4.6.1. Période hivernale	28
4.6.2. Période printanière.....	29

4.6.3.	Période estivale.....	29
4.6.4.	Période automnale.....	30
4.7.	Modalité d'exploitation de la centrale de la Romaine-1.....	30
4.7.1.	Période du 1 ^{er} janvier au 6 juin et du 16 novembre au 31 décembre 2018 30	
4.7.2.	Période du 7 juin au 7 juillet 2018	32
4.7.3.	Période du 16 octobre au 15 novembre 2018.....	34
4.8.	Débit dans la zone de l'embouchure	35
4.9.	Température de l'eau	38
4.9.1.	Séries temporelles	38
4.9.2.	Profils verticaux des températures de l'eau dans le réservoir de la Romaine 2.....	45
5.	Conclusion	50
6.	Référence	53

ANNEXE : Cumul des températures en aval du PK 51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Régime de débits réservés écologiques minimums en aval de la Romaine-1	2
Tableau 2 :	Calendrier de suivi du régime thermique et du régime de débits réservés	8
Tableau 3 :	Stations de suivi des débits et niveaux pour les aménagements de la Romaine et le tronçon en aval de la Romaine-1	9
Tableau 4 :	Stations de suivi du régime thermique sur la rivière Romaine	13
Tableau 5 :	Démarrages du deuxième groupe turbine-alternateur à la centrale de la Romaine-1 avant 6h30 en 2018.....	31
Tableau 6:	Températures de l'eau estivales au site de Romaine-1 et en aval.....	42

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Niveau du réservoir de la Romaine 2 en 2018.....	21
Figure 2 :	Niveau du réservoir de la Romaine 3 en 2018.....	22
Figure 3 :	Débit dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-2 en 2018.....	23
Figure 4 :	Débit évacué à l'aménagement de la Romaine-2 en 2018	24
Figure 5 :	Débit dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-3 en 2018.....	25
Figure 6 :	Débit évacué à l'aménagement de la Romaine-3 en 2018	25
Figure 7 :	Niveau du réservoir de la Romaine 1 en 2018.....	26
Figure 8 :	Débit total à l'aménagement de la Romaine-1 et en aval de la Romaine-1 en 2018.....	27
Figure 9 :	Niveaux d'eau enregistrés le 5 février 2018 en aval de l'aménagement de la Romaine-1 en 2018.....	28
Figure 10 :	Débit total à l'aménagement de la Romaine-1 et en aval de la Romaine-1 entre le 7 juin et le 7 juillet 2018.....	34
Figure 11 :	Débit total à l'aménagement de la Romaine-1 et en aval de la Romaine-1 entre le 16 octobre et le 15 novembre 2018.....	35
Figure 12 :	Débit mesuré en 2018 et valeurs minimales, maximales et moyennes obtenues de 1999 à 2014 à l'embouchure de la Romaine	37
Figure 13 :	Températures de l'eau observées en 2018 comparées aux prévisions de l'étude d'impact	41
Figure 14:	Température de l'eau mesurée sur le cours inférieur de la Romaine en 2018.....	43
Figure 15 :	Températures de l'eau mesurées au PK 46 de 2015 à 2018 (station ROMA0944)	44
Figure 16 :	Températures de l'eau mesurées au PK 34 en 2015 à 2018 (station ROMA0943)	44
Figure 17:	Profil vertical de la température de l'eau mesurée en hiver 2018 dans le réservoir de la Romaine 2.....	47
Figure 18 :	Profils verticaux de la température de l'eau mesurée en été 2018 dans le réservoir de la Romaine 2.....	47
Figure 19 :	Profils verticaux de la température de l'eau mesurée en automne 2018 dans le réservoir de la Romaine 2.....	48

Figure 20 :	Comparaison des profils verticaux de températures observées aux étés 2015 à 2018 et prévues à l'étude d'impact.....	48
Figure 21 :	Profils verticaux de la température de l'eau mesurés en 2018.....	49
Figure A- 1 :	Cumul des températures de l'eau au PK 46 (Station ROMA0944).....	A1
Figure A- 2 :	Cumul des températures de l'eau au PK 34 (Station ROMA0943).....	A2
Figure A- 3 :	Cumul des températures de l'eau au PK 16 (Station ROMA0692).....	A3
Figure A- 4 :	Cumul des températures de l'eau au PK 5 (Station ROMA0665).....	A4

LISTE DES CARTES

Carte 1:	Stations hydrométriques.....	11
----------	------------------------------	----

1. Introduction

1.1. Mise en contexte

Hydro-Québec construit un complexe hydroélectrique de 1 550 MW sur la rivière Romaine, au nord de la municipalité de Havre-Saint-Pierre, sur la Côte-Nord. Ce complexe est composé de quatre aménagements hydroélectriques dont la production énergétique moyenne annuelle s'élèvera à 8 TWh par année.

Chacun des aménagements comprendra un barrage en enrochement, une centrale munie de deux groupes turbines-alternateurs et un évacuateur de crues. La superficie totale des quatre réservoirs projetés est de 279 km².

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 suivant le remplissage du réservoir prévu débuter au printemps 2020. Il sera doté d'une centrale en surface de 245 MW munie de deux groupes. La mise en eau du réservoir de la Romaine 3 a été complétée en juin 2017. La centrale de la Romaine-3, localisée au PK 158,4 de la rivière, a été mise en service en septembre 2017. L'aménagement de la Romaine-2 a été construit plus en aval, à la hauteur du PK 90,3. Celui-ci a été mis en service en décembre 2014 et produit 640 MW. 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.

À noter que les activités de suivi des différentes composantes de ce rapport sont requises en vertu des engagements et obligations provenant notamment de l'étude d'impact (Hydro-Québec, 2007) et du programme de suivi environnemental 2009-2040 transmis aux autorités gouvernementales.

1.2.2. Engagements et obligations spécifiques

Un des éléments importants de ce programme de suivi concerne le saumon atlantique, une espèce hautement valorisée, mais dont la population dans la rivière 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 (voir tableau 1), 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.

Tableau 1 : Régime de débits réservés écologiques minimums en aval de la Romaine-1

Période biologique	Date	Débit réservé minimum (m ³ /s)
Période estivale	8 juillet au 15 octobre	170
Période automnale	16 octobre au 15 novembre	200 (le plus stable possible)
Période hivernale	16 novembre au 6 juin	140
Période printanière	7 juin au 7 juillet	200 (éviter les variations soudaines)

Selon l'étude d'impact, le débit d'exploitation du complexe devait varier typiquement entre 200 et 400 m³/s. Il sera donc supérieur au débit réservé écologique pendant la quasi-totalité du temps (Hydro-Québec, 2007). De plus, Hydro-Québec a mis en place les

mesures d'atténuation suivantes pour la gestion des débits en aval de la centrale de la Romaine-1 :

Entre le 7 juin et le 7 juillet, durant la période d'émergence des alevins de saumon, réduire au minimum les variations soudaines de débits et lorsque des changements sont requis, augmenter ou réduire le débit progressivement.

Maintenir un débit réservé stable durant toute la période de fraie du saumon atlantique (période ciblée entre le 15 octobre et le 15 novembre¹) pour éviter de déranger les géniteurs durant le creusage des nids et la ponte des œufs. Le débit minimum est de 200 m³/s. Dans le cas où le débit prescrit serait augmenté suite à la mise en opération de la deuxième turbine ou l'utilisation de l'évacuateur de crue (> 485 m³/s), le débit à l'aval de la centrale de la Romaine-1 devra demeurer stable et il faudra éviter les modulations horaires du débit pour le reste de la période de fraie¹.

Durant l'hiver, les jeunes saumons sont particulièrement vulnérables aux variations brusques du débit parce que leur capacité natatoire est diminuée par l'eau froide et qu'ils ont tendance à s'enfouir dans le substrat durant le jour. Ils peuvent alors se retrouver coincés dans une zone qui s'assèche quand le débit diminue rapidement. Au stade d'alevin nouvellement émergé, ils sont également sensibles aux variations de débit, car leur petite taille ne leur permet pas de se déplacer facilement. À l'inverse, durant la nuit alors qu'ils sont actifs à l'extérieur du substrat, une hausse subite du débit pourrait les entraîner vers l'aval dans des habitats peu propices à leur survie. 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 fonctionneront 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 sera moins forte, le débit s'établira à 400 m³/s en heures de pointe et à 200 m³/s en périodes

¹ Des observations au terrain peuvent permettre de confirmer la fin de la fraie avant la date ciblée du 15 novembre. Dans ce cas, la modalité requérant une stabilité du débit ne serait plus requise et on passerait à la modalité « hivernale » applicable de novembre à juin.

hors pointe ou les fins de semaine. Les années de faible hydraulité, le débit sera maintenu près de sa valeur minimale de 140 m³/s.

Donc, pour éviter les variations brusques de débits entre le 16 novembre et le 6 juin, la modalité consiste à éviter le démarrage du deuxième groupe turbine alternateur durant les heures d'obscurité, en respectant comme règle de gestion un démarrage de la deuxième turbine après 6h30 le matin, lorsque requis.

Entre le 16 novembre et le 6 juin, éviter l'arrêt du deuxième groupe turbine alternateur en période de clarté, si un démarrage était absolument nécessaire la nuit précédente, en respectant comme règle de gestion un arrêt après 17h30, lorsque requis.

Afin de préserver une partie de l'habitat du poisson dans le tronçon court-circuité de la rivière, entre l'évacuateur de crue de la Romaine-2 et la centrale (environ 6 km), Hydro-Québec doit également maintenir un débit réservé équivalent à 1% du module² dans le tronçon court-circuité, soit 2,7 m³/s. Dans le cas du tronçon court-circuité de la Romaine-3, le débit réservé est de 2,2 m³/s.

Quant au suivi du régime thermique de la Romaine, il vise à connaître les modifications qui résulteront de l'aménagement des quatre réservoirs. Ses résultats contribueront de façon notable à la compréhension de l'évolution des milieux physiques et biologiques et permettront de préciser les périodes pendant lesquelles la glace est présente au-dessus des aires de fraie. Hydro-Québec s'est donc engagée à suivre la température de l'eau au-dessus des frayères et dans le réservoir de la Romaine 2.

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

À l'état naturel, le débit moyen de la rivière Romaine, à l'emplacement du barrage de la Romaine-1 était de 291 m³/s. La crue printanière débutait vers le 1^{er} mai, culminait à une valeur médiane de 1 523 m³/s vers la troisième semaine de mai. Le débit diminuait peu à peu durant la période estivale pour atteindre un étiage moyen de 170 m³/s au cours de l'été. Une seconde crue, généralement moins forte que celle du printemps pouvait se

² Le module d'un cours d'eau correspond à son débit moyen annuel.

produire entre septembre et décembre. Elle atteignait en moyenne 578 m³/s. La crue la plus tardive est survenue le 16 décembre 2010, avec un débit de 1295 m³/s. L'étiage le plus prononcé survenait durant la période hivernale et le débit minimum, de 35 à 85 m³/s selon l'année, était généralement atteint vers la mi-avril.³

Une fois les quatre centrales en exploitation, on prévoyait que le débit serait plus élevé que les débits naturels durant les mois de décembre à avril et qu'il serait plus faible au printemps, en mai et juin. Bien que plus faibles que les débits naturels, on prévoyait que les débits les plus élevés surviendraient au printemps et que la pointe de débit arriverait avec un retard de deux à trois semaines par rapport aux conditions naturelles. Le débit moyen durant les mois de juillet à novembre resterait semblable, mais avec une moins grande variabilité, notamment grâce au débit réservé.

En conditions naturelles, la température se maintenait au point de congélation pendant toute la durée de l'hiver et le restait jusqu'à la mi-avril. Le réchauffement de l'eau débutait lentement à la mi-avril, puis plus rapidement à partir de mai. Elle culminait à une température légèrement au-dessus de 20°C en juillet ou août et se maintenait entre 17 et 22°C entre le 1^{er} juillet et le 15 septembre. En automne, l'eau se refroidissait à partir de la mi-septembre pour revenir près du point de congélation à un moment entre la mi-novembre et le début de décembre.

La création du réservoir de la Romaine 2 a provoqué un rehaussement de près de 100 m du niveau d'eau à l'emplacement du barrage (écart entre le niveau d'eau en conditions naturelles et le niveau maximum d'exploitation du réservoir). Ces grandes profondeurs d'eau provoquent des changements de température de l'eau dans le réservoir et sur l'eau qui en est soutirée, soit par la centrale, soit par l'évacuateur de crue. La température de l'eau dans le réservoir présente une stratification verticale en hiver et en été ainsi qu'une isothermie⁴ à 4°C au printemps et à l'automne (Hydro-Québec, 2007).

³ 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.

⁴ Isothermie : se dit de l'état du réservoir pendant lequel la température de l'eau est la même sur toute la profondeur.

En hiver, la température de l'eau demeure au point de congélation en surface, au contact de la glace, puis elle augmente avec la profondeur. À l'étude d'impact, on prévoyait que la température atteindrait 1°C à une profondeur entre 0,5 et 3 m, 3°C entre 15 et 50 m, puis de 3,5 à 3,9°C dans la partie profonde. Avec le réchauffement printanier, l'eau atteint 4°C sur toute la verticale. Par la suite, une nouvelle stratification s'établit. L'eau se réchauffe en surface, la chaleur progresse en profondeur, mais sous la thermocline⁵, la température de l'eau demeure fraîche. On prévoyait qu'en moyenne, la température de la tranche de 10 m d'épaisseur en surface varierait de 15 à 19°C au cours de l'été. Sous cette couche de température relativement uniforme, la température diminuerait et se maintiendrait à des valeurs de 4 à 5°C à partir de 30 m de profondeur. Selon les prévisions, le refroidissement de l'eau s'amorcerait en septembre et l'eau de la couche superficielle finirait par atteindre 4°C où elle rejoint les températures à plus grande profondeur.

La température de l'eau sortant de l'aménagement de la Romaine-2 dépend de la géométrie du canal d'amenée, du débit et de la température de l'eau à la profondeur où l'eau est soutirée. Puisque l'aménagement est exploité avec un marnage de 19 m (niveaux minimal de 224,8 m et maximal de 243,8 m) jusqu'à la mise en service de la centrale de la Romaine-4, l'eau est puisée à une profondeur pouvant atteindre 30 m. À cette profondeur, des températures estivales de l'ordre de 6 à 7°C étaient prévues. À la sortie de la centrale de la Romaine-2, on prévoyait une moyenne estivale de 9,6°C et un peu plus élevée durant la période transitoire, précédant la mise en service des centrales de la Romaine-3 et de la Romaine-4.

L'eau du réservoir de la Romaine 1 est alimentée par l'eau provenant de Romaine-2. Dans sa partie profonde, qui se trouve entre les PK 62 et 52,5, on prévoyait qu'en hiver la couche superficielle de 15 à 20 m d'épaisseur serait plus froide alors que celle dans les plus grandes profondeurs varierait entre 1,8 et 3,7°C. Après l'isothermie du printemps, on prévoyait l'établissement d'une nouvelle stratification à partir de juin. Il était anticipé que la température de l'eau de la couche de surface augmente de 7°C au début de juin jusqu'à

⁵ Thermocline : zone de transition thermique rapide entre les eaux superficielles (plus chaudes en été et plus froides en hiver) et les eaux profondes.

15 à 16°C au début du mois d'août. Étant donné que cet aménagement est exploité avec un marnage relativement faible (1,5 m), l'eau est soutirée à une profondeur qui ne dépasse pas 5 m, donc dans la couche relativement « froide » en hiver et « chaude » en été.

Pour le tronçon de rivière en aval du PK 51, on prévoyait que la température de l'eau dépasserait légèrement le point de congélation en hiver, que l'eau se réchaufferait plus lentement au printemps et que la température estivale (moyenne de juin à septembre) serait en moyenne de 3,0 °C plus froide que la température en condition naturelle. Durant l'automne, on prévoyait que le refroidissement progresserait plus lentement, pour atteindre les conditions hivernales à la fin de novembre.

Compte tenu du lien très étroit entre les activités biologiques du saumon et la température de l'eau, Hydro-Québec s'est engagée à effectuer un suivi des températures de l'eau sur les frayères à saumon naturelles et une des deux frayères aménagées et dans le réservoir de la Romaine 2.

1.4. Description de l'étude et objectifs

Le présent rapport décrit les conditions hydrologiques et le régime thermique de la rivière Romaine pour la période comprise entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre 2018, tel que défini dans le protocole de suivi environnemental. Le suivi des débits permet entre autres de valider si les engagements liés au régime de débit réservé et aux modalités d'exploitation sont respectés. Le débit est un intrant essentiel à la compréhension des autres éléments du milieu physique comme le régime des glaces ou le régime sédimentologique ainsi que des milieux biologiques et humains. Le suivi du régime thermique vise à connaître les modifications qui résulteront de l'aménagement des réservoirs et de comparer les observations aux prévisions de l'étude d'impact. Le suivi de la température de l'eau contribue également à préciser les périodes pendant lesquelles la glace peut être présente à certains endroits d'intérêts dont les sites des frayères⁶. L'ensemble de ces résultats contribueront de façon notable à la compréhension de l'évolution des milieux physiques et biologiques touchés par le projet. La période couvre

⁶ Le suivi du régime des glaces fait l'objet d'un rapport distinct.

donc la troisième année d'exploitation complète de l'aménagement de la Romaine-1, la quatrième année d'exploitation complète de l'aménagement de la Romaine-2 et la première année complète de l'exploitation de l'aménagement de la Romaine-3.

Le tableau 2 précise le calendrier de suivi du régime thermique et du régime de débits réservés.

Tableau 2 : Calendrier de suivi du régime thermique et du régime de débits réservés

Paramètre de suivi	Calendrier
Température de l'eau sur les frayères naturelles	En continu, de 2009 à 2030
Température de l'eau sur la frayère aménagée du PK 49	2014-2030
Température de l'eau dans le réservoir de la Romaine 2 en période d'eau libre	2014 à 2019 et 2020 ⁷
Température de l'eau dans le réservoir de la Romaine 2 en période hivernale	2014-2015, 2015-2016, 2020-2021 et 2021-2022
Respect du régime de débits réservés dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-2	2014 à 2018
Respect du régime de débits réservés dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-3	2017 à 2021
Respect du régime de débits réservés dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-4	2020 à 2024
Tronçon en aval de l'aménagement de la Romaine-1	2014 à 2024

⁷ Ce suivi débutera à la mise en eau du réservoir de la Romaine 4.

2. Méthodologie

2.1. Zones d'étude et intrants

2.1.1. Niveaux et débits

La zone d'étude du suivi couvre les réservoirs de la Romaine 2 et de la Romaine 3, les tronçons court-circuités par ces aménagements, le réservoir de la Romaine 1 et la rivière Romaine en aval de l'aménagement de la Romaine-1.

Les stations utilisées pour le suivi des niveaux et débits sont présentées par secteur au tableau 3. La carte 1 positionne l'ensemble des stations utilisées dans le cadre de ce suivi.

Tableau 3 : Stations de suivi des débits et niveaux pour les aménagements de la Romaine et le tronçon en aval de la Romaine-1

Emplacement	Point kilométrique	Numéro de la station limnimétrique	Début du suivi	Paramètres mesurés
Aménagement de la Romaine-3				
• Amont immédiat du barrage	PK 158	ROMAI_3B	Mai 2017	Niveau
• Aval immédiat du barrage	PK 158	ROMAI_3B	Mai 2017	Débit déversé (tronçon court-circuité)
• Aval de la centrale	PK 155	ROMAI_3C	Septembre 2017	Débit turbiné
Aménagement de la Romaine-2				
• Amont immédiat du barrage	PK 91	ROMAI_2B	Mai 2014	Niveau
• Aval immédiat du barrage	PK 91	ROMAI_2B	Mai 2014	Débit déversé (tronçon court-circuité)
• Aval de la centrale	PK 84	ROMAI_2C	Novembre 2014	Débit turbiné
Aménagement de la Romaine-1				
• Amont immédiat du barrage	PK 52,5	ROMAI_1B	Septembre 2015	Niveau
• Aval immédiat du barrage	PK 52,5	ROMAI_1B	Septembre 2015	Débit déversé (tronçon court-circuité)
• Aval de la centrale	PK 51,5	ROMAI_1C	Septembre 2015	Débit turbiné

Tableau 3 (suite) : Stations de suivi des débits et niveaux sur l'aménagement de la Romaine-2 et le tronçon en aval de la Romaine-1

Emplacement	Point kilométrique	Numéro de la station limnimétrique	Début du suivi	Paramètres mesurés
Tronçon en aval de la Romaine-1				
• Aval de la centrale	PK 51,5	ROMAI_1C	2015	Niveau aval de la centrale
• Cours aval de la Romaine	PK 51	ROMA0945	2008	Niveau d'eau
• Cours aval de la Romaine	PK 46	ROMA0944	2008	Niveau et débit (mesuré par jaugeage)
• Cours aval de la Romaine	PK 34	ROMA0943	2008	Niveau
• Cours aval de la Romaine	PK 16	ROMA0692 ⁸	2000	Niveau et débit (mesuré par jaugeage)
• Cours aval de la Romaine	PK 5	ROMA0665	1999	Niveau et débit (mesuré par jaugeage)
• Cours aval de la Romaine	PK 1	EROM0690	2003	Niveau et débit (mesuré par jaugeage)

Note : Dans l'appellation des stations (par exemple ROMAI_3B), le chiffre 3 désigne l'aménagement (Romaine-3) et la lettre B ou C, s'il s'agit d'une station mesurant le niveau d'eau au site du barrage (B) ou de la centrale (C).

2.1.2. Régime thermique

Le suivi du régime thermique dans le cours aval de la rivière Romaine est réalisé à l'aide de données provenant de stations de mesure de la température de l'eau situées aux mêmes emplacements que les stations limnimétriques, sur l'ensemble de la rivière Romaine entre les PK 84 et 53 ainsi qu'entre la sortie de la centrale de la Romaine-1 et son embouchure. Des sondes de températures ont également été placées en 2009 au-dessus des frayères à saumon naturelles répertoriées aux PK 34 et 46 et de la frayère aménagée du PK 49 en 2014. Ces stations sont identifiées au tableau 4.

⁸ La station ROMA0692 remplace la station 073801 depuis mai 2014.

Une chaîne de thermistance a été installée dans le réservoir de la Romaine 2 à la fin de l'automne 2014 afin de mesurer le profil vertical de la température en continu. Peu de temps après son installation, celle-ci a été endommagée par les glaces et le bois flottant et aucune donnée n'a pu être récupérée jusqu'à maintenant⁹. Afin de pallier à ce manque, des profils verticaux à différents moments durant l'année 2018 ont été réalisés tout comme depuis 2015. Enfin, les températures de l'eau aux stations sont mesurées à cadence horaire, mais seules les moyennes journalières sont présentées.

Tableau 4 : Stations de suivi du régime thermique sur la rivière Romaine

Emplacement	Point kilométrique	Numéro de la station	Début de l'enregistrement
Aménagement de la Romaine-2			
• Aval de la centrale de la Romaine-2	PK 84	ROMA0986	Décembre 2014
Aménagement de la Romaine-1			
• Amont immédiat du barrage	PK 53	ROMA0982	Juin 2014 (démantelé avant la mise en eau)
• Amont immédiat du barrage	PK 53	ROMA0989	Août 2015 ¹⁰ (remplace la station ROMA0982)
Stations témoin			
• Romaine Sud-est	ND	ROMA0715	2009
• Puyjalon	PK 1,8	RPUY0680	2018
Tronçon en aval de Romaine-1			
• Frayère aménagée	PK 49	ROMA0983	2014
• Frayère naturelle	PK 46	ROMA0944	2009
• Frayère naturelle	PK 34	ROMA0943	2009
• Cours aval de la Romaine	PK 16	ROMA0692	2004
• Cours aval de la Romaine	PK 5	ROMA0665	1999

⁹ La présence abondante de débris ligneux se déplaçant sur le réservoir sur plusieurs années rend l'installation et l'opération d'une chaîne de thermistance difficilement praticables et fonctionnelles.

¹⁰ La station ROMA0989 a remplacé la station ROMA0982 entre août 2015 et juillet 2016.

2.2. Méthode

L'ensemble des mesures effectuées dans le cadre de l'exploitation des aménagements doivent être traitées de la façon décrite dans les paragraphes qui suivent pour préciser le débit aux différents sites.

2.2.1. Niveaux et débits

- Méthode de la « relation niveau-débit »

Des limnimètres, installés à différents emplacements sur la rivière Romaine et dans les réservoirs ont enregistré le niveau d'eau à cadence horaire en 2018 (Carte 1). Des mesures ponctuelles de débits au terrain, effectuées aux principaux emplacements et se répartissant sur la plus grande gamme des débits possibles, ont permis d'établir une correspondance entre le niveau d'eau et le débit (tableau 2). Cette correspondance s'exprime sous forme d'une ou plusieurs équations, désignée « *relation niveau-débit* ». Par exemple, le débit mesuré au PK 16 de la rivière Romaine s'exprime comme suit:

$$Q = 12,518 (H-6,67)^{2,944}$$

où Q est le débit (m^3/s) et H est le niveau d'eau mesuré (m).

Ces équations sont par la suite utilisées pour reconstituer les débits à partir des niveaux mesurés sur toute la période du suivi.

- Impacts du couvert de glace sur les valeurs des niveaux d'eau

Les stations ROMA0944, située au PK 46 et ROMA0692, située au PK 16 servent à valider le respect du débit réservé. En 2018, le niveau de ces deux stations n'a pas été affecté par la présence de glace. D'une part, très peu de glace se forme sur le tronçon de rivière compris entre le PK 35 et 51, de sorte que les niveaux ne subissent pas de rehaussement. Les niveaux d'eau de la station ROMA0692 du PK 16 ne semblent pas avoir été affectés par la présence de glace, ce qui est vraisemblable puisque cette station est située immédiatement en amont d'une chute. De ce fait, les risques de formation de glace de fond et le frottement sous la couverture de glace sont moins importants. Les valeurs de niveaux à cette station enregistrés à la station ROMA0944 du PK 46 ont permis de valider le respect du débit réservé étant donné 1) la cohérence des débits aux autres stations

localisées à proximité et 2) les observations au terrain¹¹ selon lesquelles la couverture de glace a été absente la majeure partie de l'hiver.

Le débit a également été mesuré dans la zone de l'embouchure, à la station ROMA0665. Les jaugeages des hivers précédents ont indiqué que les niveaux d'eau de la station ROMA0665, située au PK 5, peuvent être affectés par la présence des glaces. Cela semble avoir été le cas durant l'hiver 2018 puisque la somme des débits turbinés et provenant de la rivière Puyjalon est demeurée inférieure au débit mesuré à l'embouchure pendant les mois de janvier à mars. On a donc utilisé les débits mesurés à la station EROM0690 (PK 1) généralement moins affectée par la glace. Une certaine incertitude subsiste et les débits affichés peuvent donc parfois être surestimés de 10 à 50 m³/s de décembre à février durant cette période. Pendant la période libre de glace, la station ROMA0665 (PK 5) est utilisée pour définir le débit de l'embouchure puisque des jaugeages ont été effectués à cet emplacement.

- Méthodes pour déterminer les débits en aval des aménagements

Le débit réservé dans le tronçon court-circuité par l'aménagement de la Romaine-2 est assuré par des ouvertures dans les trois vannes de l'évacuateur placées à différents niveaux de façon à ce que le débit réservé puisse être assuré pour toute la gamme des niveaux du réservoir (photo 1). Le débit de chacune des vannes est connu grâce à des relations qui ont été établies sur modèle réduit. Pour le tronçon court-circuité par l'aménagement de la Romaine-3, cinq vannettes placées dans chacune des deux vannes assurent le débit réservé, et le débit en fonction de la hauteur d'eau a été déduit à partir de l'étude de Romaine-2.

¹¹ Provenant de l'analyse d'images captées par une caméra fixe à toutes les heures et ce, tous les jours pendant l'hiver.



Photo 1 : Vannettes assurant le débit réservé dans une vanne de l'évacuateur de crue de la Romaine-2

Une relation entre le débit, le niveau amont et l'ouverture des vannes provenant également d'une étude sur modèle réduit est aussi utilisée pour le calcul des débits déversés aux trois évacuateurs. Au site de Romaine-1, il a été ajusté au moment de sa mise en service grâce au débit mesuré par jaugeage au PK 46.

Le débit à la sortie des centrales de la Romaine-3 (PK 155), de la Romaine-2 (PK 84) et de la Romaine-1 (PK 51,5) est également calculé en fonction de la hauteur de chute entre l'amont de la prise d'eau et l'aval de chaque centrale, à partir d'une reproduction à l'échelle réduite de la turbine. Ces relations sont validées en nature par la suite.

- Respect du débit réservé

Le respect du débit réservé est assuré par la mise en place d'encadrements d'exploitation qui dictent les niveaux minimum et maximum d'exploitation des réservoirs, les débits réservés à respecter en fonction de la période de l'année et les modalités particulières d'exploitation des centrales et des évacuateurs de crue. Les opérateurs des centrales (mobiles et CER) doivent s'y conformer en tout temps.

En temps réel, dans le système informatique du Centre de Téléconduite (GEN-4), des alarmes sont programmées pour aviser le répartiteur à l'approche de l'atteinte des débits réservés ou des niveaux maximum ou minimum d'exploitation. Ces alarmes donnent le temps nécessaire au répartiteur pour modifier le mode d'exploitation afin de ne pas exploiter en bas des valeurs de débits réservés.

De plus, comme surveillance supplémentaire, Hydro-Québec Production a mis en place un système d'alarme, via son système d'acquisition et de contrôle des données (SCADA), qui signalent dès qu'un écart entre le débit réservé et le débit réel est observé via un courrier électronique qui est destiné aux gestionnaires des installations concernés ainsi qu'aux conseillers en environnement et au chef gestion des Opérations du Centre de Téléconduite.

Ces deux systèmes de surveillance indépendants permettent de réagir rapidement advenant un non-respect d'un débit réservé.

Aussi, puisque les vannes évacuatrices sont télécommandées dans les installations de la Romaine, le débit réservé peut-être rétabli rapidement via l'évacuateur par l'opérateur CER advenant un déclenchement de groupe(s).

La station du PK 46 (ROMA0944) permet de valider le respect du débit réservé en aval du PK 51 de l'aménagement de la Romaine-1 depuis le début du remplissage du réservoir de la Romaine 2, en mai 2014. Il existe également une station en aval de la centrale et on a pu développer une relation validant le respect du débit. La station ROMA0945 peut aussi être utilisée pour suivre l'évolution des niveaux d'eau et la réaction à toute modification du débit de l'aménagement de la Romaine-1.

- Respect des modalités d'exploitation

Le respect des modalités d'exploitation est assuré d'abord par la mise en place d'encadrements qui dictent les limites d'opération des réservoirs, les débits réservés en fonction de la période de l'année et les modalités particulières d'exploitation des centrales et des évacuateurs. Les opérateurs des centrales doivent s'y conformer en tout temps. Le respect des modalités d'exploitation est vérifié via les mesures et transmission des données en temps réel du système pour toutes les données d'exploitation (débits turbinés et déversés). Les mesures de niveaux sur les tronçons de rivière en aval des

aménagements sont transmises en temps réel par satellite. Les niveaux et débits peuvent être suivis en temps réel à l'aide du logiciel pour la gestion des données hydrométéorologiques « Aquarius », ce qui permet de valider le respect des modalités d'exploitation.

2.2.2. Régime thermique

Pour valider ses prévisions, Hydro-Québec s'est engagée à mesurer la température de l'eau au-dessus des principales frayères naturelles et aménagées ainsi qu'à mesurer la température de l'eau dans le réservoir de la Romaine 2. Des séries temporelles de température de l'eau sont produites à l'aide des données collectées par des sondes thermiques installées à même les stations limnimétriques. Ces sondes thermiques relèvent la température de l'eau avec une précision de $\pm 0,1$ °C aux mêmes intervalles que les relevés de niveau de l'eau, soit 60 minutes. Les données de température de l'eau traitées dans ce rapport sont présentées en moyenne journalière.

La station ROMA0715 située sur la rivière Romaine Sud-Est, le principal tributaire de la Romaine entre les sites de la Romaine-2 et la Romaine-1, sert de station témoin (carte 1). En juillet 2016, une sonde de température a été installée sur la rivière Puyjalon, à environ 1,8 km en amont de sa confluence avec la Romaine. Les mesures sur ces deux tributaires permettent d'évaluer l'ampleur de la modification au régime thermique apportée par la présence du réservoir de la Romaine 2, puisque ces mesures reflètent celles qui auraient prévalu en conditions naturelles dans la rivière Romaine.

Le profil vertical des températures de l'eau dans le réservoir de la Romaine 2 a été mesuré à quelques reprises durant l'année tout comme lors des suivis de 2015 à 2017. Des relevés au terrain ont ainsi été effectués le 17 mars 2018 (hiver), les 14 juin et 13 août pour caractériser l'été et les 2 et 17 octobre pour caractériser l'automne.

Il n'a pas été possible de relever un profil de température au printemps car l'accès au réservoir au moyen d'embarcation a été jugé dangereux à cause de la dérive de glace.

3. Modalités et limites d'exploitation

3.1. Niveaux des réservoirs

Les niveaux d'exploitation des réservoirs de la Romaine 3, de la Romaine 2 et de la Romaine 1 sont définis ci-après :

Niveaux d'exploitation	Réservoir de la Romaine 3	Réservoir de la Romaine 2	Réservoir de la Romaine 1
Maximal	365,8 m	243,8 m	82,3 m
Minimal			
<ul style="list-style-type: none"> ○ Avant la mise en service de l'aménagement de la Romaine-4 	352,8 m	224,8 m	80,8 m
<ul style="list-style-type: none"> ○ Après la mise en service de l'aménagement de la Romaine-4 	352,8 m	238,8 m	80,8 m

3.2. Débits réservés

Un débit réservé de 2,7 m³/s doit être assuré en tout temps dans le tronçon court-circuité se situant entre l'évacuateur de crue et le canal de fuite de la centrale de la Romaine-2 et de 2,2 m³/s dans celui entre l'évacuateur et la centrale de la Romaine-3. Ces débits peuvent être plus élevés, comme c'est le cas quand des déversements sont nécessaires, mais ils ne peuvent jamais être plus faibles.

Il n'y a pas de débit réservé aux centrales de Romaine-2 et Romaine-3. Toutefois, puisque les apports totaux au site de la Romaine-2 représentent 94% des apports au site de la Romaine-1 et que le volume du réservoir de la Romaine 1 ne lui permet de soutenir le débit réservé que pendant une journée, la centrale de Romaine-2 doit être gérée de façon à assurer le respect des engagements en aval de la centrale de la Romaine-1.

Le débit réservé en aval de Romaine-1 qui varie selon les périodes de l'année dans le but de protéger le saumon atlantique en fonction de son cycle vital est donné au tableau 1.

3.3. Autres modalités d'exploitation

Certaines précautions encadrent la modulation du débit puisque certaines fluctuations du niveau pourraient nuire aux saumons juvéniles dans les premiers kilomètres en aval de la

centrale de la Romaine-1. Le régime d'exploitation est donc assujéti aux modalités suivantes :

- Sauf pour le contrôle de la crue printanière, minimiser les arrêts/démarrage de groupes à la centrale durant la période d'émergence des alevins, soit du 7 juin au 7 juillet.
- Entre le 16 novembre et le 6 juin, éviter le démarrage du deuxième groupe turbine-alternateur durant les heures d'obscurité, en respectant comme règle de gestion un démarrage de la deuxième turbine après 6h30 le matin lorsque requis. On demande donc:
 - Pour rencontrer la pointe du matin, attendre après 6h30 avant de démarrer un groupe turbine-alternateur.
 - Si des besoins de puissance rendent absolument nécessaire le démarrage d'un groupe avant 6h30, attendre après 17h30 avant d'arrêter le second groupe.
 - Si un 2^{ème} groupe a été démarré après 6h30, il peut être arrêté et redémarré n'importe quand jusqu'à 17h30.

Ces modalités s'ajoutent à celles qui s'appliquent déjà à la période de reproduction des saumons, qui consistent à maintenir constant le débit entre le 16 octobre et le 15 novembre¹² pour éviter de déranger les géniteurs durant le creusage des nids et la ponte des œufs.

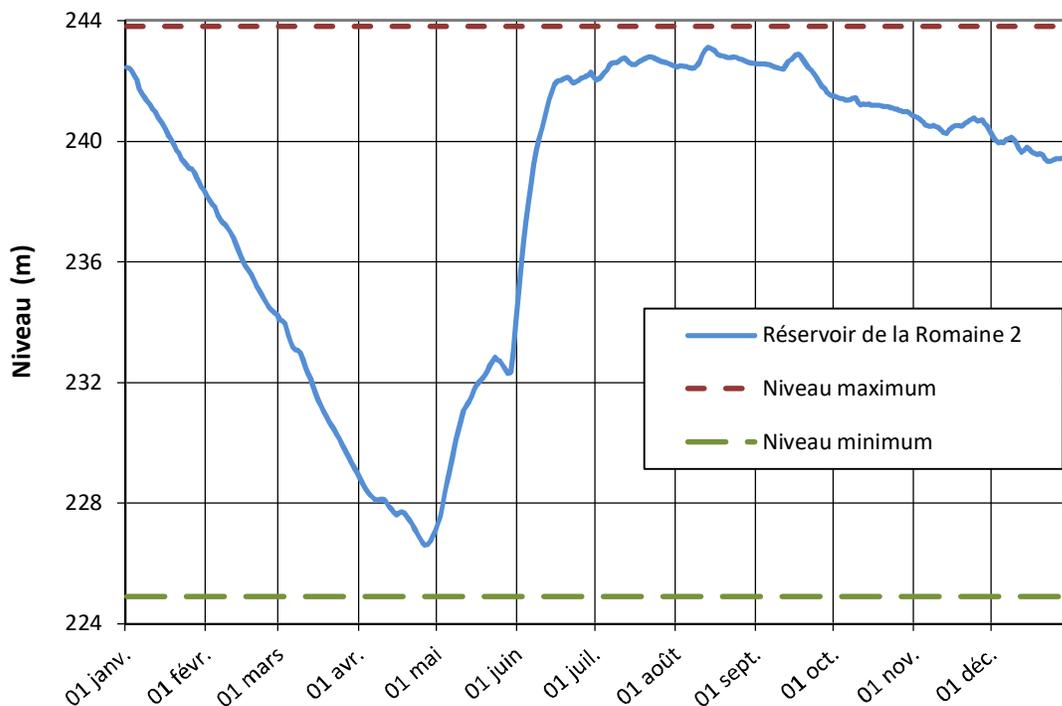
¹² Advenant une confirmation, suite à des observations au terrain, que la fraie sur le cours de la Romaine est bel et bien terminée avant le 15 novembre, il est possible de passer directement au patron de gestion hivernale (16 novembre au 6 juin).

4. Résultats

4.1. Niveaux du réservoir de la Romaine 2

Le niveau du réservoir de la Romaine 2 s'est abaissé graduellement à partir du début de janvier (242,44 m) pour atteindre un minimum de 226,59 m le 26 avril (figure 1). La remontée du réservoir a été rapide, étant donnée les apports naturels élevés. Des déversements en juin ont ralenti la hausse du niveau. Entre le 15 juin et le 15 septembre, le réservoir a été maintenu entre 241,91 et 243,10 m, puis a été abaissé jusqu'à 241,18 m, le 15 octobre, afin de dégager un volume permettant d'absorber de petites crues automnales, tout en stabilisant le débit pendant la fraie du saumon. À cause des apports automnaux plus faibles que la normale, le réservoir a continué à baisser et il atteignait 239,42 m à la fin de l'année.

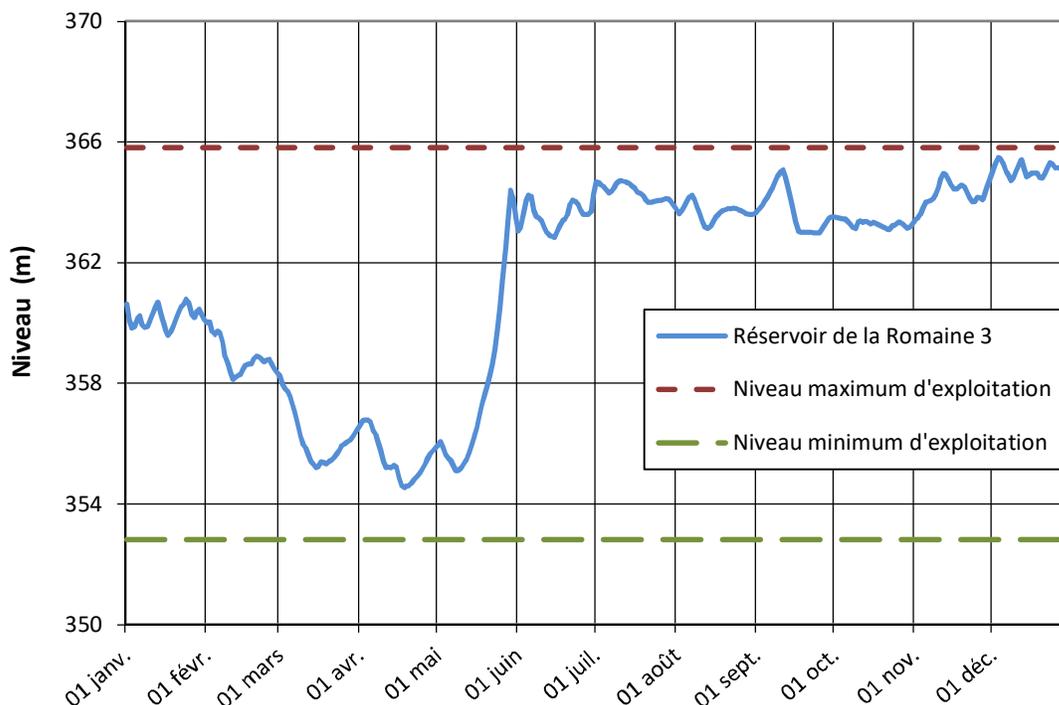
Figure 1 : Niveau du réservoir de la Romaine 2 en 2018



4.2. Niveau du réservoir de la Romaine 3 en 2018

Le niveau du réservoir de la Romaine 3 s'est abaissé graduellement à partir du début de janvier (260,61 m) pour atteindre un minimum de 254,53 m le 18 avril (figure 2). Les apports naturels ont été transférés vers le réservoir de la Romaine 2 entre ce moment et le 9 mai. Par la suite, une partie de la réserve a été reconstituée entre le 15 mai et le 30 mai, puis durant toute la durée du mois de juin, des déversements ont permis de stabiliser le réservoir. Pendant le reste de l'année, le réservoir a été maintenu entre les cotes de 362,83 et 365,48 m. Le 31 décembre, le niveau atteignait 364,80 m.

Figure 2 : Niveau du réservoir de la Romaine 3 en 2018



4.3. Débit dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-2

Un débit réservé de 2,7 m³/s doit être maintenu en tout temps dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-2. Il peut être plus élevé si des déversements sont requis. En 2018, le débit réservé de 2,7 m³/s dans le tronçon court-circuité par l'aménagement de la Romaine-2 a toujours été respecté, comme le montre la figure 3.

Ce tronçon reçoit également le débit évacué lorsque cela est nécessaire, ce qui a été le cas le 11 mai et le 5 juillet afin de contrôler le niveau du réservoir de la Romaine 2 (figure 4). Le débit évacué a varié entre 99 et 785 m³/s et la valeur la plus élevée est survenue le 11 juin. Pendant toute cette période, au moins un groupe turbine-alternateur était à l'arrêt, parfois les deux. Le débit total maximum de l'aménagement a été de 1121 m³/s.

Compte tenu du volume du réservoir de la Romaine 1, lorsque de forts débits sont turbinés ou déversés à l'aménagement de la Romaine-2, on doit aussi déverser à l'aménagement de la Romaine-1.

Figure 3 : Débit dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-2 en 2018

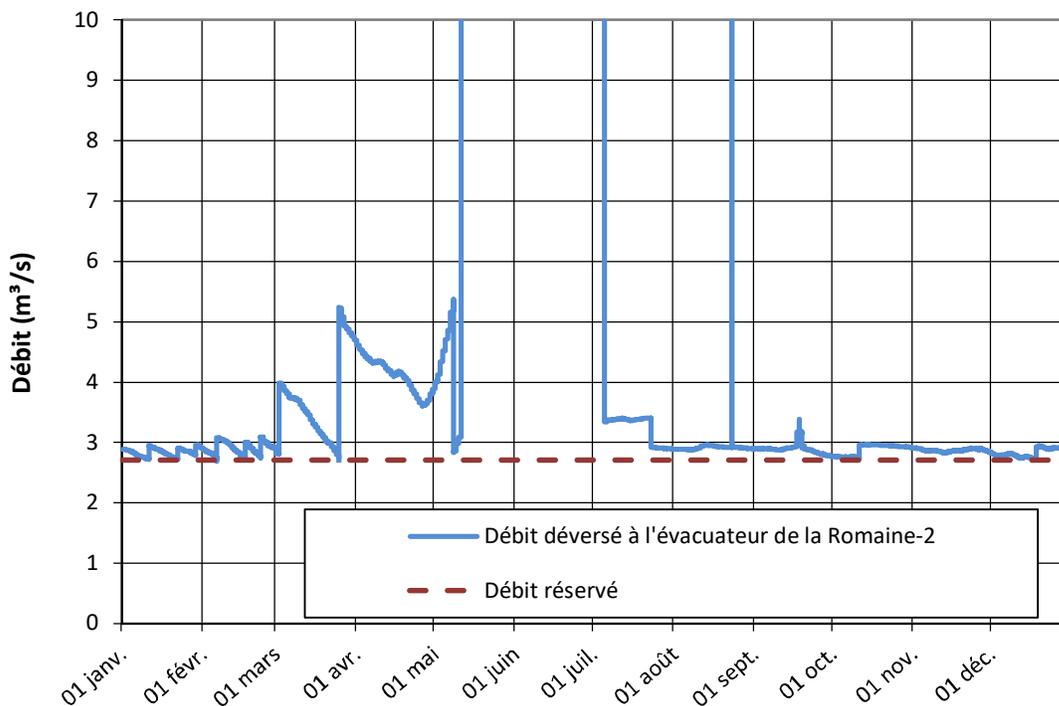
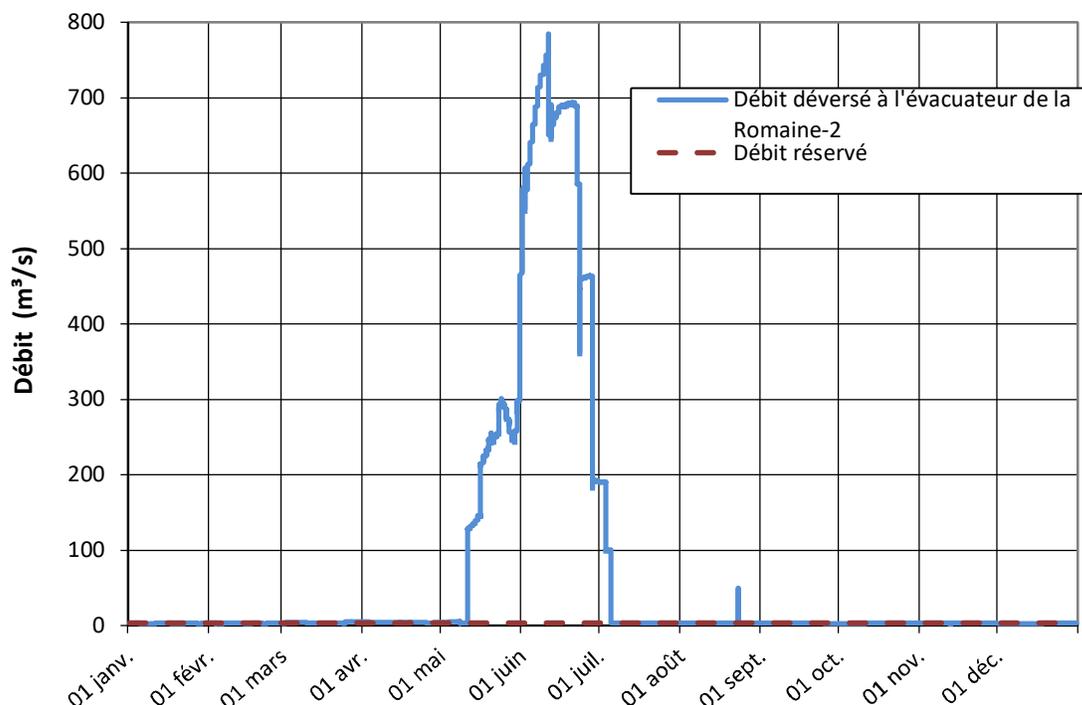


Figure 4 : Débit évacué à l'aménagement de la Romaine-2 en 2018



4.4. Débit dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-3

Un débit réservé de 2,2 m³/s doit être maintenu en tout temps dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-3. Un retard dans l'ouverture des vannettes contrôlant le débit a fait en sorte que le débit est descendu jusqu'à 2,0 m³/s, les 1^{er} et 2 janvier. La situation s'est reproduite les 6 et 7 mars et le 17 avril et le débit minimum a atteint 1,42 m³/s au moment des manœuvres d'ajustement, pendant moins de 10 minutes (figure 5).

Afin de ralentir la remontée du réservoir, des déversements ont eu lieu pendant les mois de mai à juillet (figure 6). La valeur maximale a atteint 1300 m³/s, mais il s'intégrait à un essai lié à la mise en service de l'évacuateur de crues car ce dernier a été de courte durée.

Figure 5 : Débit dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-3 en 2018

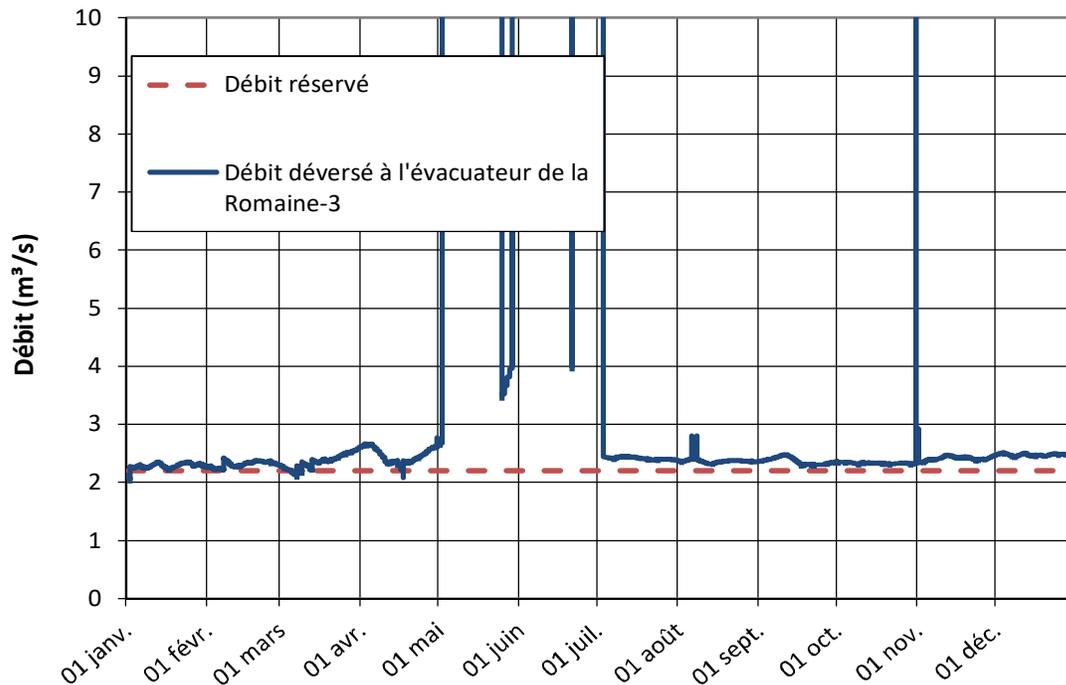
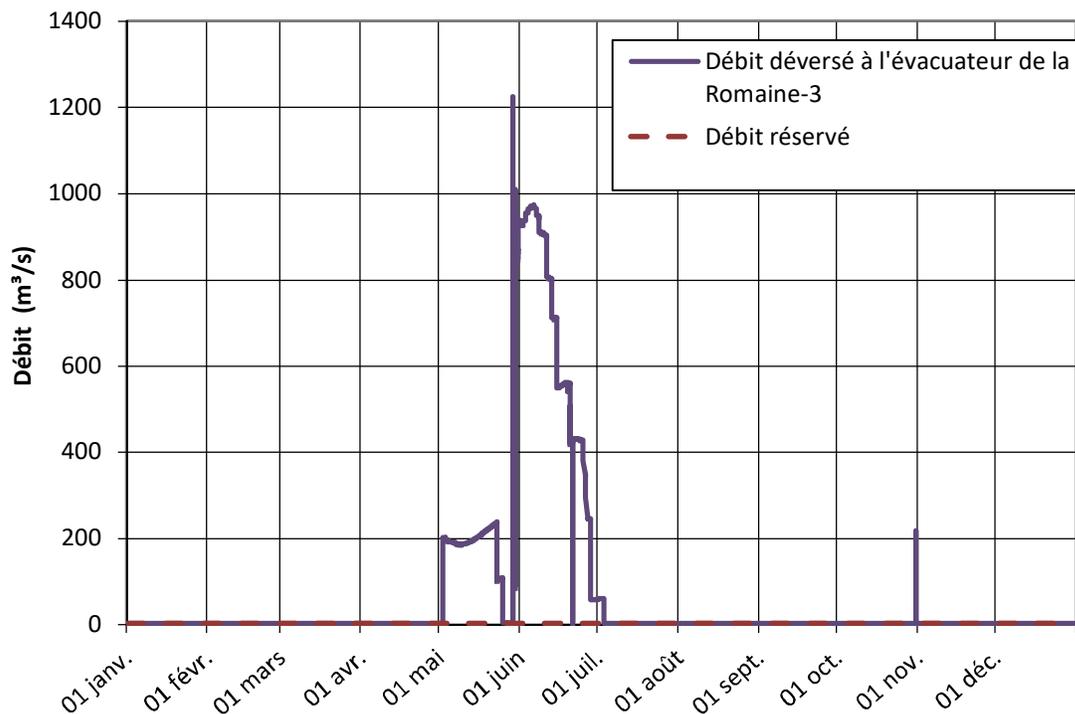


Figure 6 : Débit évacué à l'aménagement de la Romaine-3 en 2018

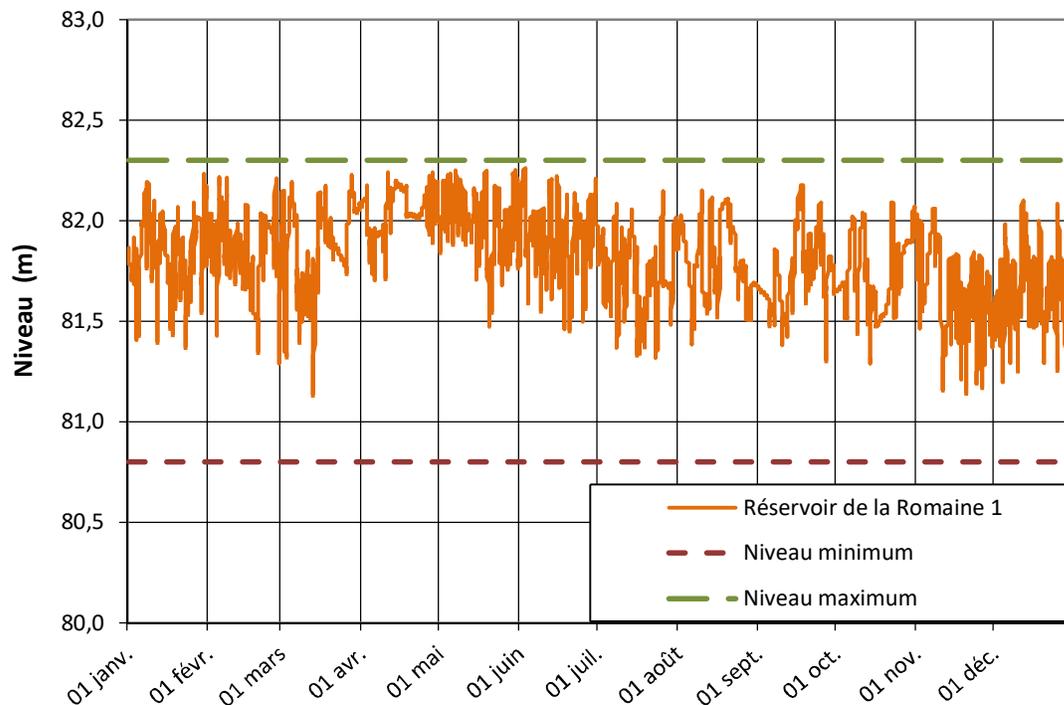


4.5. Niveau du réservoir de la Romaine 1

Le réservoir de la Romaine 1 peut être exploité entre les cotes de 80,8 et 82,3 m. Sa réserve utile de 18 hm³ lui permet d'absorber des interruptions momentanées du débit turbiné à Romaine-2 ou d'augmenter la production pendant un court moment, mais elle ne peut absorber des crues.

Durant l'année 2018, le réservoir a été exploité en tout temps à l'intérieur de ses limites normales d'exploitation (figure 7).

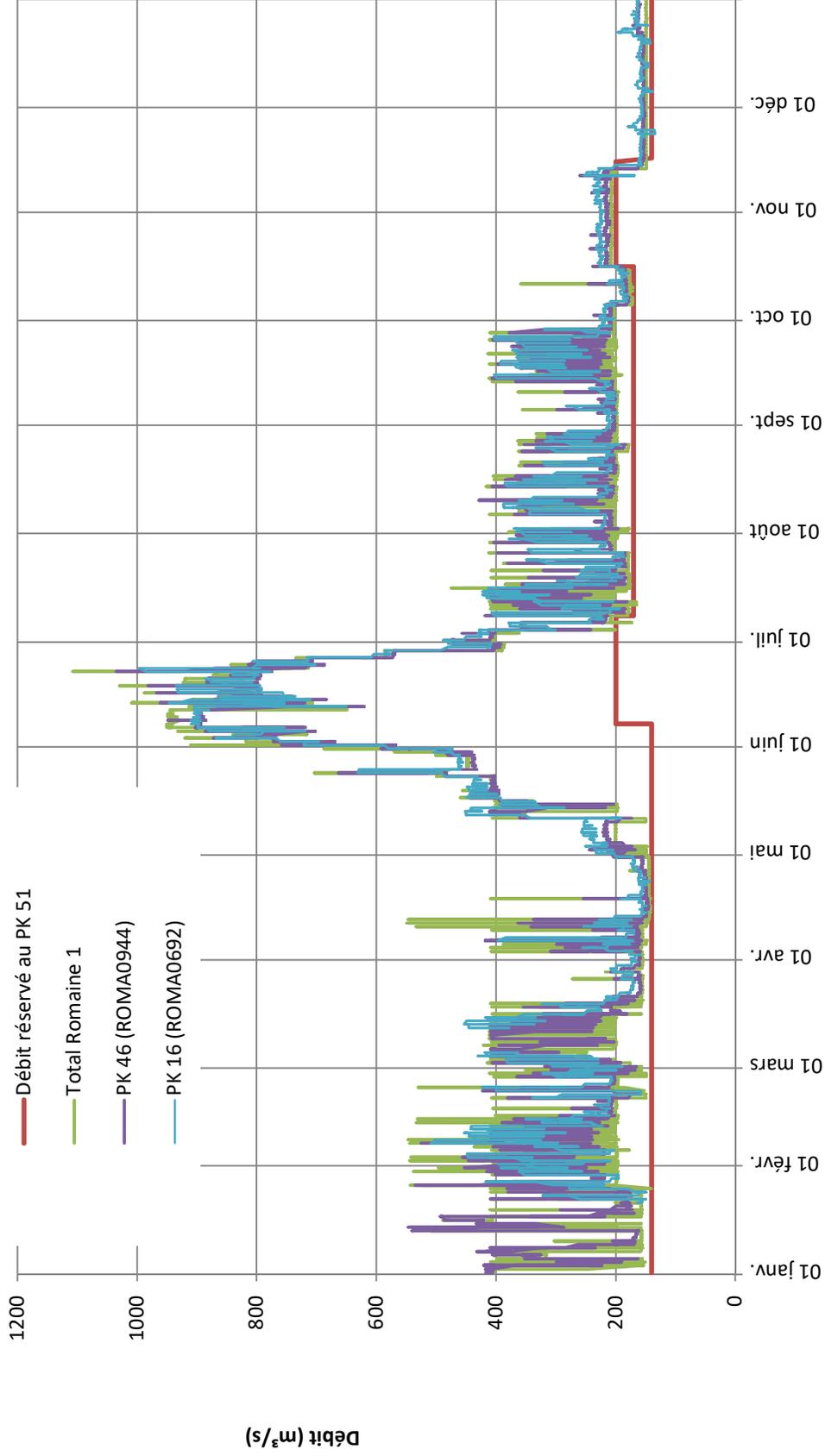
Figure 7 : Niveau du réservoir de la Romaine 1 en 2018



4.6. Débit réservé minimum en aval du PK 51

La centrale de la Romaine-1 est exploitée de façon à assurer en tout temps le respect du débit réservé. En cas d'interruption à la centrale, l'évacuateur de crue doit être ouvert le plus rapidement possible. La figure 8 montre le débit au site de la Romaine-1 et mesuré aux stations plus en aval au cours de l'année 2018.

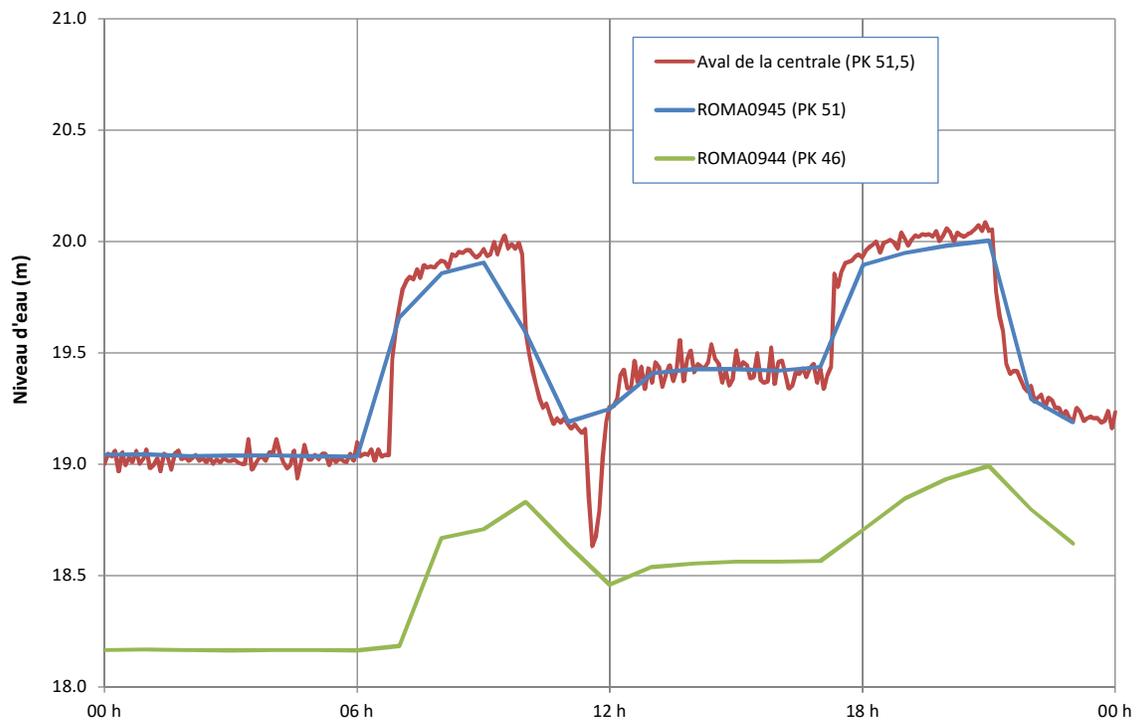
Figure 8 : Débit total à l'aménagement de la Romaine-1 et en aval de la Romaine-1 en 2018



4.6.1. Période hivernale

La période pendant laquelle le régime de débit hivernal s'applique s'étend du 1^{er} janvier au 6 juin et du 16 novembre au 31 décembre 2018. Le débit réservé minimal de cette période est de 140 m³/s. Lorsqu'un arrêt planifié de la centrale est prévu, l'évacuateur de crue est ouvert avant l'arrêt de la centrale. Il n'y a eu un arrêt non prévu à la centrale de la Romaine-1 en 2018 qui a entraîné un non-respect du débit réservé. Le débit turbiné est descendu à 35 m³/s pendant 10 minutes, le 5 février entre 11h30 et 11h40. Cela a entraîné un abaissement du niveau de 55 cm au pied de la centrale, mais la réduction du débit a été trop brève pour affecter le niveau aux PK 51 et 46. Les niveaux enregistrés durant cet événement sont montrés sur la figure 9.

Figure 9 : Niveaux d'eau enregistrés le 5 février 2018 en aval de l'aménagement de la Romaine-1 en 2018



Le 14 mai, entre 13h30 et 16h30, le débit turbiné a été interrompu, mais un débit de 200 m³/s était évacué pendant ce temps et les heures précédant et suivant cette interruption, de sorte que le débit réservé a toujours été respecté pendant cette interruption. Les niveaux en rivière n'ont donc pas été affectés.

À l'étude d'impact, en présence des quatre réservoirs, on prévoyait que le débit atteindrait très rarement le débit réservé et que cela se produirait au tout début de l'hiver advenant une crue automnale très faible ou en tout temps, advenant un bris des deux turbines. En 2018, en l'absence du réservoir de la Romaine 4, on constate que le débit s'est approché de la valeur du débit réservé régulièrement (figure 8).

4.6.2. Période printanière

La période pendant laquelle le régime de débit printanier s'applique s'étend du 7 juin au 7 juillet. Le débit réservé de cette période est de 200 m³/s. Le débit a toujours dépassé cette valeur, à l'exception des courts moments suivants. Entre 9h20 et 10h30 le 4 juillet, le débit turbiné a été de 197 m³/s. Entre 3h05 et 8h40, le 6 juillet, le débit a été de 175 m³/s. Dans les deux cas, il s'agit d'une erreur d'ajustement du débit qui a rapidement été corrigée.

Outre ces deux épisodes, le débit dépassait la plupart du temps largement le débit réservé. Le débit le plus faible a été de 203 m³/s et le plus élevé a été de 1108 m³/s. Les déversements visant à gérer le remplissage des réservoirs ont cessé le 28 juin.

4.6.3. Période estivale

La période pendant laquelle le régime de débit estival s'applique s'étend du 8 juillet au 15 octobre. Le débit réservé de cette période est de 170 m³/s. À l'exception de la période entre 21h20, le 11 juillet et 6h40, le 12 juillet où le débit a varié entre 163 et 167 m³/s, le débit a toujours dépassé cette valeur. Le débit le plus faible a été de 170 m³/s et le plus élevé a été de 475 m³/s. Il n'y a pas eu de déversements à l'évacuateur de crues durant cette période.

4.6.4. Période automnale

La période pendant laquelle le régime de débit automnal s'applique s'étend du 16 octobre au 15 novembre¹³. Le débit réservé de cette période est de 200 m³/s. Le débit peut être plus élevé pour contrôler le niveau des réservoirs, mais s'il est augmenté, il doit ensuite demeurer stable et éviter les modulations horaires durant la fraie du saumon.

Le débit a été ajusté à 200 m³/s, le 16 octobre et a toujours été maintenu entre 200 et 213 m³/s jusqu'au 13 novembre. Selon les observations faites au terrain dans le cadre des suivis du déroulement de la fraie du saumon et du décompte des nids de saumon, la fin de la fraie s'est terminée à partir du 12 novembre. Le 13 novembre, le mode d'exploitation hivernal a été mis en place (du 16 novembre au 6 juin), avec les modulations horaires possibles avec certaines restrictions. Celles-ci seront traitées dans la section hivernale.

4.7. Modalité d'exploitation de la centrale de la Romaine-1

4.7.1. Période du 1^{er} janvier au 6 juin et du 16 novembre au 31 décembre 2018

Entre le 16 novembre et le 6 juin, il est demandé d'éviter le démarrage du deuxième groupe turbine-alternateur avant le lever du jour¹⁴ (6h30) et si cela est absolument nécessaire, il faudra attendre l'obscurité (17h30) avant de le fermer. Cette modalité vise à éviter l'échouage de juvéniles lorsque le débit baisse rapidement ainsi que leur entraînement hors de leurs habitats préférentiels lorsque le débit augmente rapidement.

En 2018, durant la période du 1^{er} janvier au 6 juin, les démarrages ou arrêts de groupes ont été très fréquents afin de répondre à la demande en électricité des clients en périodes de pointe. La plupart des démarrages du second groupe ont eu lieu après 6h30. Entre le

¹³ La période ciblée correspond à la période de fraie du saumon atlantique dans la rivière Romaine. Toutefois, advenant une confirmation, suite à des observations au terrain, que la fraie sur le cours de la Romaine est bel et bien terminée avant le 15 novembre, il est possible de passer directement au patron de gestion hivernale (16 novembre au 6 juin).

¹⁴ En raison des variations des heures du lever et du coucher du soleil entre le 15 novembre et le 6 juin, il a été convenu entre Hydro-Québec et les autorités gouvernementales de fixer les heures suivantes : 6h30 et 17h30.

1^{er} janvier et le 6 juin, les quelques moments où un second groupe a été démarré avant 6h30 sont donnés au tableau 5. Le tableau 5 indique que la modalité n'a pas été respectée les 8 et 31 janvier, les 1, 2 et 23 février.

Tableau 5 : Démarrages du deuxième groupe turbine-alternateur à la centrale de la Romaine-1 avant 6h30 en 2018

Date	Heure de démarrage	Heure d'arrêt	Respect de la consigne
2018-01-08	6h20	8h15	non
2018-01-31	6h10	9h20	non
2018-02-01	6h15	10h00	non
2018-02-02	6h10	12h50	non
2018-02-03	3h45	20h55	oui
2018-02-23	5h50	8h45	non
2018-02-28	5h10	13h15	oui
2018-03-04	4h40	22h15, le 6 mars	oui
2018-03-11	5h55	22h55	oui
2018-03-12	5h50	21h45	oui
2018-03-13	5h10	20h10	oui
2018-03-14	5h10	23h05	oui

Même si la fréquence des variations de débit correspond à celle annoncée à l'étude d'impact, leur amplitude est plus importante. Le débit augmente parfois de 150 à 500 m³/s, ce qui provoque des variations du niveau d'eau de l'ordre de 1,7 m, plutôt que les variations de 1 m annoncées à l'étude d'impact. Afin de conserver une réserve pour les périodes de forte demande, le débit est maintenu à 150 m³/s durant les périodes où la demande est moins forte et augmenté jusqu'à 500 m³/s ou plus aux heures de forte demande. Le débit maximum turbiné enregistré pendant l'hiver a été de 555 m³/s.

Afin s'assurer que la centrale soit exploitée selon le mode qui a été considéré dans l'analyse des impacts environnementaux, des modifications à la directive d'exploitation

ont été apportées afin de limiter les variations de débit. Après la fraie automnale, le débit est ajusté à une valeur dépassant légèrement le débit réservé hivernal (150 m³/s). Il est maintenu stable à cette valeur jusqu'à ce que les besoins en puissance sur le réseau électrique l'exigent. Le débit est augmenté à 200 m³/s, puis après avoir été maintenu pendant plusieurs heures à cette valeur, il est permis de moduler le débit entre 200 m³/s et 400 m³/s, tout en respectant les consignes d'heures de démarrage et d'arrêt, sans revenir au débit de 150 m³/s (sauf en cas d'arrêt imprévu). Par ailleurs, lorsque les besoins de puissance sur le réseau seront particulièrement importants, il sera permis d'augmenter le débit pour atteindre la puissance de 270 MW (environ 500 m³/s). À la fin de la période hivernale, il est permis d'exploiter de nouveau la centrale près du débit réservé afin de conserver une réserve assurant le respect du débit minimum jusqu'à la fin de l'étiage hivernal, mais les modulations de débit jusqu'à 400 m³/s ne seront plus permises.

En accord avec cette nouvelle directive, entre le 13 novembre et le 31 décembre 2018, le débit a été maintenu stable à 150 m³/s.

4.7.2. Période du 7 juin au 7 juillet 2018

Il est demandé de réduire les variations soudaines du débit pendant la période d'émergence des alevins du 7 juin au 7 juillet afin de réduire les risques d'entraînement ou d'échouage des alevins. Durant cette période, le débit à la centrale a connu peu de variations, mais les déversements ont été abondants. Les directives d'Hydro-Québec recommandent d'éviter des variations instantanées ne dépassant pas 200 m³/s. La variation quotidienne (par période de 24 h) ne doit pas dépasser 320 m³/s et un délai minimum de 1 heure doit séparer deux manœuvres. Ces contraintes ne doivent être dérogées que pour éviter le dépassement du niveau maximum d'exploitation de 82,3 m dans le réservoir.

Dans le cadre des discussions tenues en 2009 avec les autorités gouvernementales en lien à cette modalité, les simulations de l'exploitation du complexe indiquaient qu'en moyenne, sur la période du 7 juin au 7 juillet, le nombre moyen d'arrêts et de démarrages des groupes serait de deux par semaine.

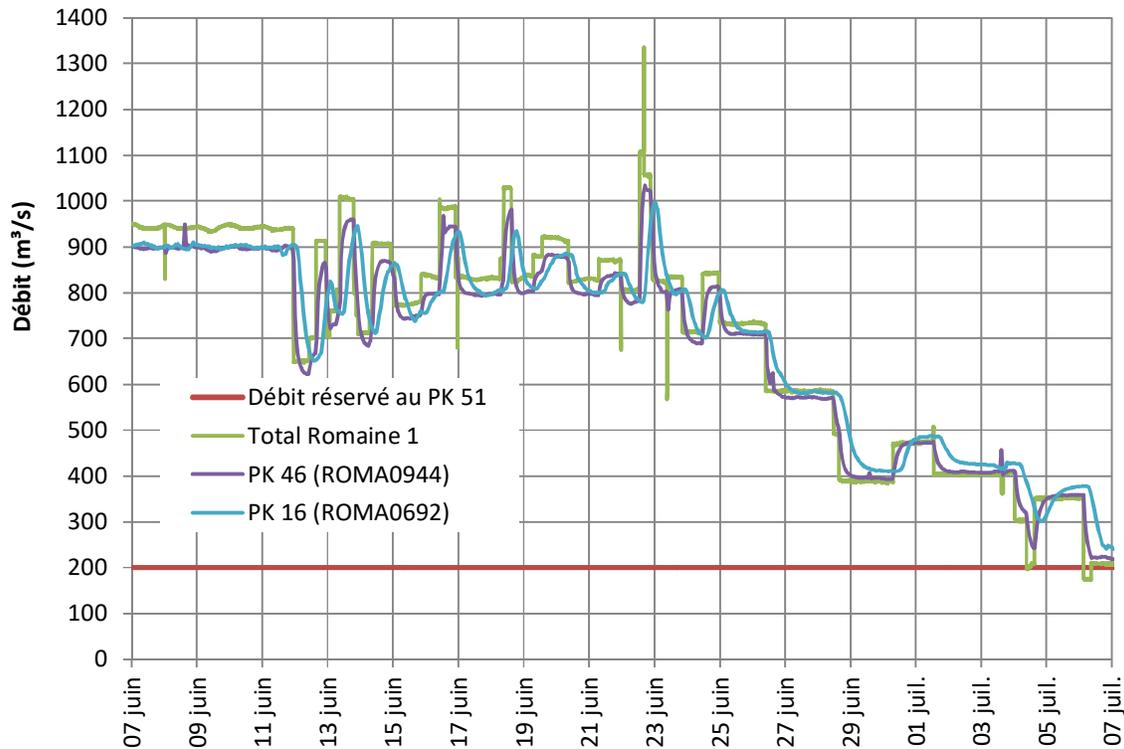
En 2018, durant la période du 7 juin au 7 juillet, il y a eu un total de 42 manœuvres faisant varier le débit et les modifications instantanées ont varié selon des écarts compris entre

40 à 290 m³/s¹⁵. Certaines journées, il y a eu jusqu'à 5 manœuvres à l'évacuateur de crues. Les journées particulièrement actives ont été le 12 juin, avec 4 manœuvres, 13 juin avec 5 manœuvres, 22 juin, avec 4 manœuvres. Certaines manœuvres semblent résulter d'erreurs. Par exemple, le débit a été augmenté de 229 m³/s à 16h10, le 12 juin, puis diminué de 278 m³/s à 16h25, le 22 juin. Le 23 juin, à 9h15, le débit a été diminué de 252 m³/s à 9h15, puis augmenté de 260 m³/s à 9h35.

Les variations de débit pendant cette période apparaissent à la figure 1. Les manœuvres de hausses et de baisses se succédant de quelques minutes ne se propagent pas vers l'aval. Ainsi, les manœuvres à 16h le 22 juin n'ont pas atteint la frayère du PK 46 alors que celles de 9h, le 23 juin n'ont provoqué qu'une variation de 40 m³/s. Toutefois, le niveau aurait dû réagir plus rapidement aux frayères et aires d'alevinage des PK 51 et 49 car elles sont plus rapprochées de l'aménagement. Faute d'appareil mesurant le niveau d'eau, il n'est pas possible de confirmer leur effet.

15 Une sensibilisation auprès des gestionnaires responsables des niveaux des réservoirs et des manœuvres aux évacuateurs de crue a été réalisée à l'automne 2018 afin d'éviter autant que possible les variations de débit durant cette période, même en période de gestion de la crue.

Figure 10 : Débit total à l'aménagement de la Romaine-1 et en aval de la Romaine-1 entre le 7 juin et le 7 juillet 2018

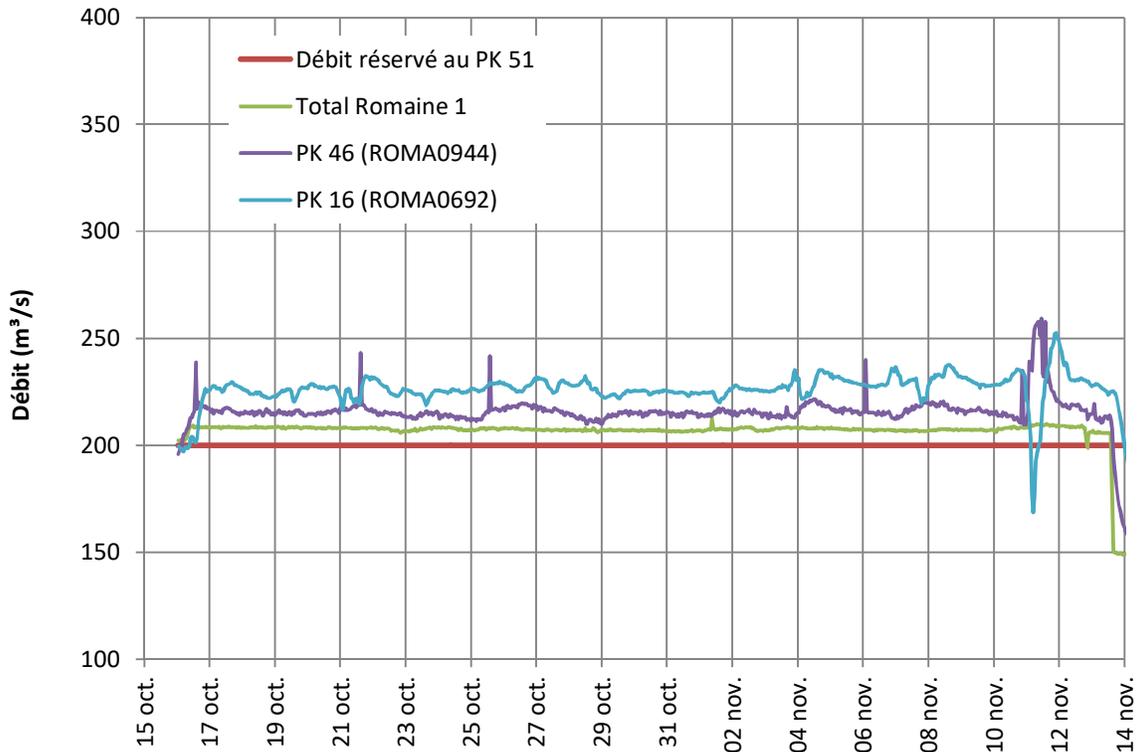


4.7.3. Période du 16 octobre au 15 novembre 2018

Durant cette période, le débit doit être stable et le débit réservé minimal est à 200 m³/s. Si, pour contrôler le niveau des réservoirs de la Romaine 1 et 2, le débit doit être augmenté, il devrait demeurer à cette valeur jusqu'à ce que la fraie du saumon atlantique soit complétée sur le cours aval de la rivière Romaine. La période de fraie a débuté alors que le débit au site de la Romaine-1 se situait à 201 m³/s. Il n'y a eu aucune modulation ou de hausse du débit durant cette période. Les débits aux différentes stations de mesures sont montrés sur la figure 11. Les quelques hausses affichées aux stations des PK 46 et 16 peuvent être attribuées aux apports des tributaires car le débit est resté stable à la centrale. Le débit de 177 m³/s enregistré au PK 16, le 11 novembre semble être lié à une défectuosité de l'appareil car il n'a pas été observé à l'amont ou à l'aval.

Tel que précisé au point 4.6.4, il a été observé au terrain que la fraie était terminée le 12 novembre et, en accord avec le MPO, la centrale a ensuite adopté un mode de gestion hivernale à partir du 13 novembre.

Figure 11 : Débit total à l'aménagement de la Romaine-1 et en aval de la Romaine-1 entre le 16 octobre et le 15 novembre 2018



4.8. Débit dans la zone de l'embouchure

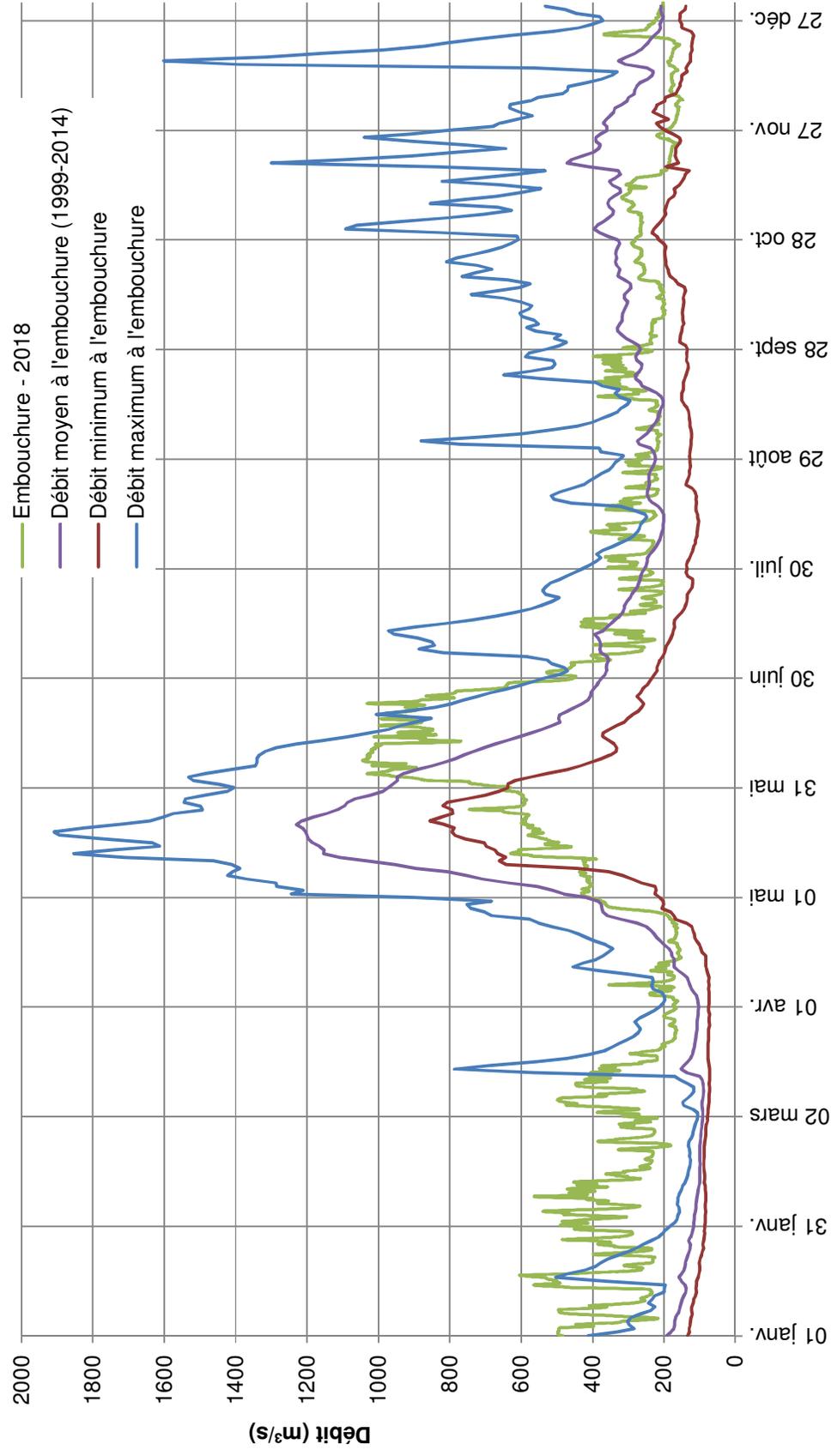
Le débit de la zone de l'embouchure dépend principalement du débit turbiné et déversé à la centrale de la Romaine-1 et, dans une moindre mesure, des apports naturels en aval de la centrale de la Romaine-1 qui apportent en moyenne 10% du débit total. La rivière Puyjalon, qui draine un bassin versant de 1220 km² et qui rejoint la rivière Romaine au PK 13, est le principal tributaire entre la centrale de la Romaine-1 et l'embouchure. Le débit dans la zone de l'embouchure tout au long de l'année 2018 est montré sur la figure 12 et les valeurs sont comparées aux valeurs moyennes, minimales et maximales enregistrées entre 1999 et 2014 en conditions naturelles, soit avant la mise en eau du réservoir de la Romaine 2.

Comme cela se répète à chaque année durant les mois de janvier à mars, le débit mesuré à l'embouchure dépasse le débit naturel parce qu'il s'agit de la période où la demande en

énergie est importante et parce que le débit réservé au PK 51 dépasse le débit naturel. Pendant la première partie du printemps (mois de mai), les réservoirs de la Romaine 2 et Romaine 3 ont emmagasiné une bonne partie des apports naturels, de sorte que le débit de l'embouchure demeurait inférieur au débit de la période 1999 à 2014. Il a augmenté à partir de juin, alors que des déversements importants visaient à ralentir le remplissage, mais est demeuré plus bas que la moyenne de 1999 à 2014. Le débit a été semblable aux apports naturels durant les mois de juillet à septembre. Il a été plus bas jusqu'à la fin de l'année, en raison de la faible crue d'automne et du maintien du débit légèrement au-dessus du débit réservé.

Le débit moyen annuel a été de 342 m³/s en 2018, alors que la moyenne de 1999 à 2014 était de 328 m³/s.

Figure 12 : Débit mesuré en 2018 et valeurs minimales, maximales et moyennes obtenues de 1999 à 2014 à l'embouchure de la Romaine



4.9. Température de l'eau

4.9.1. Séries temporelles

Les mesures de température enregistrées aux différentes stations durant l'année 2018 sont montrées à la figure 13. Les températures en aval de la centrale de la Romaine-1 sont également comparées à celles prévues à l'étude d'impact et à la température mesurée sur la rivière Romaine Sud-Est qui est représentative des conditions naturelles (figure 13). Les figures 15 et 16 comparent les températures enregistrées aux deux frayères naturelles pour les années 2015 à 2018. À noter que l'appareil mesurant la température de l'eau sur la frayère du PK 34 n'a pas fonctionné durant la période du 31 mai au 16 octobre. On peut présumer que la température se situe à mi-chemin entre celles mesurées au PK 46 et au PK 16.

Le régime thermique modifié par l'aménagement diffère du régime naturel, mais présente relativement peu de variabilités d'une année à l'autre, comme en témoignent les figures de cette section. La température la plus basse à la sortie de la centrale de la Romaine-2 a été enregistrée le 31 mars, soit 1,3°C, ce qui est un peu plus froid que la température enregistrée les hivers précédents. L'eau se refroidit en coulant dans le tronçon fluvial du réservoir de la Romaine 1 et, selon les mesures au PK 49 disponibles en janvier, elle sort de la centrale de la Romaine-1 à une température variant de 0,3 à 1,7 de janvier à mars. Elle continue à se refroidir en coulant vers l'aval et en janvier et février, elle atteint le point de congélation entre les PK 34 et 16 dépendamment de la température de l'air. À la station du PK 5, l'eau demeure au point de congélation jusqu'au milieu du mois de mars.

Au printemps, le réchauffement de l'eau sur la rivière Romaine commence très doucement. Dès la mi-mars, on enregistre des températures augmentant graduellement à toutes les stations en aval de la centrale de la Romaine-1 alors que l'eau reste au point de congélation jusqu'à la fin d'avril dans la rivière Romaine Sud-Est. Toutefois, ce réchauffement progresse beaucoup plus lentement que celui des rivières naturelles. À partir de la mi-mai et ce jusqu'en septembre, la température de l'eau enregistrée dans la rivière Romaine Sud-Est dépasse celle enregistrée à toutes les stations en aval de la centrale de la Romaine-1, tel qu'anticipé. L'eau se réchauffe en coulant vers l'aval, mais un écart par rapport à la température naturelle persiste sur l'ensemble du tronçon en aval du PK 51.

On prévoyait que la température moyenne sortant de la centrale de la Romaine-2 de juillet à août serait en moyenne de 9,6°C alors qu'elle a été de 10,1°C en 2018. Cette température est inférieure aux moyennes enregistrées de 2015 à 2017 même si la température de l'air a été plus chaude, mais cela peut être dû à la présence du réservoir de la Romaine 3 qui alimente le réservoir de la Romaine 2 en eau plus froide.

Pendant l'été (moyenne de juillet et août), les températures de l'eau sont généralement plus froides qu'en conditions naturelles sur l'ensemble du cours inférieur de la rivière Romaine, même si elles se réchauffent de l'amont vers l'aval. Elles gagnent en moyenne 2,8 °C de la centrale de la Romaine-1 à l'embouchure. Le suivi de la température montre que l'écart de la température par rapport à celle enregistrée dans la rivière servant de témoin a été semblable à ce qui avait été anticipé, contrairement aux observations de 2015 à 2017. En mai et juin, le réchauffement de l'eau progresse plus lentement que prévu, mais il s'accélère à partir du début de juillet. La température dépasse les prévisions à partir de la mi-juillet et elle reste chaude plus longtemps à la fin de l'été et à l'automne. La comparaison de la température enregistrée avec celle des étés précédents indique qu'elle a été plus froide cet été, ce qui semble être attribuable à la présence récente du réservoir de la Romaine 3 qui alimente en eau froide le réservoir de la Romaine 2. Cela semble aussi appuyé par le fait que l'eau de la Romaine Sud-Est a été plus chaude en 2018 que les étés précédents.

Le tableau 6 présente une synthèse des mesures de la température de l'eau en période estivale depuis 2009, soit en conditions naturelles de 2009 à 2013 et en exploitation depuis la mise en eau du réservoir de la Romaine 2 de 2014 à 2018 (en gris). En 2018, durant la période estivale, les températures enregistrées sur les frayères en aval de la Romaine-1 sont de 7,8 à 7,7°C plus froides que celles enregistrées dans la Romaine Sud-Est. L'écart se réduit à 5,0°C ou moins lorsque l'eau atteint l'embouchure (PK 5). Si l'on considère la période de juin à septembre, le projet aurait provoqué un refroidissement moyen de 5,4°C aux PK 46 et 49. Ces modifications sont semblables à celles prévues à l'étude d'impact (figure 13). L'écart par rapport à la température enregistrée sur la rivière Puyjalon est réduit de 0,5°C.

En aval de Romaine-1, les températures de l'année 2018 sont plus froides que celles qui avaient été enregistrées durant l'année 2015 à 2017 (figures 15 et 16). Cela pourrait

s'accentuer avec la mise en eau du réservoir de la Romaine 4, plus volumineux et profond que ceux de la Romaine 1 et Romaine 3.

Pour la période automnale, de septembre à décembre, la situation s'inverse. À partir de septembre, l'eau est globalement plus chaude sur le tronçon en aval de Romaine-1 comparativement à la Romaine Sud-Est ou la rivière Puyjalon qui représentent les conditions naturelles. De plus, le refroidissement automnal survient avec un retard sur l'évolution prévue. En fait, les températures observées (naturelles et modifiées par le projet) sont plus chaudes que les températures prévues à l'étude d'impact. Par exemple, la moyenne de la température mesurée en octobre a été de 6,7°C sur la rivière Romaine Sud-Est et de 9,6°C au PK 49. On prévoyait que la moyenne à long terme des rivières naturelles serait de 5,6°C et que la moyenne sortant de la centrale de la Romaine-1 serait de 8,5°C, sur la base des simulations couvrant la période de 1957 à 2003.

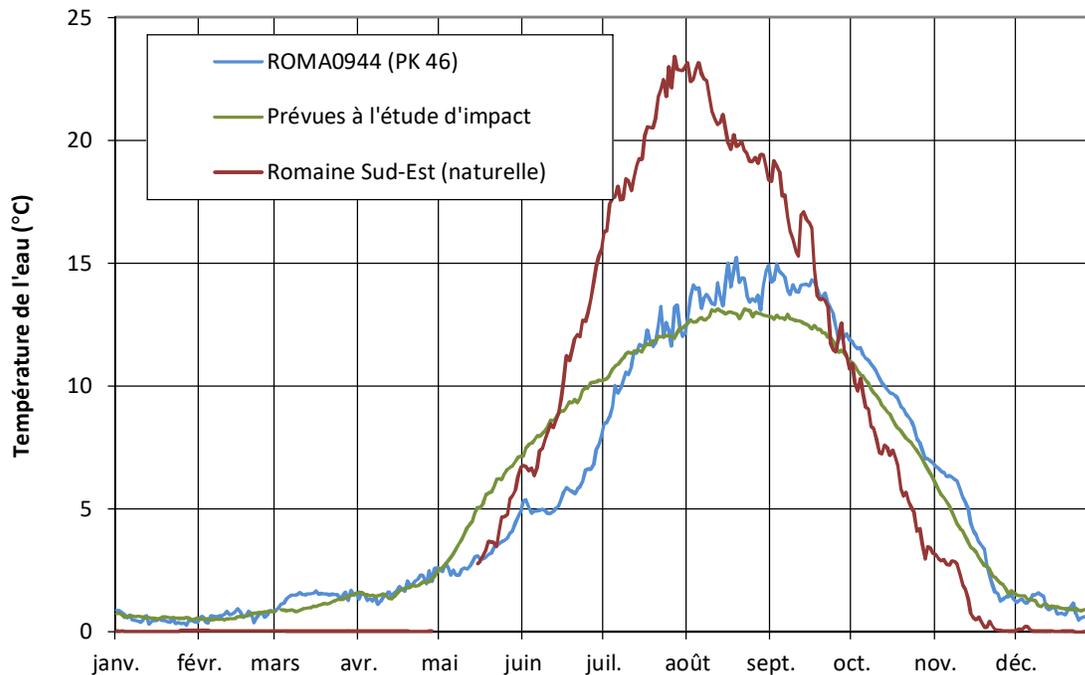
L'eau se refroidit en coulant vers l'aval et l'écart par rapport à la température de la Romaine Sud-Est s'amenuise. Par exemple, au PK 46, l'écart moyen est de 2,8°C en octobre alors qu'il n'est plus que de 1,0°C près de l'embouchure.

À l'automne, comme cela était anticipé, dans la zone de l'embouchure (PK 5), la température décroît plus lentement dans le temps sur le tronçon affecté par la présence des aménagements que dans la rivière Romaine Sud-Est. En octobre et novembre, l'écart varie de -2,6°C à 0,1°C. Durant l'hiver, l'eau se maintient au point de congélation dans la zone de l'embouchure comme pour les rivières naturelles.

Les températures enregistrées durant la période hivernale font l'objet d'une analyse plus approfondie dans le rapport de suivi du régime des glaces (Hydro-Québec, 2017 et Hydro-Québec, 2018).

Les biologistes s'intéressent au cumul de la température de l'eau car il influence la croissance des poissons. Ces données sont présentées en annexe. Toutefois, l'année 2018 n'est pas représentée à la sonde du PK 34 car elle comporte trop de données manquantes. Les sondes des stations du PK 16 et de l'embouchure comportent aussi plusieurs données manquantes, mais comme ces manques se sont produits au printemps, l'incertitude que ces manques provoquent a moins d'influence.

Figure 13 : Températures de l'eau observées en 2018 comparées aux prévisions de l'étude d'impact



Tel que mentionné, les spécialistes de la faune aquatique s'intéressent au cumul des températures de l'eau car il influence la croissance des alevins pendant la période d'incubation. Les cumuls des températures calculés pour les sondes des PK 46, 34, 16 et 5 pour les années 2009 à 2018 sont présentés aux figures A-1 à A-5 de l'annexe. Les températures enregistrées de 2009 à 2013 représentent l'état naturel, celles enregistrées en 2014, un état transitoire, car le réservoir de la Romaine 2 était en cours de remplissage, et celles de 2015 à 2018 l'état modifié par la présence du réservoir de la Romaine 2 et dans une moindre mesure de la Romaine 1 et de la Romaine 3. Les analyses de ces données seront traitées via le suivi de la population de saumon atlantique de la rivière Romaine.

Tableau 6: Températures de l'eau estivales au site de Romaine-1 et en aval

TYPE DE DONNÉES	ANNÉE	STATIONS								Puyjalon
		PK 49	PK 46,2	PK 34,5	PK 16,2	PK 5,2	Romaine Sud-Est			
Moyenne des températures de juillet et août (°C)	2009	n. d.	n. d.	18,3	18,7	18,9	n. d.			
	2010	n. d.	18,5	18,2	18,9	19,1	18,6			
	2011	n. d.	17,8	17,9	18,3	18,4	18,0			
	2012	n. d.	19,2	19,3	19,6	19,8	n. d.			
	2013	n. d.	18,2	18,3	18,3	18,6	18,0			
	2014	18,6	18,2	18,2	18,6	19,2	19,0			
	2015	n. d.	14,2	14,4	14,8	16,3	n. d.			
	2016	14,3	14,3	14,5	15,2	16,2	18,5			
	2017	13,3	13,4	13,7	14,2	15,0	17,9			
	2018	12,5	12,6	n.d.	14,3	15,3	20,3			
	2009	n. d.	n. d.	20,4	21,0	21,3	n. d.			
	2010	n. d.	21,0	20,3	21,2	21,3	20,6			
	2011	n. d.	19,7	19,8	20,4	20,7	19,8			
	2012	n. d.	20,9	21,0	21,4	21,9	n. d.			
	2013	n. d.	21,8	21,6	21,1	21,3	21,0			
	2014	19,9	20,2	20,2	20,5	21,1	20,4			
	2015	n. d.	17,2	17,5	18,0	19,2	n. d.			
	2016	16,6	16,5	16,5	17,2	18,0	20,5			
2017	20,1	15,8	15,8	15,8	16,1	20,1				
2018	15,1	15,2	n.d.	16,3	17,3	22,8				
Température maximale (°C)	2009	n. d.	n. d.	20,4	21,0	21,3	n. d.			
	2010	n. d.	21,0	20,3	21,2	21,3	20,6			
	2011	n. d.	19,7	19,8	20,4	20,7	19,8			
	2012	n. d.	20,9	21,0	21,4	21,9	n. d.			
	2013	n. d.	21,8	21,6	21,1	21,3	21,0			
	2014	19,9	20,2	20,2	20,5	21,1	20,4			
	2015	n. d.	17,2	17,5	18,0	19,2	n. d.			
	2016	16,6	16,5	16,5	17,2	18,0	20,5			
	2017	20,1	15,8	15,8	15,8	16,1	20,1			
	2018	15,1	15,2	n.d.	16,3	17,3	22,8			

n.d. non disponible (la station ROMA0943 n'a pas enregistré la température de l'eau entre le 31 mai et le 16 octobre 2018)

Figure 14: Température de l'eau mesurée sur le cours inférieur de la Romaine en 2018

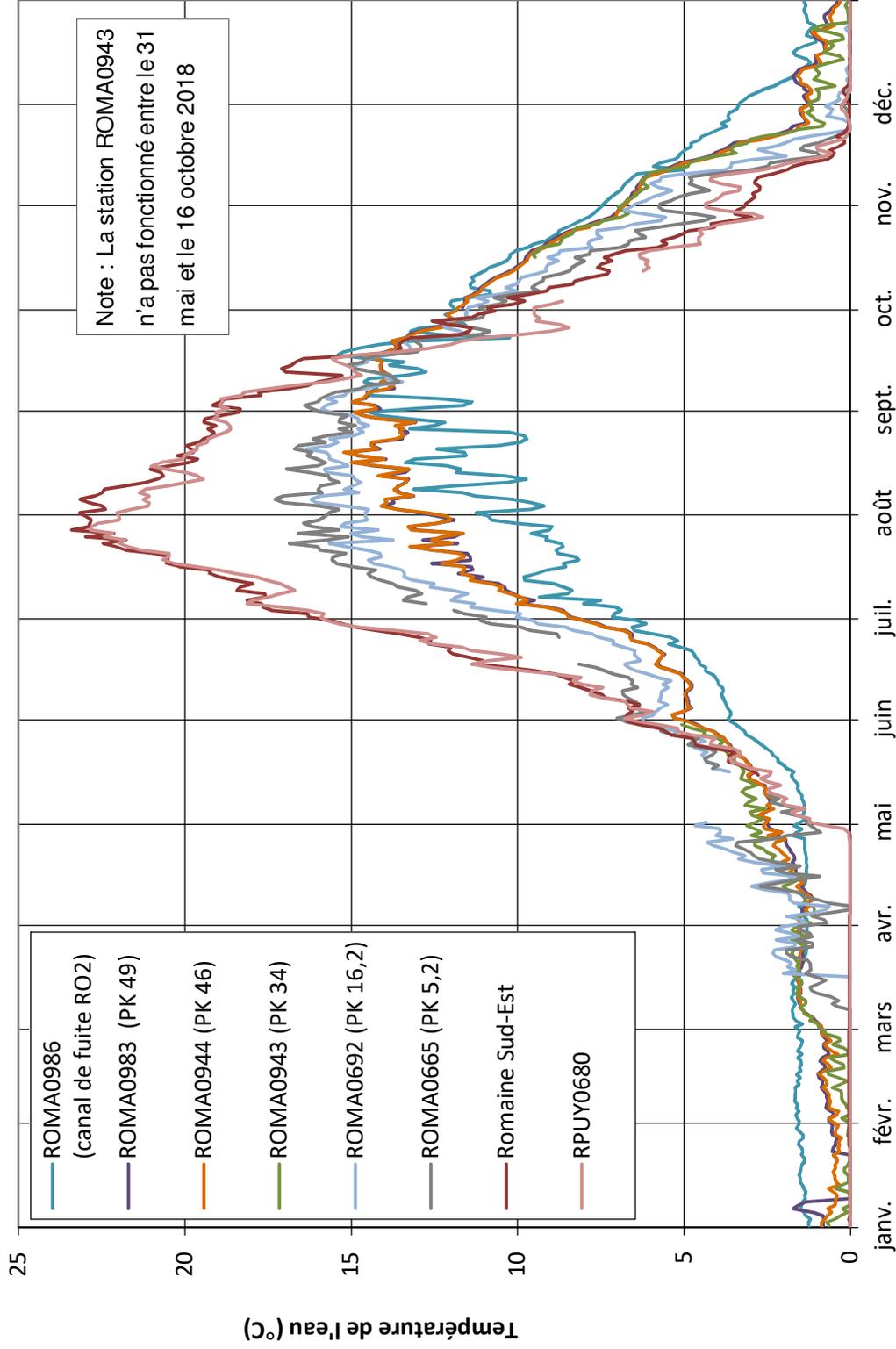


Figure 15 : Températures de l'eau mesurées au PK 46 de 2015 à 2018 (station ROMA0944)

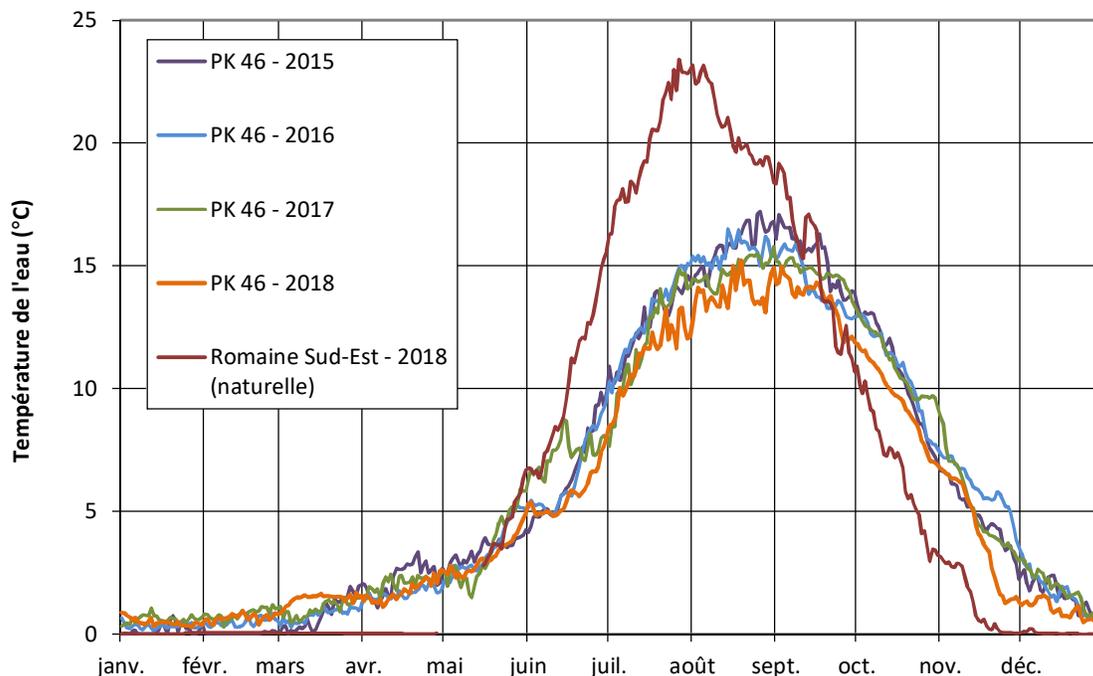
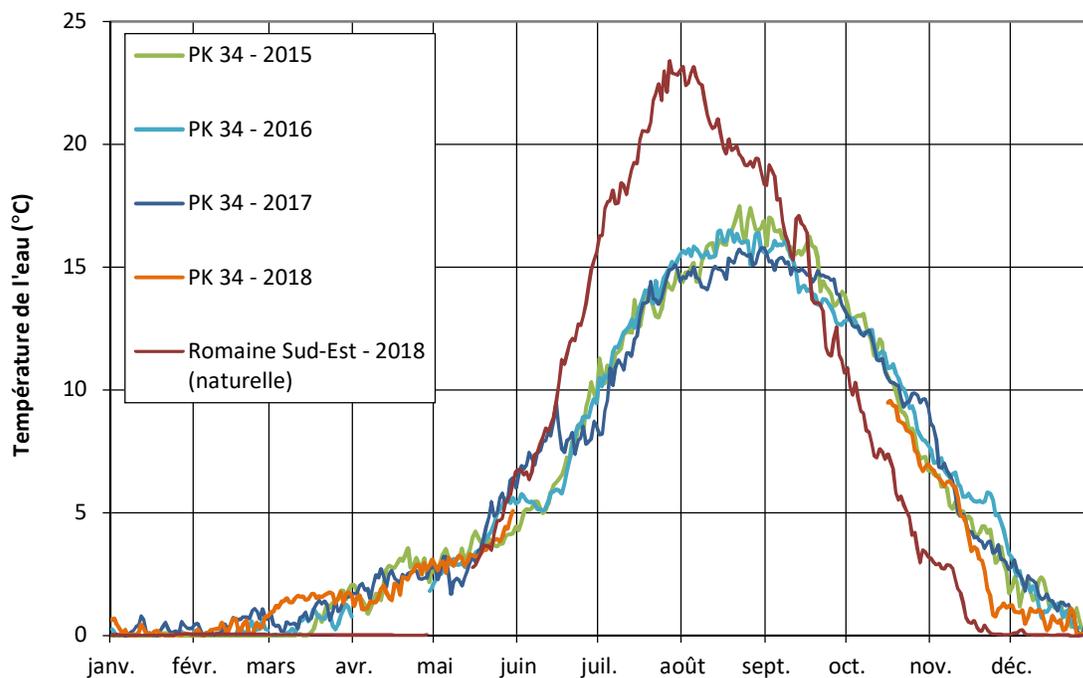


Figure 16 : Températures de l'eau mesurées au PK 34 en 2015 à 2018 (station ROMA0943)



4.9.2. Profils verticaux des températures de l'eau dans le réservoir de la Romaine 2

Les profils verticaux de la température de l'eau du réservoir de la Romaine 2 ont été mesurés à cinq reprises durant l'année, soit le 17 mars pour caractériser l'hiver, les 14 juin et 13 août pour l'été et les 2 et 17 octobre pour l'automne. Au moment de relever le profil printanier, les conditions d'accès au réservoir à partir de la berge ont été jugées dangereuses en raison du déplacement des glaces, donc n'a pas été réalisé. Le profil d'hiver et celui du 17 octobre, à l'automne ont été relevés dans la partie la plus profonde du réservoir, soit au PK 92 (latitude 50° 40' 25,4"N ; longitude 63° 14' 46,1"O) et celui d'été a été mesuré dans le même secteur (latitude 50° 40' 29"N ; longitude 63° 14' 48"O). Les relevés de températures exprimés en fonction de la profondeur sont illustrés aux figures 17 à 19. La figure 20 compare les profils de températures relevés au cours des étés 2015 à 2018 au profil présenté dans l'étude d'impact pour le 1^{er} août 1998. La figure 21 regroupe tous les profils mesurés en 2018 et les exprime en fonction du niveau de soutirage. D'après la série temporelle relevée en aval de la centrale, la température à cet endroit correspond à celle retrouvée dans le réservoir, approximativement entre les élévations 225 à 226 m, soit dans les premiers mètres au-dessus du niveau minimum d'exploitation ou de 10 à 11 m au-dessus du seuil d'entrée du canal d'amenée.

Les profils verticaux présentent tous une stratification verticale, à l'exception du profil réalisé le 14 juin. En hiver, la température de l'eau demeure au point de congélation en surface, au contact de la glace, et augmente avec la profondeur, pour se stabiliser à 3,1 °C (figure 17).

Après la disparition de la couverture de glace, l'eau se réchauffe d'abord en surface, jusqu'à atteindre 4 °C sur toute la profondeur. Cet état prévalait encore le 14 juin, au moment où le premier profil estival a été mesuré.

Lorsque l'été avance, l'eau se réchauffe en surface, puis la chaleur gagne petit à petit les couches profondes, mais elle reste froide sous des profondeurs de 25 m (figure 18). Une température de 19,7°C a été mesurée le 13 août à la surface de l'eau. Comparativement aux profils mesurés les étés précédents, l'eau de la couche de 10 m, près de la surface est plus chaude, mais elle est semblable sous celle-ci. Une température moyenne de 19,2°C a été mesurée sur la couche superficielle de 10 m, ce qui dépasse les mesures des étés 2015 à 2017 (voir la figure 20) et même les prévisions de l'étude d'impact. Il faut

souligner que la mesure a eu lieu plus tard durant l'été qu'en 2015 et 2016, ce qui permet à cette couche de se réchauffer davantage et que l'été 2018 a été particulièrement chaud. Le passage rapide d'une eau chaude à une eau froide (thermocline) est observé sous des profondeurs de 15 à 30 m. Sous cette couche, la température varie peu d'une année à l'autre et est semblable aux prévisions de l'étude d'impact.

L'automne, l'eau refroidit d'abord en surface. Le 2 octobre, une température de 13,1°C a été mesurée à la surface, puis de 10,6°C, le 17 octobre (figure 18). Elle diminue ensuite rapidement pour se stabiliser à 4,4 °C à une grande profondeur. Ce profil est pratiquement le même que celui enregistré à pareille date en 2017. L'isothermie n'était donc pas atteinte le 17 octobre et d'après la température mesurée à la sortie de la centrale, cet état aurait été atteint vers le 23 novembre, ce qui devance d'environ 2 semaines l'atteinte de l'isothermie en 2017. Toutes les campagnes de 2018 montrent peu d'écarts sous le niveau de 210 m ; les températures sont cantonnées dans la plage comprise entre 2,6 °C l'hiver et 4,7 °C l'automne.

Comme cela a été constaté de 2015 à 2017, tous les profils montrent que les températures varient très peu sous l'élévation 210 m (figure 21) donc à une profondeur de 24 à 32 m, selon les saisons. À ce niveau, la température varie de 2,6°C en hiver à 5,4°C en été ou en automne.

Les profils semblent confirmer que l'évolution de la température de l'eau observée durant l'année 2018 accuse un léger retard, de quelques degrés, par rapport au scénario anticipé, comme cela a été constaté de 2015 à 2017. Les suivis à venir permettront de valider si la tendance se maintient et éventuellement de valider l'influence du réservoir de la Romaine 4.

Figure 17: Profil vertical de la température de l'eau mesurée en hiver 2018 dans le réservoir de la Romaine 2

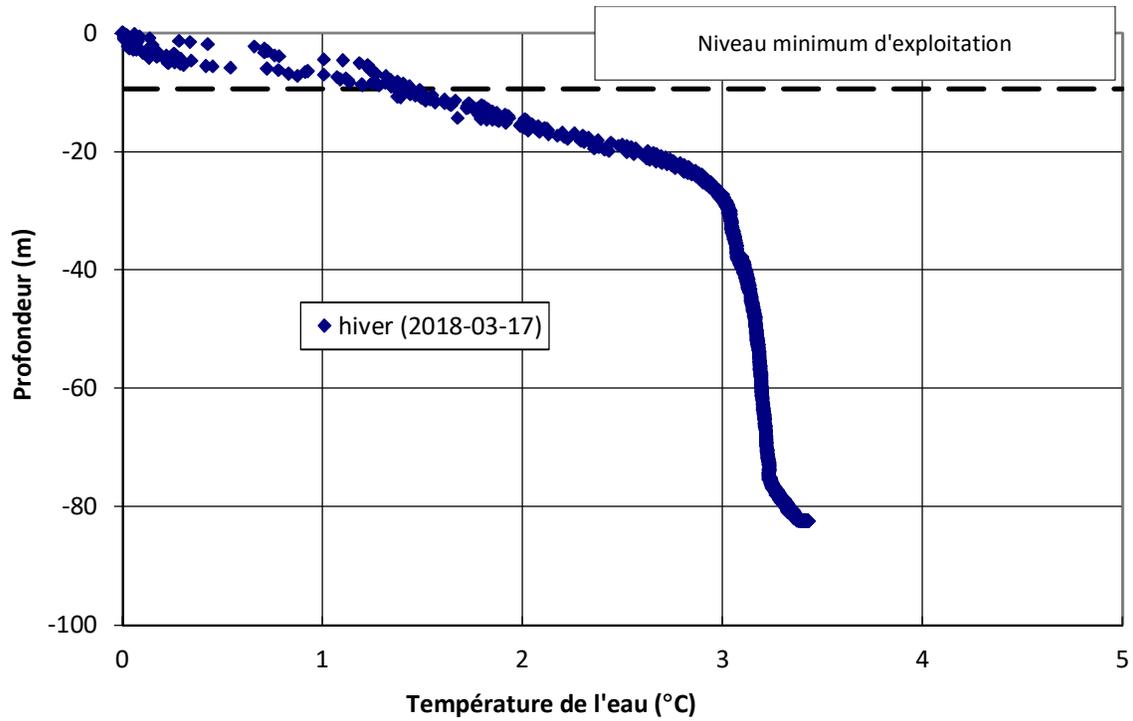


Figure 18 : Profils verticaux de la température de l'eau mesurée en été 2018 dans le réservoir de la Romaine 2

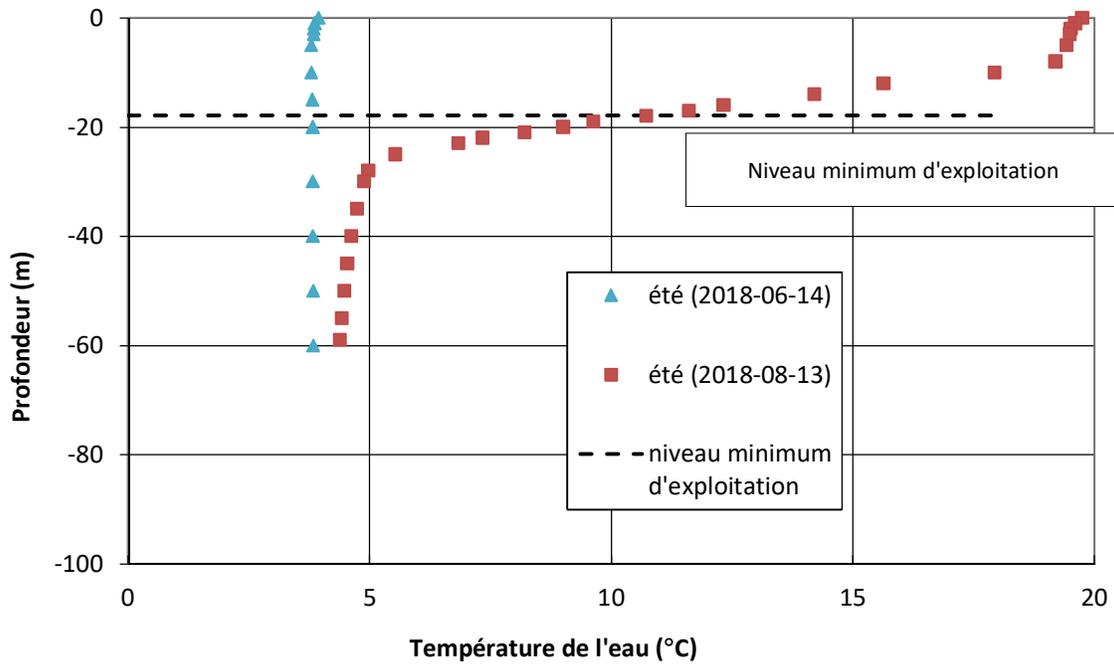


Figure 19 : Profils verticaux de la température de l'eau mesurée en automne 2018 dans le réservoir de la Romaine 2

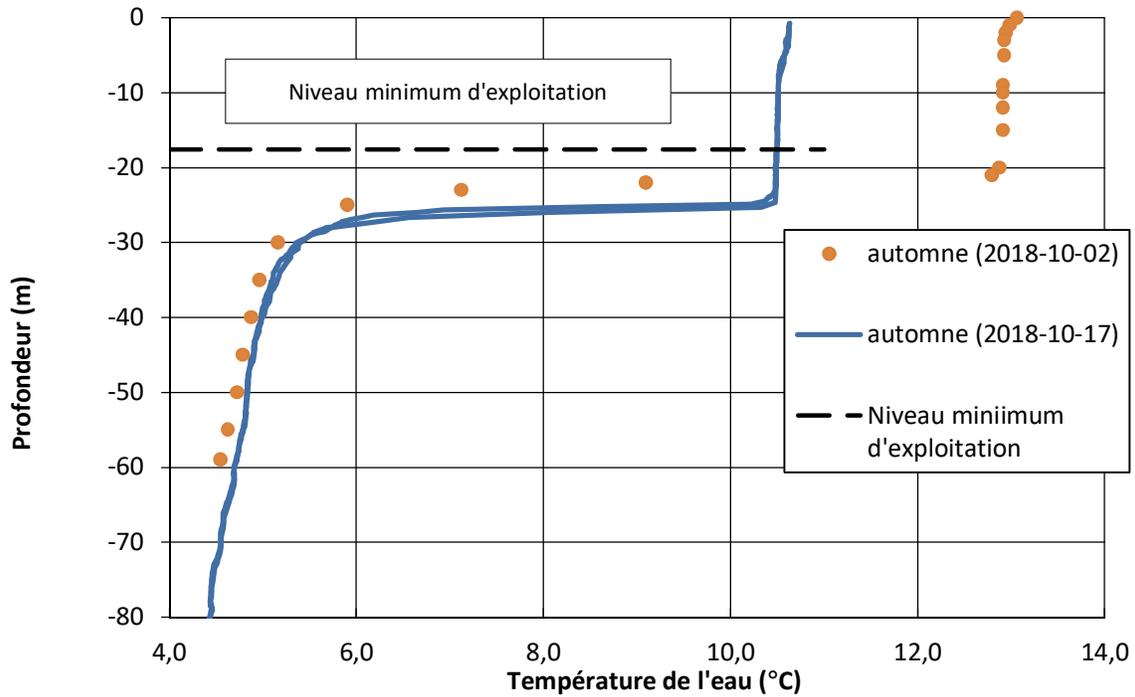


Figure 20 : Comparaison des profils verticaux de températures observées aux étés 2015 à 2018 et prévues à l'étude d'impact

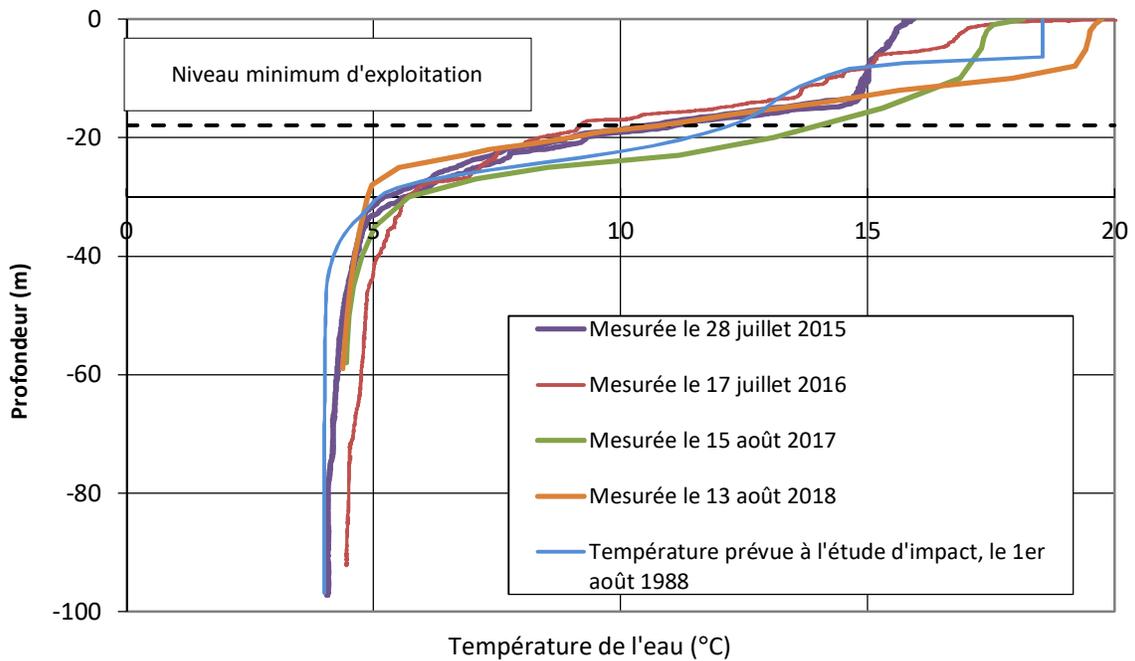
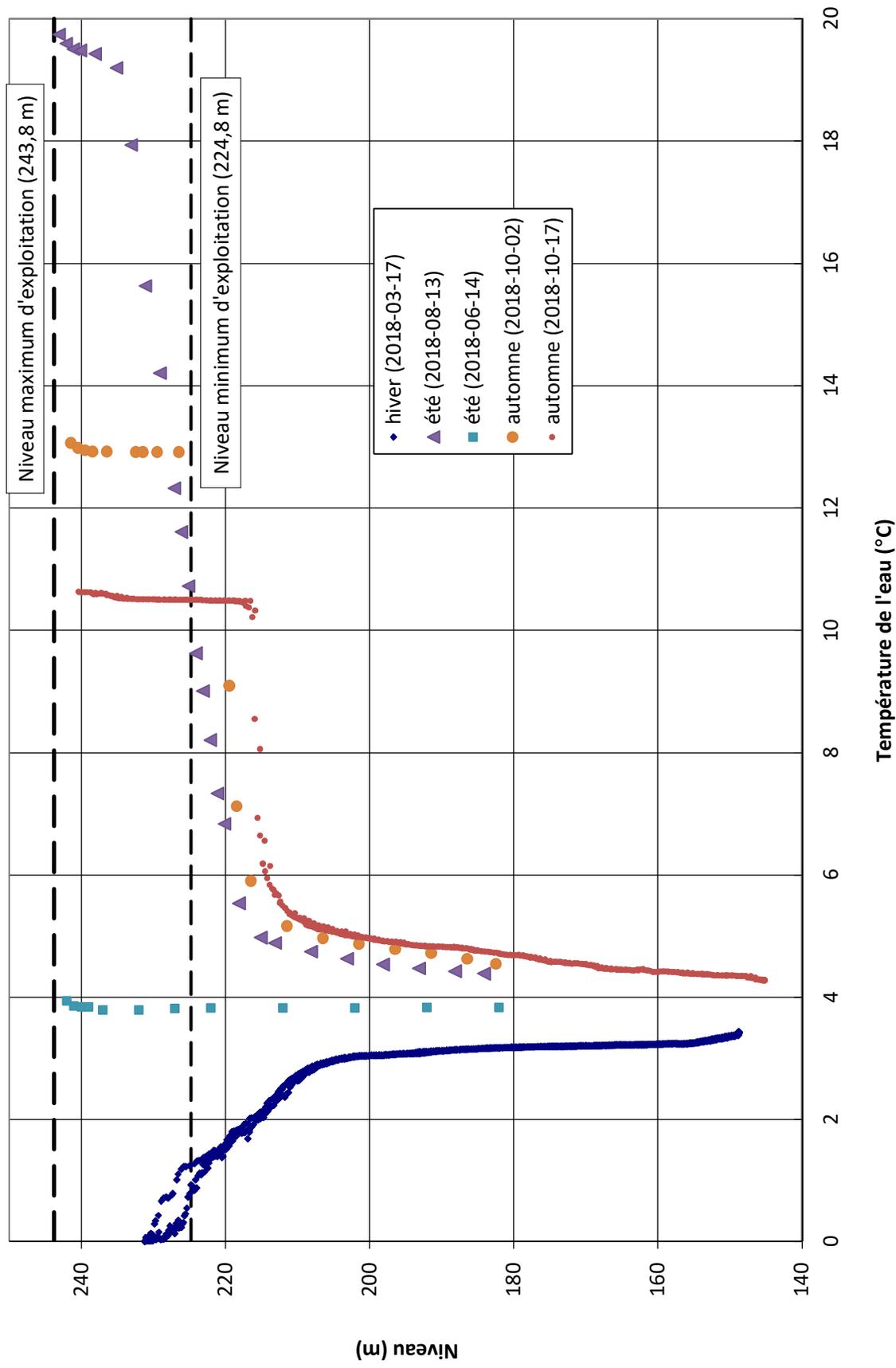


Figure 21 : Profils verticaux de la température de l'eau mesurés en 2018



5. Conclusion

Ce rapport fait partie du suivi environnemental entrepris dans le cadre du projet du Complexe de la Romaine. Il présente les débits, niveaux et températures de l'eau mesurés entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre 2018 sur l'ensemble de la zone d'étude aménagée. La période de suivi représente la première année de l'exploitation de cet aménagement, la troisième année complète d'exploitation de l'aménagement de la Romaine-1 et la quatrième année d'exploitation de l'aménagement de la Romaine-2.

Le suivi des débits permet de valider si les engagements liés au régime de débit réservé et aux modalités d'exploitation sont respectés. Le débit est également un intrant utile à la compréhension des autres éléments du milieu physique comme le régime des glaces ou le régime sédimentologique. Le suivi du régime thermique vise quant à lui à connaître les modifications qui résulteront de l'aménagement des réservoirs et de comparer les observations aux prévisions de l'étude d'impact.

Dans le tronçon de rivière qui a été court-circuité entre l'évacuateur de crues et la centrale de la Romaine-2, correspondant à une distance d'environ 6 kilomètres, le débit réservé minimal de 2,7 m³/s a été assuré en tout temps. Au site de Romaine-3, un tronçon de rivière de 3,5 km sépare le pied du barrage de la sortie de la centrale. Hydro-Québec doit y maintenir un débit réservé de 2,2 m³/s. Un retard dans l'ouverture des vannes assurant le débit réservé a fait en sorte que le débit est descendu à 2,0 m³/s, les 1 et 2 janvier. La situation s'est reproduite les 6 et 7 mars et 17 avril et le débit minimum a atteint 1,42 m³/s pendant quelques minutes lorsque les vannettes ont été manœuvrées.

Tout au long de l'année, l'exploitation de la centrale de la Romaine-1 a assuré le maintien du régime de débit réservé en aval du PK 51 et tous les arrêts de centrale planifiés ont été compensés par un déversement à l'évacuateur de crues. Un arrêt inopiné a fait en sorte que le débit sortant de la centrale a été de 35 m³/s pendant 10 minutes, mais hormis le niveau enregistré dans le canal de fuite, les niveaux enregistrés plus en aval sur la rivière n'ont pas été affectés. Pendant la période printanière (7 juin au 7 juillet), le débit a été inférieur au débit réservé (200 m³/s) entre 9h20 et 10h30 le 4 juillet et le débit turbiné a été de 197 m³/s. Entre 3h05 et 8h40, le 6 juillet, le débit a été de 175 m³/s. Durant la période estivale (8 juillet au 15 octobre), entre 21h20, le 11 juillet et 6h40, le 12 juillet où le débit a varié entre 163 et 167 m³/s, alors qu'on devait y maintenir un débit minimum de 170 m³/s.

Les modalités d'exploitation qui visaient à ne pas augmenter le débit durant les heures d'obscurité (démarrage du 2^e groupe turbine-alternateur à la centrale de la Romaine-1) entre le 1^{er} janvier et le 6 juin et entre le 16 novembre et le 31 décembre n'ont pas toujours été respectées car on compte cinq épisodes où la seconde turbine démarrée avant 6h30 et a été arrêtée avant 17h30. Comme cela était prévu à l'étude d'impact, le débit turbiné a connu des variations fréquentes, mais elles ont parfois dépassé les variations prévues en amplitude, ce qui a provoqué des variations de niveaux d'eau pouvant atteindre près de 1,7 m. La directive d'exploitation a été modifiée afin que le débit turbiné pendant l'hiver respecte l'esprit de l'étude d'impact, tout en permettant de répondre à la demande élevée durant cette période.

Pour la période du 7 juin au 7 juillet, il n'y a eu très peu d'arrêts/démarrages de groupes, mais il y a eu plusieurs augmentations rapides du débit provoqué par des déversements importants par l'évacuateur de crues. Une sensibilisation auprès des gestionnaires responsables des niveaux des réservoirs et des manœuvres aux évacuateurs de crue a été réalisée en 2018 afin d'éviter autant que possible les variations de débit durant cette période, même en période de gestion de la crue. Par ailleurs, le débit a été très stable pendant la fraie du saumon atlantique et a varié entre 200 et 213 m³/s. Après le 13 novembre, puisqu'il avait été observé que la fraie était terminée, en accord avec la directive d'exploitation modifiée, le débit a été réduit à 150 m³/s jusqu'à la fin de l'année.

Le débit moyen annuel de 342 m³/s enregistré en 2018 dans la zone de l'embouchure a été semblable à la moyenne de 1999 à 2014 qui était de 328 m³/s, mais le débit a été réparti différemment durant l'année, tout comme de 2015 à 2017. Il a été plus élevé en hiver et plus bas durant la période printanière car les réservoirs emmagasinaient une partie de la crue. Le débit d'été a été semblable à la moyenne enregistrée de 1999 à 2014 et celui d'automne plus faible.

Les mesures des températures de l'eau prises à différents endroits sur la rivière ont confirmé l'influence, observée de 2015 à 2017, des réservoirs de la Romaine sur la température de l'eau. Durant l'hiver, l'eau dépasse le point de congélation jusqu'à une position variant du PK 34 à 16, selon la température de l'air, alors qu'elles atteignaient le point de congélation partout sur la rivière en conditions naturelles. Le réchauffement de l'eau débute plus tôt au printemps, mais évolue plus lentement qu'en conditions naturelles. Durant la période estivale, les températures enregistrées en aval de la Romaine-1 sont en moyenne de 5,0 à 7,8°C plus froides que celles enregistrées sur la rivière de la Romaine Sud-Est jugée représentative des

conditions naturelles et de 4,5 à 7,3°C plus froide que l'eau de la Puyjalon. L'eau se refroidit plus lentement à l'automne.

Les mesures du profil vertical des températures de l'eau dans le réservoir de la Romaine 2 confirment la stratification qui avait été observée de 2015 à 2017 et qui s'y établit en hiver et en été. La température moyenne de la couche de surface mesurée en août est de 19°C, ce qui est semblable à la moyenne à long terme prévue. La température de l'eau soutirée à la centrale a été semblable aux prévisions durant la période estivale. Tout comme cela a été observé de 2015 à 2017, sous le niveau de l'entrée du canal d'amenée de Romaine-2 (210 m), la température ne varie pratiquement plus et se maintient la plupart du temps entre 2,6°C et 5,4°C.

Les profils semblent confirmer que l'évolution de la température de l'eau observée durant l'année 2018 accuse un léger retard, de quelques degrés, par rapport au scénario anticipé, comme cela a été constaté de 2015 à 2017. Les suivis à venir permettront de valider si la tendance se maintient et éventuellement, valider l'influence du réservoir de la Romaine 4.

Enfin, les études en cours sur le suivi de la population du saumon atlantique permettront de répondre aux préoccupations liées aux impacts de ces changements de débits et de températures en aval de la centrale de la Romaine-1.

6. Référence

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

Hydro-Québec 2008. *Complexe de la Romaine. Résumé de l'étude d'impact sur l'environnement*. Hydro-Québec Production. 119 p.

Hydro-Québec 2008. *Complexe de la Romaine. Complément de l'étude d'impact sur l'environnement*. Hydro-Québec Production. 10 volumes.

Hydro-Québec 2010. *Complexe de la Romaine. Programme de suivi environnemental 2009-2010*. Hydro-Québec Production et Hydro-Québec Équipement. 182 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 2016. *Complexe de la Romaine. Suivi de l'hydrologie, de l'hydraulique et du régime thermique de la rivière Romaine*. Hydro-Québec Production. Préparé par I. Thériault. 41 p.

Hydro-Québec 2017. *Complexe de la Romaine. Suivi de l'hydrologie, de l'hydraulique et du régime thermique de la rivière Romaine*. Hydro-Québec Production. Préparé par I. Thériault. 49 p. et annexes.

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*. Préparé par I. Thériault. 56 p. et annexes.

Hydro-Québec 2018. *Complexe de la Romaine. 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 et I. Thériault.

Hydro-Québec 2018. *Complexe de la Romaine. Suivi de l'hydrologie, de l'hydraulique et du régime thermique de la rivière Romaine*. Hydro-Québec Production. Préparé par I. Thériault. 52 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. 111 p. et annexes.

WSP. 2017. *Complexe de la Romaine. Suivi environnemental 2016 en phase exploitation. Suivi de la population de saumon atlantique. Préparé pour Hydro-Québec Production. 106 pages et annexes. Version finale.*

ANNEXE

Cumul des températures de l'eau en aval du PK 51

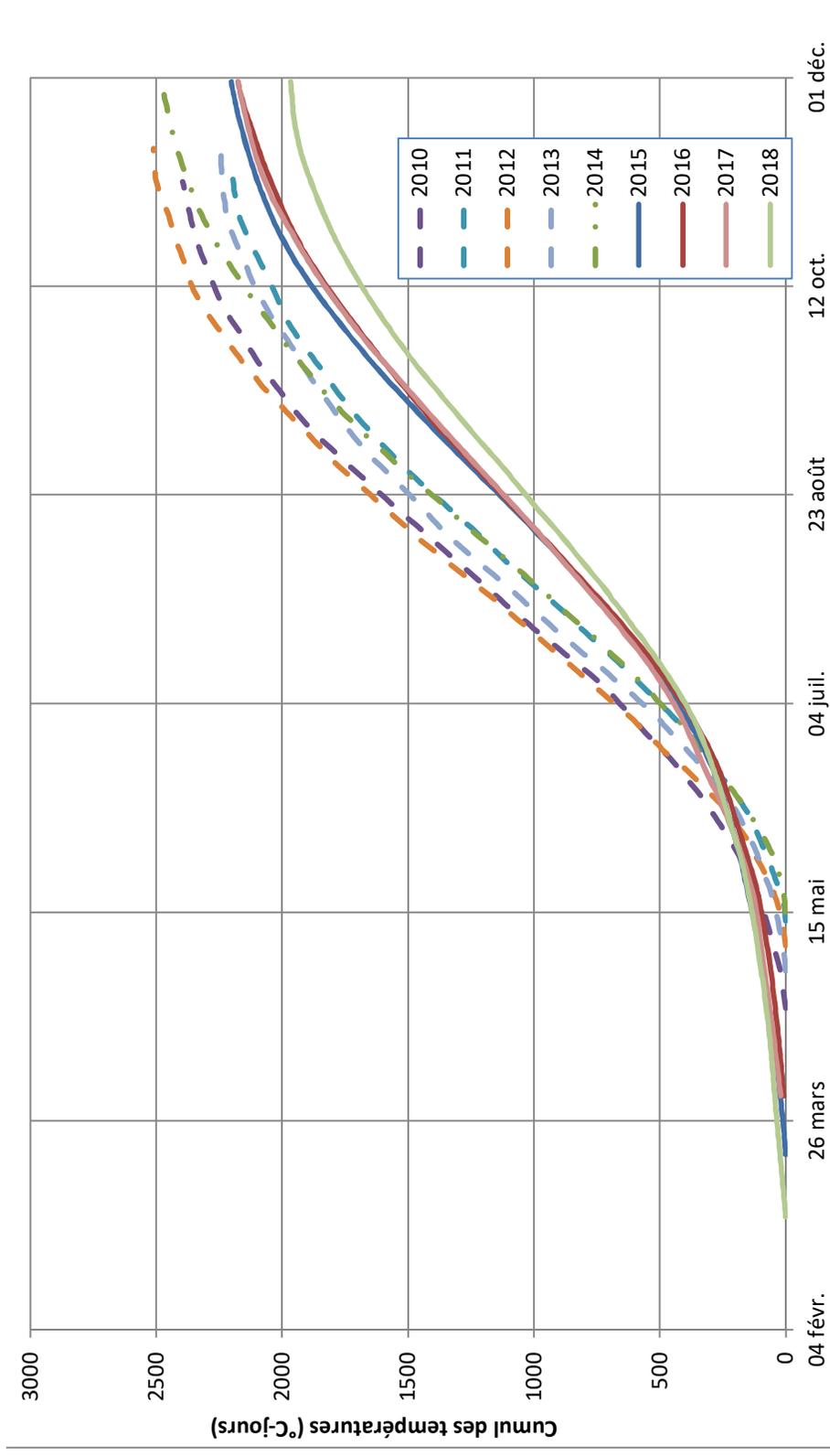


Figure A-1 : Cumul des températures de l'eau au PK 46 (Station ROMA0944)

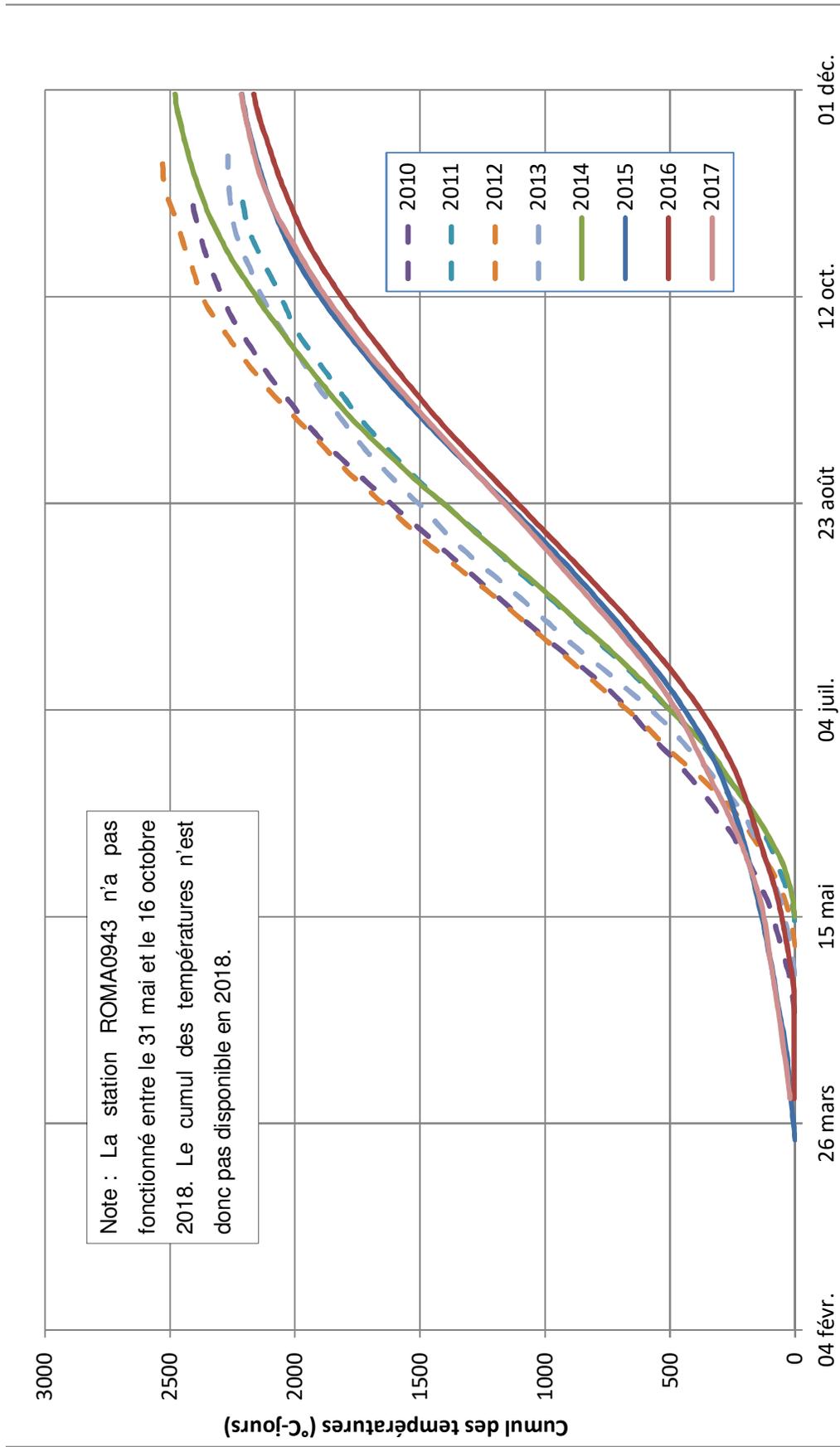


Figure A- 2 : Cumul des températures de l'eau au PK 34 (Station ROMA0943)

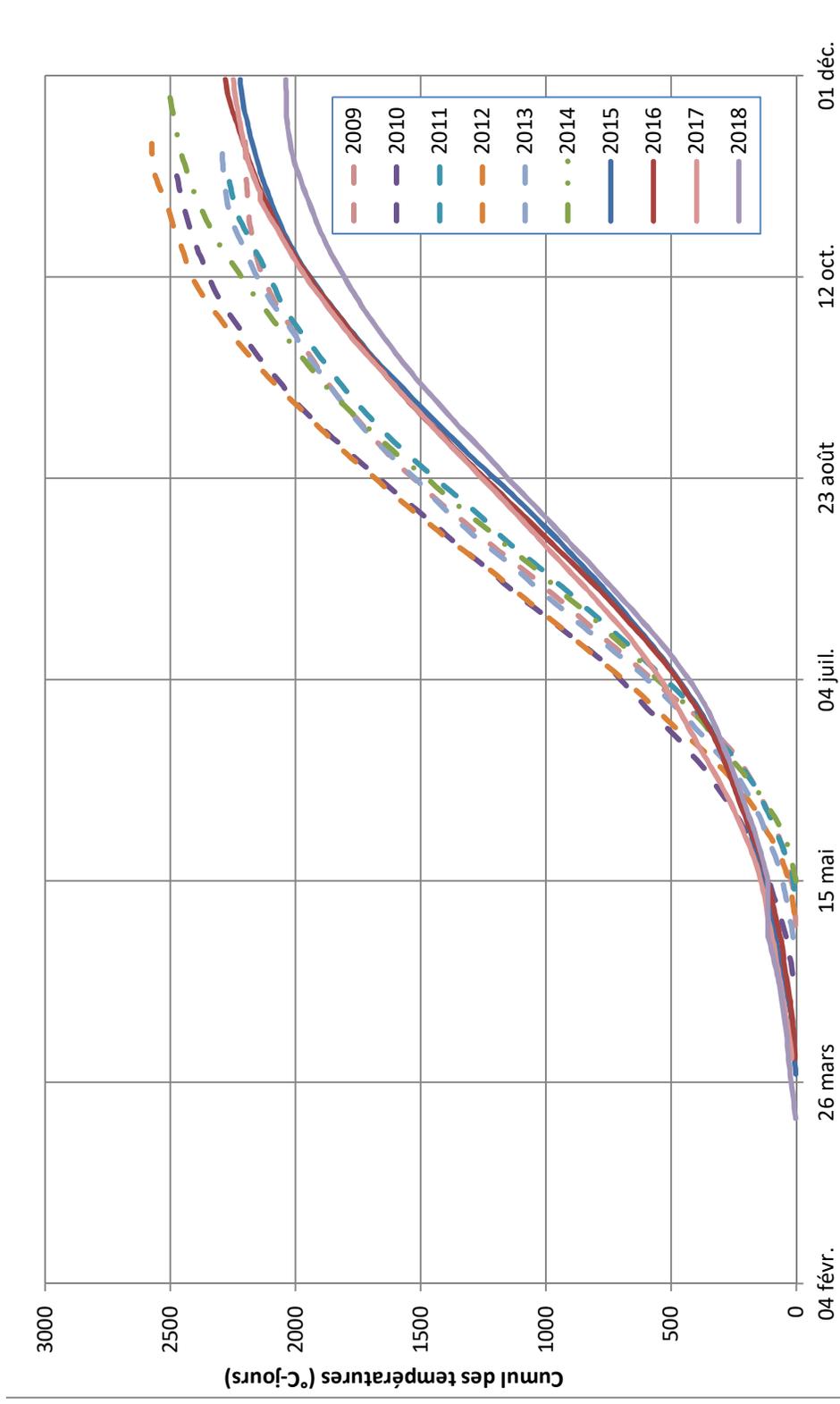


Figure A-3 : Cumul des températures de l'eau au PK 16 (Station ROMA0692)

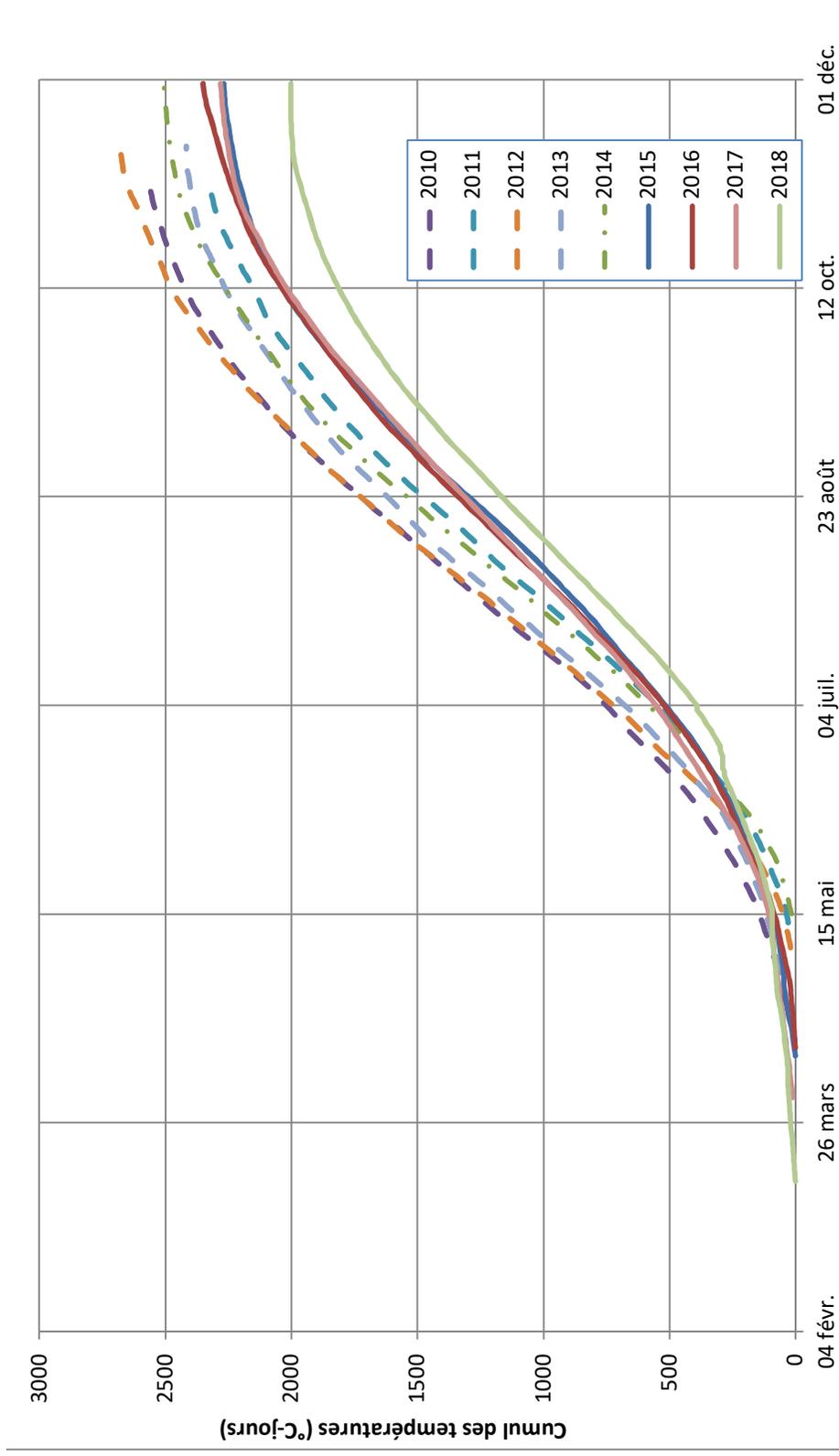


Figure A- 4 : Cumul des températures de l'eau au PK 5 (Station ROMA0665)

Conception – Aménagement de production; hydraulique et géotechnique
Expertise – Ingénierie de production
Hydro-Québec Équipement et services partagés
Division d'Hydro-Québec

