



Complexe de la Romaine

Suivi environnemental 2019 en phase exploitation

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

Version finale

Direction principale Expertise – Direction Ingénierie de Production – Conception des aménagements de production, hydraulique et géotechnique

Décembre 2020



Aire d'alevinage du PK 49, le 24 novembre 2019



Complexe de la Romaine

Suivi environnemental 2019 en phase exploitation

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

Version finale

Direction principale Expertise – Direction Ingénierie de Production – Conception des aménagements de production, hydraulique et géotechnique

Décembre 2020

Préparé par :

Approbation administrative par :

Fanny Houdré, ing.

Marc Barbet, ing. M.Sc.A.

Hydrologie – Hydraulique

Chef Hydraulique

Équipe de réalisation

DIRECTION PRINCIPALE EXPERTISE – DIRECTION INGÉNIERIE DE PRODUCTION – UNITÉ CONCEPTION
DES AMÉNAGEMENTS DE PRODUCTION, HYDRAULIQUE ET GÉOTECHNIQUE

Fanny Houdré, ingénieure

Isabelle Thériault, ingénieure

DIRECTION ENVIRONNEMENT – UNITÉ SOUTIEN ENVIRONNEMENTAL – EST ET RÉSEAUX AUTONOMES

Maude Richard St-Vincent, coordinatrice du suivi environnemental

DIRECTION PRINCIPALE EXPERTISE – DIRECTION SERVICES TECHNIQUES ET SOUTIEN AUX PROJETS -
UNITÉ GÉOMATIQUE

Guy Bouchard, ingénieur

Gilbert Dufresne, arpenteur-géomètre et chargé de mandat

Jean Vincent, chargé d'équipe cartographie thématique

Sommaire et conclusions

AUTEUR ET TITRE (AUX FINS DE CITATION) :

HQIESP, 2020. Complexe de la Romaine – Suivi environnemental 2019 en phase exploitation – Suivi de l'hydrologie, de l'hydraulique et du régime thermique de la rivière Romaine. Version préfinale. Préparé par F. Houdré. Direction principale Expertise – Direction Ingénierie de Production – Unité Conception des aménagements de production, hydraulique et géotechnique. Juillet 2020. 36 pages et annexes.

SOMMAIRE ET CONCLUSION :

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 2019 sur l'ensemble de la zone d'étude aménagée. La période de suivi correspond à la deuxième 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 résultent 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 toute l'année 2019. 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 via l'évacuateur de crue et ce débit minimum s a également été respecté en tout temps en 2019.

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). À l'aménagement de la Romaine-1, le débit total a été inférieur au débit réservé à quelques reprises dans l'année dont le 28 avril entre 12h15 et 12h55. L'arrêt des deux groupes à la centrale est survenu suite à la perte d'une ligne importante sur la Côte-Nord en raison du verglas. Aussi, des problèmes sur les groupes à la centrale ont fait en sorte que le débit réservé est descendu sous le seuil de 140 m³/s à plusieurs reprises entre le 29 novembre et le 1^{er} décembre 2019 pendant des périodes de 10 à 25 minutes. Chaque événement a entraîné un abaissement du niveau d'eau à l'aval immédiat de la centrale de l'ordre de 70 cm. Ces réductions du débit se sont faites sentir jusqu'au PK 46, où l'on a observé des diminutions du niveau d'eau de l'ordre de 8 à 20 cm selon l'événement. En dépit des démarrages et arrêts très fréquents des groupes turbines-alternateurs de la Romaine-1 au cours de la période hivernale (janvier et février 2019), l'exploitation de cette centrale a constamment respecté les consignes relatives au régime de débit réservé établi en aval.

Quant aux modalités d'exploitation de l'aménagement de la Romaine-1 en lien aux modulations de débit pouvant nuire aux saumons dans les premiers kilomètres en aval de la centrale pendant certaines périodes, ces dernières ont été respectées tout au long de l'année 2019.

Le débit à l'embouchure dépend du débit provenant de l'aménagement de la Romaine-1 auquel s'ajoute celui des tributaires naturels. En 2019, le débit annuel moyen dans la zone de l'embouchure a été

légèrement supérieur (de 4,6%) 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. Le débit a été similaire aux apports naturels pour les mois de juillet à septembre, puis 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 à l'aménagement de la Romaine-1.

Comme prévu, en 2019, le régime thermique de la Romaine était influencé par la présence et l'exploitation des aménagements de la Romaine-1, de la Romaine-2 et de la Romaine-3, avec des températures de l'eau à l'aval de Romaine-1 plus froides d'environ 1°C que celles qui avaient été enregistrées durant les années 2015 à 2018. Cela pourrait s'accroître avec la mise en eau du réservoir de la Romaine 4, plus volumineux et profond que ceux de la Romaine 1 et Romaine 3. La température de l'eau sortant de la centrale de la Romaine-2 s'est maintenue entre 1,3 et 1,8°C au cours de l'hiver, alors que celle de la Romaine Sud-Est – correspondant aux conditions naturelles – restait au point de congélation. À partir de la mi-mai, l'eau de la Romaine est plus froide qu'en conditions naturelles et l'écart s'accroît durant la période estivale. Si l'on considère la période de juin à septembre, le projet entraîne un refroidissement moyen de l'ordre de 2°C au PK 49 de la Romaine en comparaison des rivières naturelles. Ces modifications sont du même ordre de grandeur de ce qui était annoncé dans l'étude d'impact. En septembre, la température redevient semblable à celle observée en conditions naturelles, puis elle dépasse celle des cours d'eau naturels à toutes les stations en aval de la Romaine-1 à partir d'octobre jusqu'au printemps.

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 2018. 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. L'eau de surface se refroidit à l'automne; elle atteint 12,9°C le 11 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), soit environ 15 mètres sous le niveau minimum d'exploitation de 224,8 m, la température ne varie pratiquement plus et se maintient la plupart du temps entre 3 et 5°C.

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

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.....	1
1.3	Conditions à l'état de référence et conditions anticipées	3
1.4	Description de l'étude et objectifs	5
2	Méthodologie	6
2.1	Zones d'étude et intrants	6
2.1.1	Niveaux et débits	6
2.1.2	Régime thermique	7
2.2	Méthode.....	9
2.2.1	Niveaux et débits	9
2.2.2	Régime thermique	12
3	Modalités et limites d'exploitation	13
3.1	Niveaux des réservoirs	13
3.2	Débits réservés.....	13
3.3	Autres modalités d'exploitation	13
4	Résultats	15
4.1	Niveaux du réservoir de la Romaine 2 en 2019.....	15
4.2	Niveau du réservoir de la Romaine 3 en 2019.....	15
4.3	Débit dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-2.....	16
4.4	Débit dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-3.....	17
4.5	Niveau du réservoir de la Romaine 1.....	18
4.6	Débit réservé minimum en aval du PK 51.....	19
4.6.1	Période hivernale.....	20
4.6.2	Période printanière	21
4.6.3	Période estivale	21
4.6.4	Période automnale.....	22
4.7	Modalité d'exploitation de la centrale de la Romaine-1.....	22
4.7.1	Période du 1er janvier au 6 juin et du 16 novembre au 31 décembre 2019.....	22
4.7.2	Période du 7 juin au 7 juillet 2019.....	23
4.7.3	Période du 16 octobre au 15 novembre 2019.....	24
4.8	Débit dans la zone de l'embouchure.....	25
4.9	Température de l'eau.....	26
4.9.1	Séries temporelles	26
4.9.2	Profils verticaux des températures de l'eau dans le réservoir de la Romaine 2.....	31
5	Conclusion.....	34
6	Références	36
	Annexe – Cumul des températures de l'eau en aval du PK 51	37

Tableaux

Tableau 1 :	Régime de débits réservés écologiques minimums en aval de la centrale de la Romaine-1	2
Tableau 2 :	Calendrier de suivi du régime thermique et du régime de débits réservés	5
Tableau 3 :	Stations de suivi des débits et niveaux pour les aménagements de la Romaine et le tronçon en aval de la Romaine-1	6
Tableau 4 :	Stations de suivi du régime thermique sur la rivière Romaine	9
Tableau 5 :	Stations de suivi du régime thermique sur la rivière Romaine	13
Tableau 6 :	Températures de l'eau estivales au site de Romaine-1 et en aval	30

Figures

Figure 1 :	Évolution du niveau du réservoir de la Romaine 2 en 2019	15
Figure 2 :	Évolution du niveau du réservoir de la Romaine 3 en 2019	16
Figure 3 :	Débit dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-2 en 2019.....	17
Figure 4 :	Débit évacué à l'aménagement de la Romaine-2 en 2019	17
Figure 5 :	Débit dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-3 en 2019.....	18
Figure 6 :	Débit évacué à l'aménagement de la Romaine-3 en 2019	18
Figure 7 :	Évolution du niveau du réservoir de la Romaine 1 en 2019	19
Figure 8 :	Débit total à l'aménagement de la Romaine-1 et en aval de la Romaine-1 en 2019	19
Figure 9 :	Niveaux d'eau horaires enregistrés le 28 avril 2019 en aval de la centrale de la Romaine-1	20
Figure 10 :	Niveaux d'eau horaires enregistrés entre le 29 novembre et le 1 ^{er} décembre 2019 en aval de la centrale de la Romaine-1	21
Figure 11 :	Débit total à l'aménagement de la Romaine-1 et en aval de la Romaine-1 entre le 7 juin et le 7 juillet 2019.....	24
Figure 12 :	Débit total à l'aménagement de la Romaine-1 et en aval de la Romaine-1 entre le 16 octobre et le 15 novembre 2019	25
Figure 13 :	Niveaux d'eau horaires enregistrés entre le 16 octobre et le 15 novembre 2019 en aval de la centrale de la Romaine-1	25
Figure 14 :	Débit mesuré en 2019 et valeurs minimales, maximales et moyennes obtenues de 1999 à 2014 à l'embouchure de la Romaine	26
Figure 15 :	Températures de l'eau mesurées sur le cours inférieur de la Romaine en 2019.....	29
Figure 16 :	Températures de l'eau observées en 2019 comparées aux prévisions de l'étude d'impact.....	29
Figure 17 :	Températures de l'eau mesurées au PK 46 de 2015 à 2019 (station ROMA0944).....	31
Figure 18 :	Températures de l'eau mesurées au PK 34 de 2015 à 2019 (station ROMA0943).....	31
Figure 19 :	Profils verticaux de température de l'eau mesurés en 2019 dans le réservoir de la Romaine 2	33

Cartes

Carte 1:	Stations hydrométriques.....	8
----------	------------------------------	---

Photos

Photo 1 :	Vannettes assurant le débit réservé dans une vanne de l'évacuateur de crue de la Romaine- 2	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 en juin 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 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 no 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 PK 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 également localisées aux PK 34 et 46.

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

Fonction biologique	Date	Débit réservé minimum
Alimentation estivale des espèces présentes	8 juillet au 15 octobre	170 m ³ /s
Fraie automnale du saumon	16 octobre au 15 novembre	200 m ³ /s (le plus stable possible)
Incubation hivernale des œufs de saumon	16 novembre au 6 juin	140 m ³ /s
Émergence printanière des alevins de saumon	7 juin au 7 juillet	200 m ³ /s (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 hors pointe ou les fins de semaine. Les années de faible hydraulité, le débit sera maintenu

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.

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, d'une longueur de 3,5 km, 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 engagé 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 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 1 295 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.

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

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.

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).

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.

Le réservoir de la Romaine 1 est alimenté par l'eau provenant de l'aménagement de la 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 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.

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

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

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 2019, 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 donc la quatrième année d'exploitation complète de l'aménagement de la Romaine-1, la cinquième année d'exploitation complète de l'aménagement de la Romaine-2 et la deuxième 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

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

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	Sept. 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	Nov. 2014	Débit turbiné
Aménagement de la Romaine-1				
• Amont immédiat du barrage	PK 52,5	ROMAI_1B	Sept. 2015	Niveau
• Aval immédiat du barrage	PK 52,5	ROMAI_1B	Sept. 2015	Débit déversé (tronçon court-circuité)
• Aval de la centrale	PK 51,5	ROMAI_1C	Sept. 2015	Débit turbiné
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
• Cours aval de la Romaine	PK 49	ROMA0983	2015	Niveau

Emplacement	Point kilométrique	Numéro de la station limnimétrique	Début du suivi	Paramètres mesurés
• 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	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)

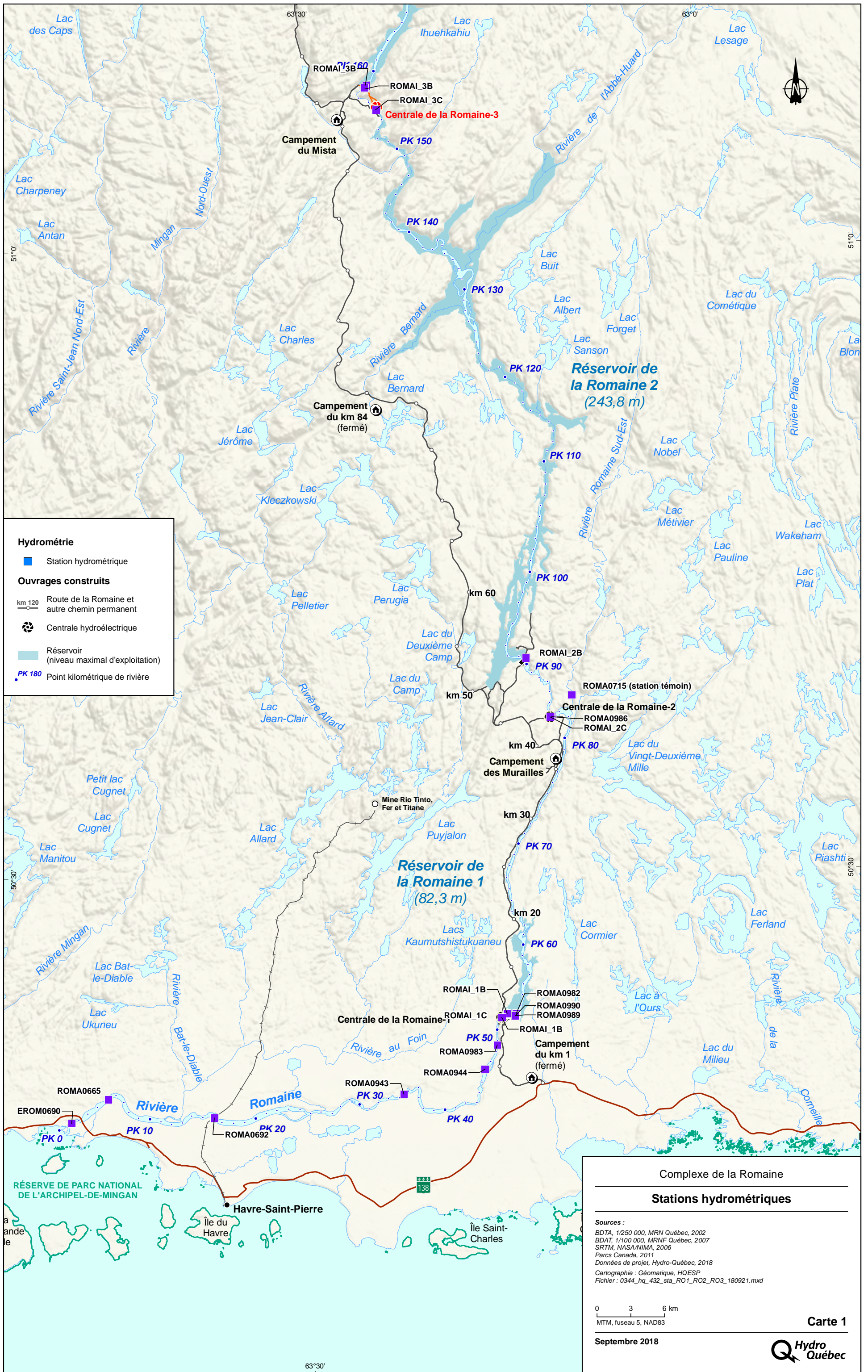
Note : Dans l'appellation des stations (par exemple ROMA1_3B), le chiffre désigne l'aménagement (3 pour Romaine-3) et la lettre s'il s'agit d'une station mesurant le niveau au site du barrage (B) ou de la centrale (C).

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.

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 maintenant⁸. Afin de pallier à ce manque, des profils verticaux à différents moments durant l'année 2019 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.

⁸ 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.



Hydrométrie

■ Station hydrométrique

Ouvrages construits

— km 120 Route de la Romaine et autre chemin permanent

⊗ Centrale hydroélectrique

■ Réservoir (niveau maximal d'exploitation)

● PK 180 Point kilométrique de rivière

Complexe de la Romaine

Stations hydrométriques

Sources :
 BDTA, 1/250 000, MRN Québec, 2002
 BDAT, 1/100 000, MRNF Québec, 2007
 SRTM, NASA/NIMA, 2006
 Parcs Canada, 2011
 Données de projet, Hydro-Québec, 2018
 Cartographie : Géomatique, HQESP
 Fichier : 0344_hq_432_sta_RO1_RO2_RO3_180921.mxd

0 3 6 km
 MTM, fuseau 5, NAD83

Carte 1

Septembre 2018



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 ⁹ (remplace la station ROMA0982)
Stations témoin			
• Romaine Sud-est	PK 1,5	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

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* ».

⁹ La station ROMA0989 a remplacé la station ROMA0982 entre août 2015 et juillet 2016.

Par exemple, le débit mesuré au PK 16 de la rivière Romaine s'exprime comme suit:

$$Q = 12,518 (H-6,67)^{2,944} \text{ où } Q \text{ est le débit (m}^3\text{/s) et } H \text{ est le niveau d'eau mesuré (m).}$$

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 2019, le niveau de ces deux stations n'a pas été affecté par la présence de glace : très peu de glace se forme sur le tronçon de rivière compris entre les PK 35 et 51, de sorte que les niveaux ne subissent pas de rehaussement, et la station ROMA0692 du PK 16 est située immédiatement en amont d'une chute, ce qui limite la possibilité de rehaussement des niveaux d'eau par la présence de glace puisque les risques de formation de glace de fond et le frottement sous la couverture de glace sont moins importants. Les valeurs de niveaux enregistrés à la station ROMA0944 du PK 46 ont permis de valider le respect du débit réservé, étant donné d'une part la cohérence des débits aux autres stations localisées à proximité et d'autre part les observations au terrain¹⁰ selon lesquelles la couverture de glace (autre que la glace de rive mince) 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 2019 puisque la somme des débits turbinés à la centrale de la Romaine-1 et provenant de la rivière Puyjalon est demeurée inférieure au débit mesuré à l'embouchure pendant les mois de décembre 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 toutefois et les débits affichés peuvent donc parfois être surestimés de 10 à 50 m³/s durant cette période, de décembre à mars. 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.

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

¹⁰ Provenant de l'analyse d'images captées par une caméra fixe à toutes les heures et ce, tous les jours pendant l'hiver.

de chaque centrale, à partir d'une reproduction à l'échelle réduite de la turbine. Ces relations sont validées en nature par la suite.



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

- 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 dessous 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 signale dès qu'un écart entre le débit réservé et le débit réel est observé via un courrier électronique 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 exploitants 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 également 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 2019 tout comme lors des suivis de 2015 à 2018. Des relevés au terrain ont ainsi été effectués le 2 février 2019 pour caractériser l'hiver, le 11 juin 2019 pour caractériser l'été, et le 11 octobre 2019 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 dans le tableau 5 ci-après :

Tableau 5 : Stations de suivi du régime thermique sur la rivière Romaine

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	• Avant la mise en service de l'aménagement de la Romaine-4	352,8 m	224,8 m	80,8 m
	• 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 (environ 6 km de tronçon), et de 2,2 m³/s dans celui entre l'évacuateur et la centrale de la Romaine-3 (environ 3,5 km). 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 la Romaine-2 et la 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 la 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 l'aménagement de la 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 présenté 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/démarrages 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 pendant la période de reproduction des saumons, qui consistent à maintenir constant le débit entre le 16 octobre et le 15 novembre¹¹ pour éviter de déranger les géniteurs durant le creusage des nids et la ponte des œufs.

¹¹ 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 en 2019

Le niveau du réservoir de la Romaine 2 a été abaissé graduellement à partir du début du mois de janvier (239,5 m) pour atteindre un minimum de 227,2 m le 6 mai (figure 1). La remontée du réservoir a été rapide au printemps, étant donné les apports naturels élevés. Des déversements en juillet ont toutefois rabaissé le niveau de près d'un mètre à la fin août (242,6 m). Un niveau maximum de 243,7 m a été atteint le 3 septembre, puis le réservoir a de nouveau été abaissé jusqu'à 242,0 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 239,7 m à la fin de l'année.

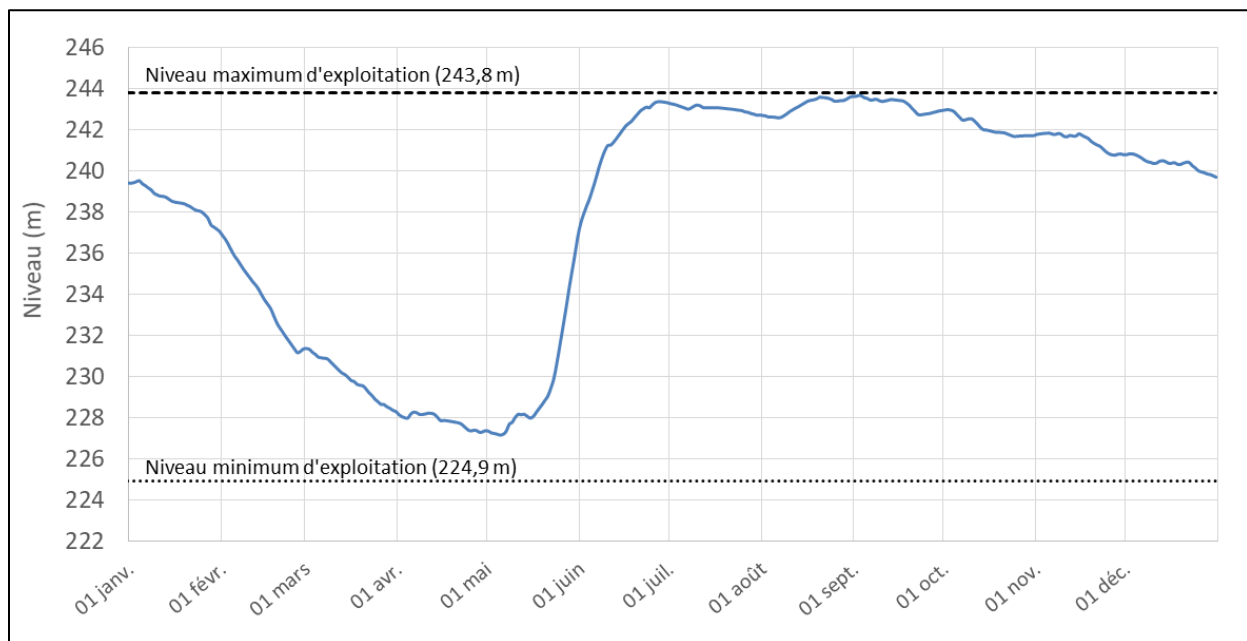


Figure 1 : Évolution du niveau du réservoir de la Romaine 2 en 2019

4.2 Niveau du réservoir de la Romaine 3 en 2019

Le niveau du réservoir de la Romaine 3 a été abaissé graduellement à partir du début du mois de janvier (364,9 m) pour atteindre un minimum de 352,9 m le 11 mai (figure 2). La réserve a été en partie reconstituée à la fin mai (364,4 m), puis le niveau a évolué autour de 364,0 m pendant environ deux semaines, puis entre 364,6 m et 365,7 m jusqu'au 28 août. Des déversements ont abaissé le niveau du réservoir jusqu'à 362,5 m le 12 octobre, puis le niveau a été stabilisé pendant la fraie automnale. Le niveau a de nouveau été rehaussé à partir du 16 novembre, pour atteindre un niveau de 365,5 m le 31 décembre.

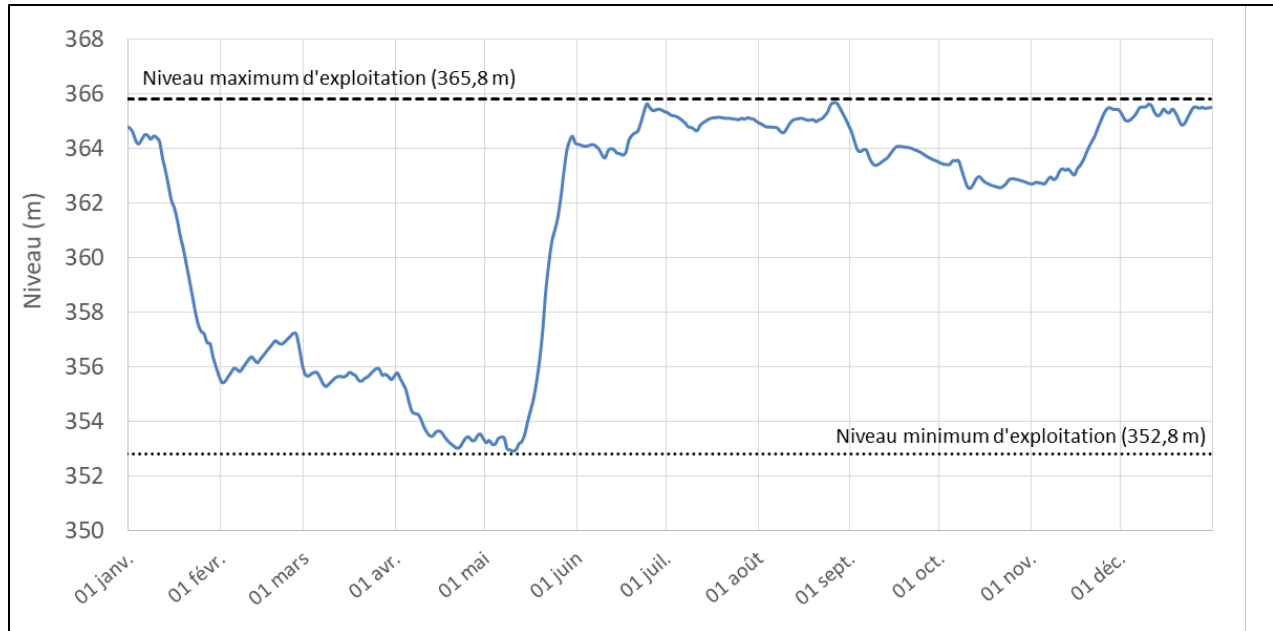


Figure 2 : Évolution du niveau du réservoir de la Romaine 3 en 2019

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 2019, le débit réservé minimal a toujours été respecté (voir la figure 3).

Ce tronçon reçoit également le débit évacué lorsque cela est nécessaire, ce qui a été le cas entre le 28 mai et le 17 juin afin de contrôler le niveau du réservoir de la Romaine 2 pendant la crue printanière (figure 4). Le débit évacué a varié entre 18 et 693 m³/s et la valeur la plus élevée est survenue le 4 juin 2019. Deux événements d'évacuations ponctuelles et courtes ont également eu lieu le 10 février (200 m³/s) et le 22 novembre (195 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.

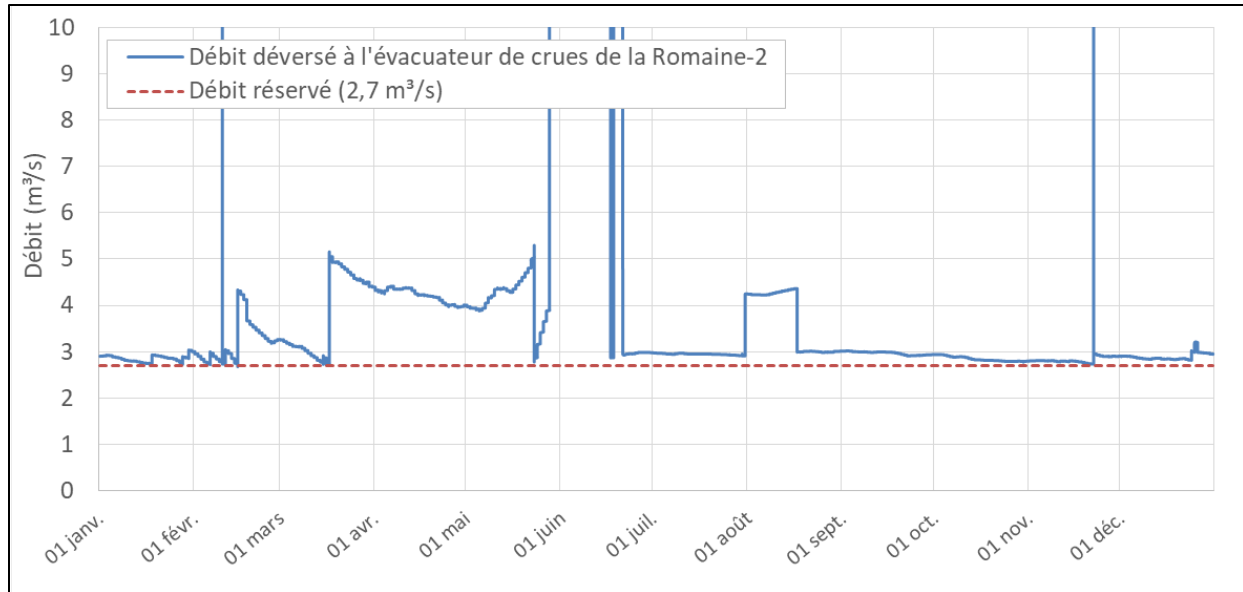


Figure 3 : Débit dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-2 en 2019

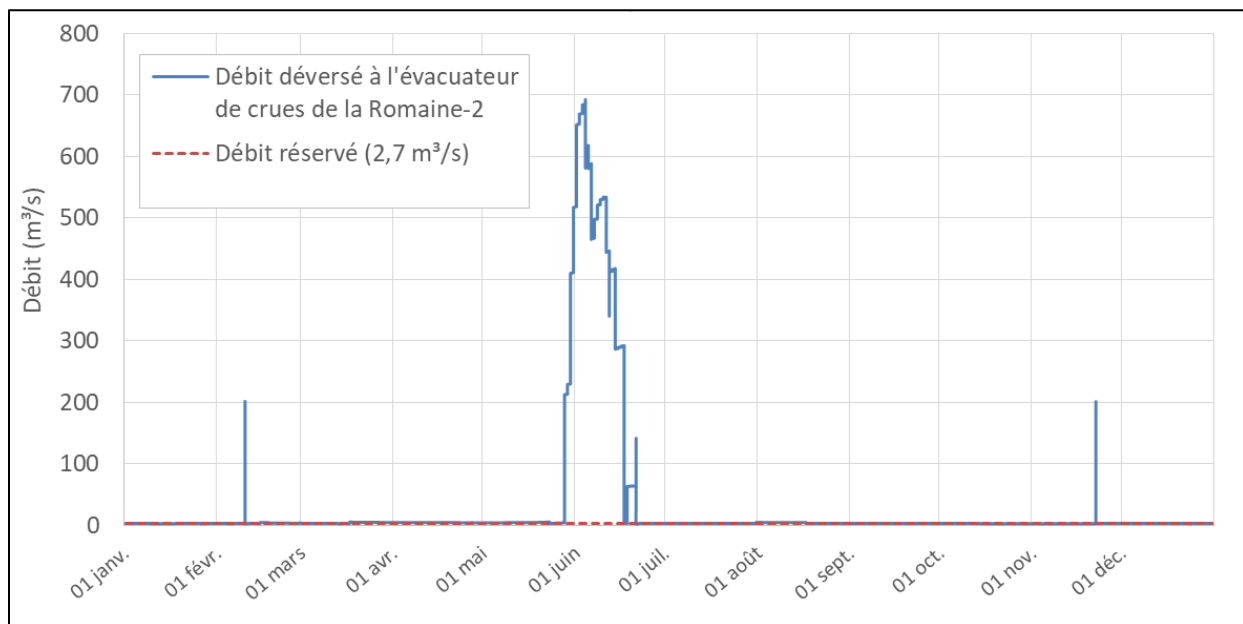


Figure 4 : Débit évacué à l'aménagement de la Romaine-2 en 2019

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. Le débit réservé a été respecté en tout temps en 2019 (voir la figure 5).

Afin de ralentir la remontée du réservoir, des déversements ont eu lieu pendant la crue printanière entre le 21 mai et le 27 juin (figure 6). La valeur maximale a atteint 1 245 m³/s le 30 mai 2019. Par ailleurs, des essais des vannes de l'évacuateur ont eu lieu à deux reprises le 30 juillet (1 059 m³/s) et le 5 novembre (1 083 m³/s), mais ces évacuations ont été de courte durée.

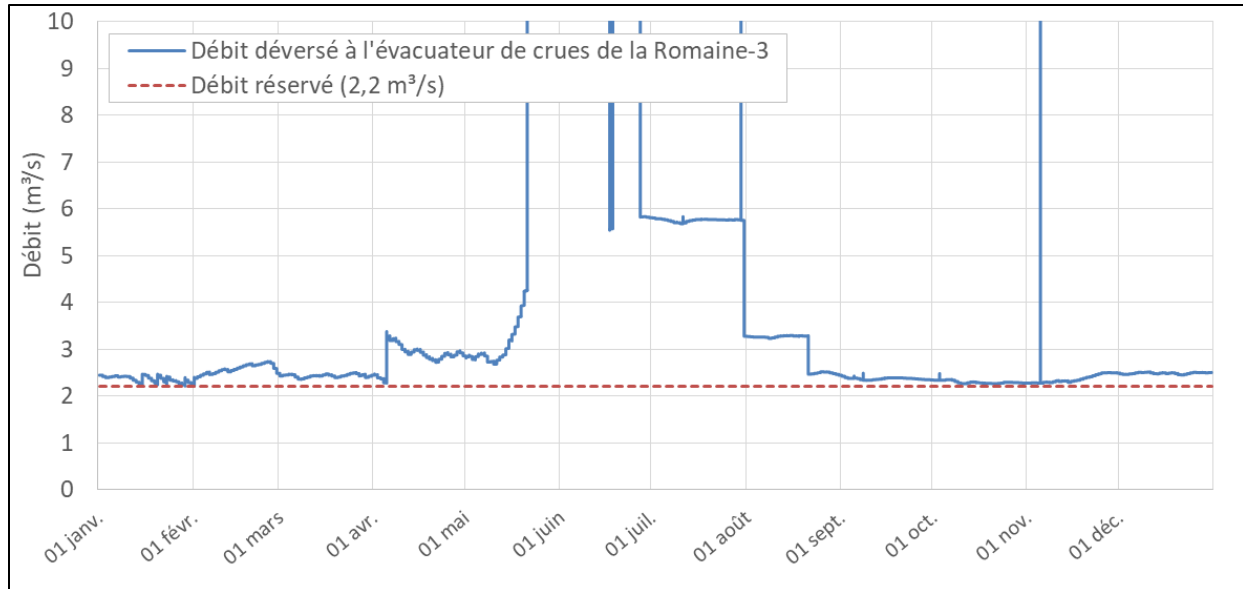


Figure 5 : Débit dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-3 en 2019

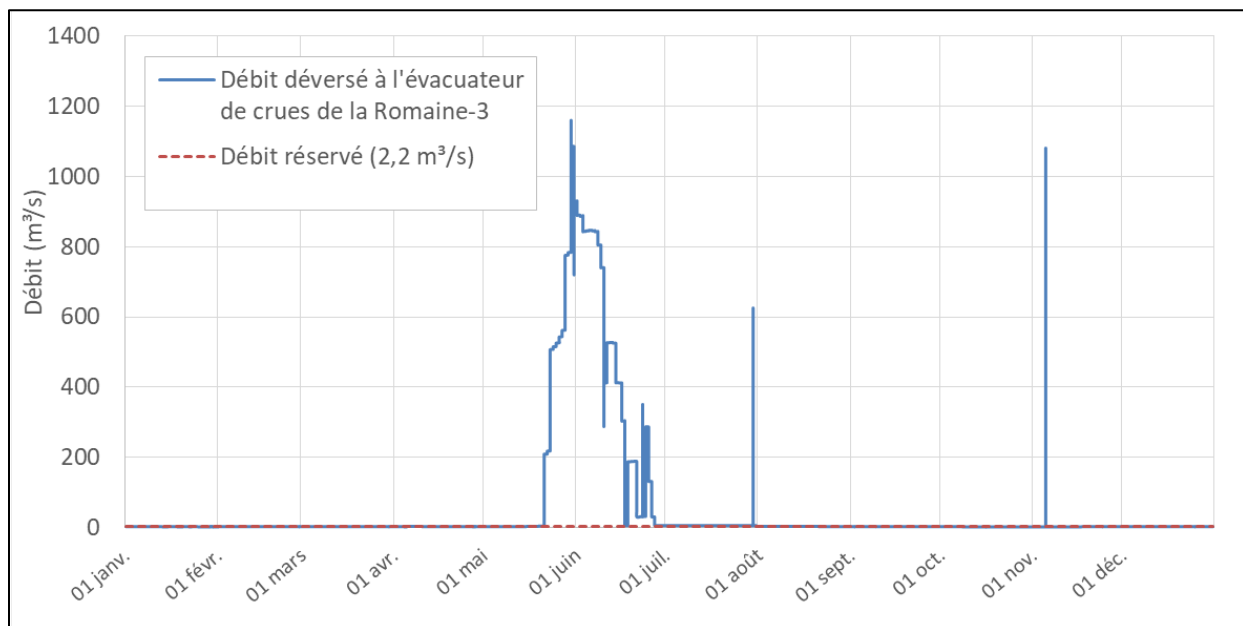


Figure 6 : Débit évacué à l'aménagement de la Romaine-3 en 2019

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 2019, le réservoir a été exploité en tout temps à l'intérieur de ses limites normales d'exploitation (figure 7).

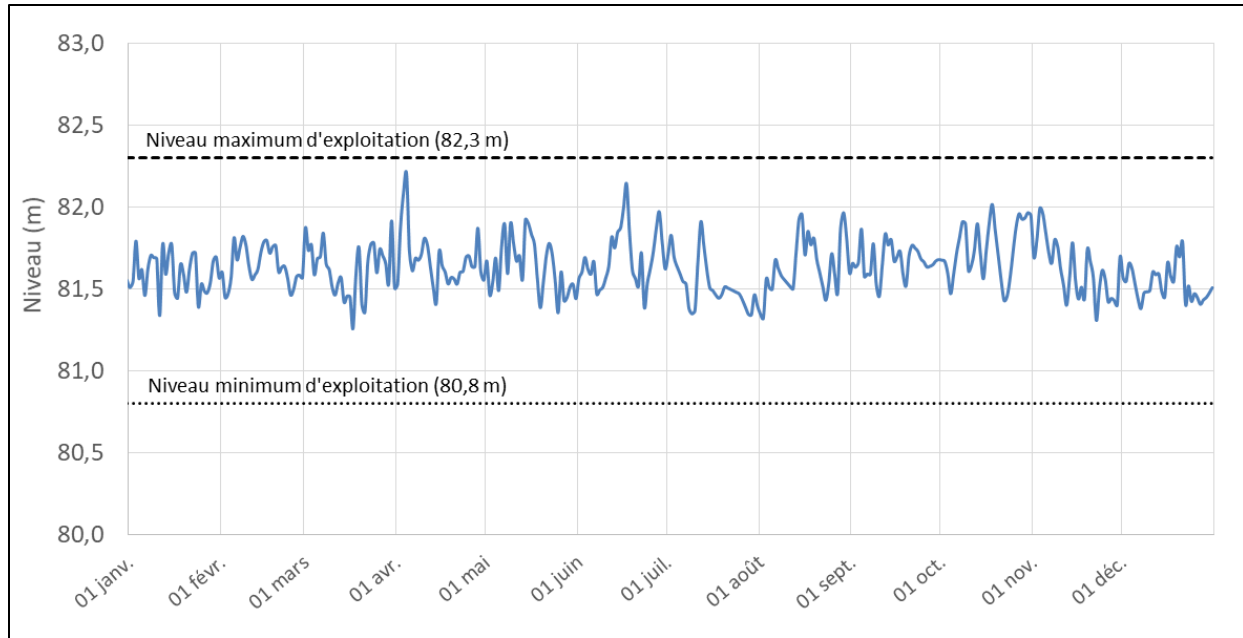


Figure 7 : Évolution du niveau du réservoir de la Romaine 1 en 2019

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, ainsi que le débit mesuré aux stations plus en aval en 2019.

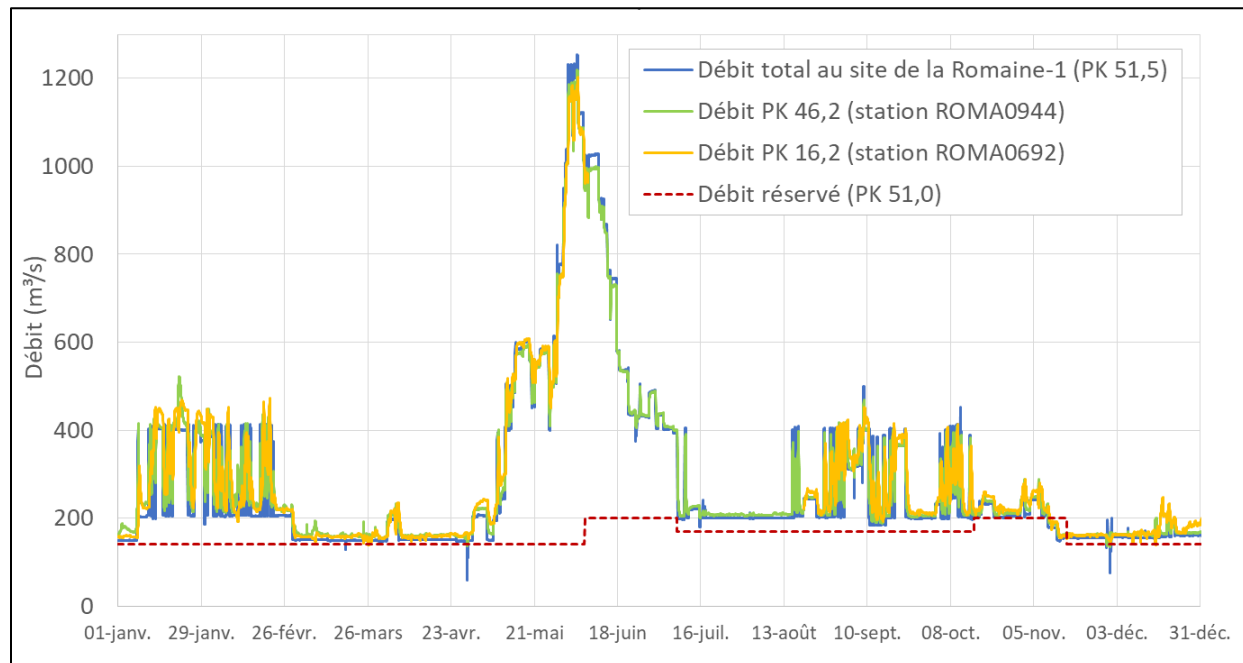


Figure 8 : Débit total à l'aménagement de la Romaine-1 et en aval de la Romaine-1 en 2019

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. 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 y a eu plusieurs événements avec des arrêts non prévus à la centrale de la Romaine-1 en 2019 qui ont entraîné un non-respect du débit réservé :

- Le débit turbiné est descendu à 35 m³/s pendant 40 minutes, le 28 avril entre 12h15 et 12h55, avant que les vannes de l'évacuateur de crues ne puissent être ouvertes pour compenser le débit réservé. Cet événement à la centrale de la Romaine-1 est survenu suite à la perte d'une ligne importante sur la Côte-Nord en raison du verglas. Un automatisme de protection a fait déclencher tous les groupes de la Romaine, et l'alimentation des services auxiliaires n'étant plus assurée il a fallu dépêcher un opérateur mobile pour ouvrir les vannes de l'évacuateur, ce qui explique le délai d'intervention. Cet incident a entraîné un abaissement du niveau de 71 cm à l'aval immédiat de la centrale. La réduction du débit s'est également fait sentir au PK 46 (diminution de niveau de 17 cm) ainsi que très légèrement au PK 34 (diminution de niveau de 9 cm à 14h). Les niveaux horaires enregistrés durant cet événement sont montrés sur la figure 9.

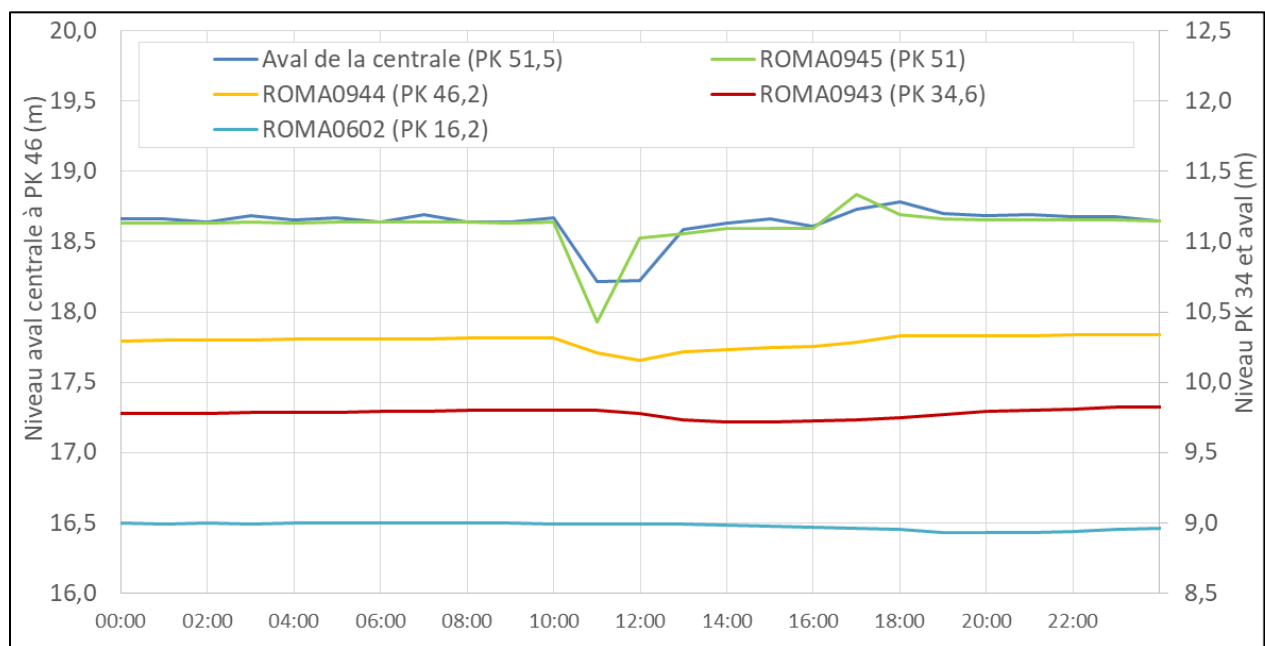


Figure 9 : Niveaux d'eau horaires enregistrés le 28 avril 2019 en aval de la centrale de la Romaine-1

- Entre le 29 novembre et le 1^{er} décembre 2019, plusieurs événements ont eu lieu à la centrale, générant une diminution des débits sous le seuil de 140 m³/s, jusqu'à des débits nuls, avant que l'évacuateur ne puisse compenser le débit réservé : entre 8h45 et 8h55, entre 12h45 et 12h55, puis entre 19h05 et 19h25 le 29 novembre, entre 13h et 13h40 le 30 novembre et enfin entre 1h30 et 1h40 le 1^{er} décembre. Le problème était lié au colmatage des filtres du système de refroidissement, nécessaires au bon fonctionnement des groupes turbine-alternateur. Différentes interventions réalisées durant cette fin de semaine ont finalement réglé la situation. Les niveaux horaires enregistrés pendant cette période sont montrés sur la figure 10. Chaque événement a entraîné un abaissement du niveau d'eau à l'aval immédiat de la centrale de l'ordre de 70 cm. Ces réductions du débit se sont faites sentir jusqu'au PK 46, où l'on a observé des diminutions du niveau d'eau de l'ordre de 8 à 20 cm selon l'événement.

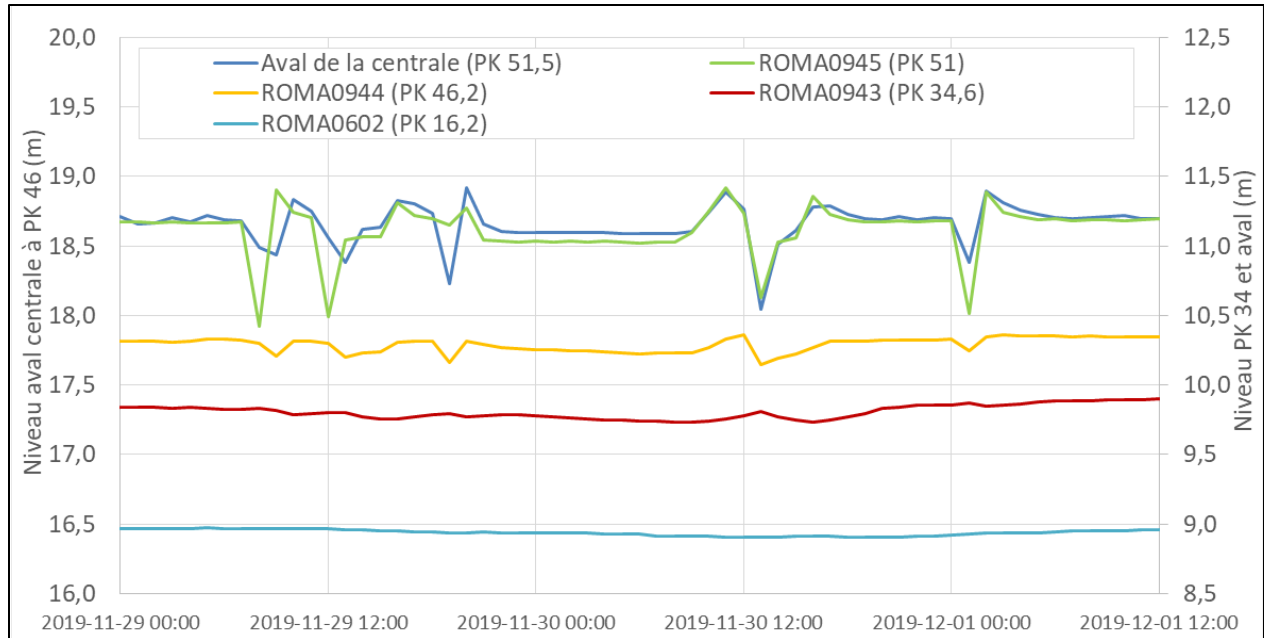


Figure 10 : Niveaux d'eau horaires enregistrés entre le 29 novembre et le 1^{er} décembre 2019 en aval de la centrale de la Romaine-1

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 2019, en l'absence du réservoir de la Romaine 4, on constate que le débit s'est approché de la valeur du débit réservé régulièrement en mars-avril, et en novembre-décembre (voir la 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 total sortant de l'aménagement a toujours dépassé cette valeur (minimum de 374 m³/s et maximum de 1029 m³/s). Les déversements pour la gestion de la décrue printanière ont diminué progressivement par palier d'environ 100 m³/s pendant 3 à 5 jours consécutifs, et ils ont cessé le 21 juin 2019. Un arrêt non planifié des deux groupes a eu lieu le 24 juin 2019 entre 4h et 10h, abaissant le débit total turbiné sous 200 m³/s entre 7h et 10h. Pendant cette période, l'évacuateur de crues était en opération pour compenser, de sorte que le débit réservé de 200 m³/s a été respecté en tout temps.

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.

Le débit total sortant de l'aménagement de la Romaine-1 a toujours dépassé cette valeur. Le débit turbiné le plus faible a été de 180 m³/s et le plus élevé a été de 500 m³/s.

4.6.4 Période automnale

La période pendant laquelle le régime de débit automnal s'applique s'étend du 16 octobre au 15 novembre¹². 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 turbiné a été ajusté à 200 m³/s le 15 octobre 2019 et a toujours été maintenu entre 200 et 244 m³/s jusqu'au 9 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 a été confirmée le 9 novembre 2019, et le mode d'exploitation hivernal a donc été mis en place à partir de cette date avec une diminution du débit turbiné à 180 m³/s le 9 novembre, puis 150 m³/s le 12 novembre 2019.

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

4.7.1 Période du 1er janvier au 6 juin et du 16 novembre au 31 décembre 2019

Entre le 16 novembre et le 6 juin, il est demandé d'éviter le démarrage du deuxième groupe turbine-alternateur avant le lever du jour¹³ (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 2019, les démarrages ou arrêts de groupes ont été très fréquents en janvier et février afin de répondre à la demande en électricité des clients en périodes de pointe. Les démarrages du second groupe ont eu lieu après 6h30, sauf à une occasion le 20 février 2019 (démarrage à 5h50). La consigne d'arrêt du groupe après 17h30 a cependant été respectée puisque l'arrêt a été observé à 22h55 la même journée. En somme, mise à part une problématique à la centrale entre le 29 novembre et le 1^{er} décembre, et qui a entraîné une augmentation de débit de 143 m³/s à 343 m³/s à 2h15, et une diminution de 314 m³/s à 157 m³/s dans le quart-d'heure suivant, cette modalité d'exploitation a été respectée en tout temps.

Comme le prévoyait l'étude d'impact, le débit varie fréquemment durant la période hivernale. En 2019, les variations de débit ont été moins importantes que les hivers précédents et respectent le patron théorique décrit dans la nouvelle directive d'exploitation de la centrale de la Romaine-1 qui a été entendu avec les autorités gouvernementales :

- 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).

¹² 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).

¹³ 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.

- 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 2019, le débit turbiné a ainsi été stable et maintenu proche de 150 m³/s en décembre et mars afin d'assurer une réserve suffisante pour répondre à la demande énergétique en période de grand froid, et il a varié entre 200 m³/s et 415 m³/s pendant les mois de janvier et février, selon la demande.

4.7.2 Période du 7 juin au 7 juillet 2019

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 hormis un arrêt de groupe le 24 juin. Les déversements encore élevés au début de la période pour le contrôle de la crue printanière ont été réduits par paliers jusqu'au 21 juin. Les directives d'Hydro-Québec recommandent d'éviter des variations instantanées de plus de 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 modalités ne peuvent être outrepassées 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 2019, durant la période du 7 juin au 7 juillet, le débit turbiné à la centrale de la Romaine-1 est resté assez stable, avec deux groupes en opération. Pendant cette période, l'évacuateur de crues était également sollicité afin de gérer la crue puis la décrue, mais contrairement à ce qui avait été observé au printemps 2018, le débit déversé a globalement été réduit progressivement en juin 2019 par palier de 100 m³/s environ avec des délais de 3 à 5 jours consécutifs. Les modifications instantanées de débit ont varié selon des écarts compris entre 10 et 219 m³/s. La variation de 219 m³/s le 24 juin correspond à l'arrêt non planifié d'un groupe pendant une durée de 7 heures. Une manœuvre a été enclenchée à l'évacuateur de crues dans les dix minutes suivantes, avec une variation de 23 à 113 m³/s par 5 minutes pour le quart-d'heure suivant, pour une variation totale du débit évacué de 219 m³/s en moins d'une heure. Cette manœuvre rapide à l'aménagement a varié au plus de 63 m³/s en moins d'une heure sur cette même période. Une autre variation de 202 m³/s a été enregistrée le 12 juin à midi à l'évacuateur de crues, qui semble résulter d'un problème de manœuvre puisque le débit a ensuite été augmenté de nouveau immédiatement entre 12h05 et 12h30 (augmentations de 17 à 71 m³/s par 5 minutes). D'autres manœuvres semblent résulter d'erreurs d'ajustement de l'ouverture des vannes de l'évacuateur, par exemple, le débit a diminué de 98 m³/s le 15 juin à 13h40, puis de nouveau de 31 m³/s à 16h35, puis il a été augmenté de 72 m³/s puis 30 m³/s à 17h45 et 17h50 le même jour. Outre les deux variations instantanées de 202 et 219 m³/s mentionnées ci-dessus, les variations instantanées ont respecté les modalités énoncées dans la directive d'Hydro-Québec.

Les variations de débit pendant cette période apparaissent à la figure 11. La plupart des manœuvres de hausses et de baisses réalisées pendant cette période se sont propagées vers l'aval (voir données de la station au PK 46,2).

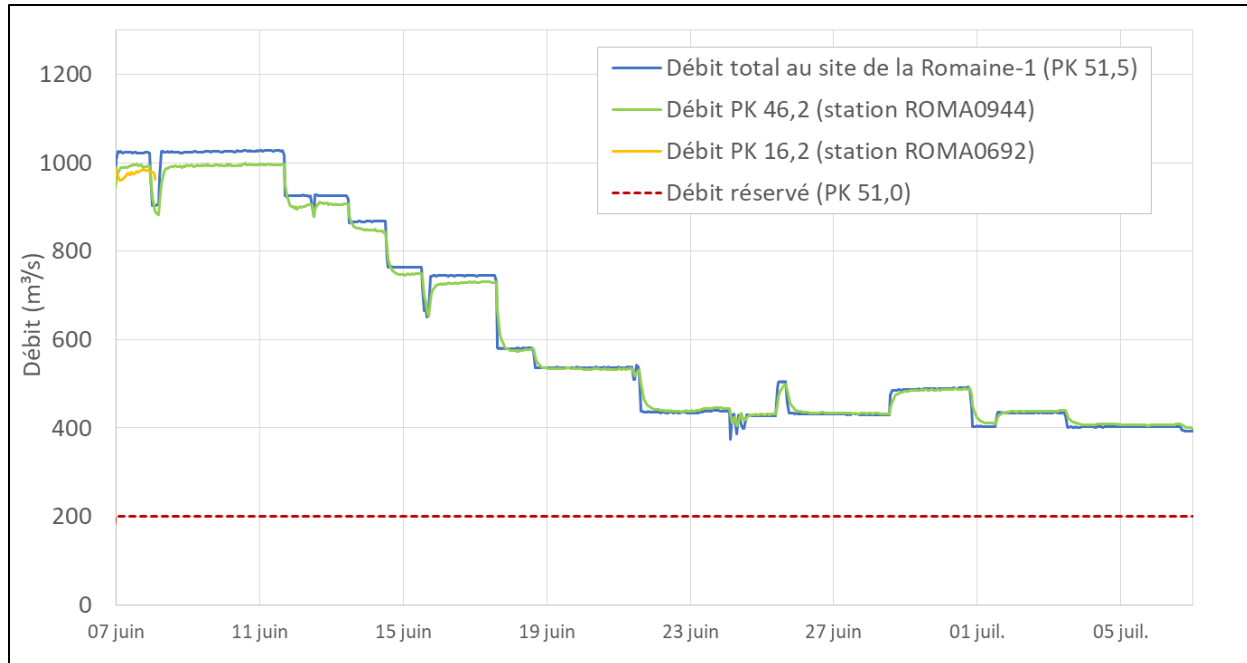


Figure 11 : Débit total à l'aménagement de la Romaine-1 et en aval de la Romaine-1 entre le 7 juin et le 7 juillet 2019

4.7.3 Période du 16 octobre au 15 novembre 2019

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.

En 2019, l'exploitation de la centrale a été stable en utilisant un seul groupe turbine-alternateur (T-A) et le débit turbiné a varié entre 218 m³/s et 244 m³/s pendant cette période. Ces légères variations de débit d'un seul groupe T-A permettent de contrôler le niveau d'eau du réservoir de la Romaine 1 selon les apports et la demande énergétique au besoin. Les débits aux différentes stations de mesures sont montrés sur la figure 12. Ces variations ont eu des répercussions sur les niveaux d'eau enregistrés aux stations en aval sur la rivière Romaine, avec des variations de l'ordre de 20 à 25 cm jusqu'au PK 34, et d'environ 10 cm au PK 16 (voir la figure 13). Certaines variations de débit et de niveau observées aux PK 46,2 et 16 (par exemple le 1^{er} novembre ou le 6 novembre) ne sont pas directement liées à l'exploitation de la Romaine-1. Des variations de niveau localement aux stations de mesure peuvent avoir été observées ponctuellement à l'aval de l'aménagement à cause de phénomènes météorologiques (pluie et vent). Ainsi le 1^{er} novembre, un total de 33 mm de pluie a été enregistré à la station météorologique d'Environnement Canada de Havre-St-Pierre, avec des rafales de vent jusqu'à 91 km/h, et de nouveau le 6 novembre, un total de 8,9 mm de pluie avec des rafales de 93 km/h.

Tel que précisé à la section 4.6.4, il a été observé au terrain que la fraie était terminée le 9 novembre et, en accord avec le MPO, la centrale a ensuite adopté un mode de gestion hivernale à partir de cette date, avec un abaissement du débit turbiné à 180 m³/s le 9 novembre, puis 150 m³/s le 12 novembre.

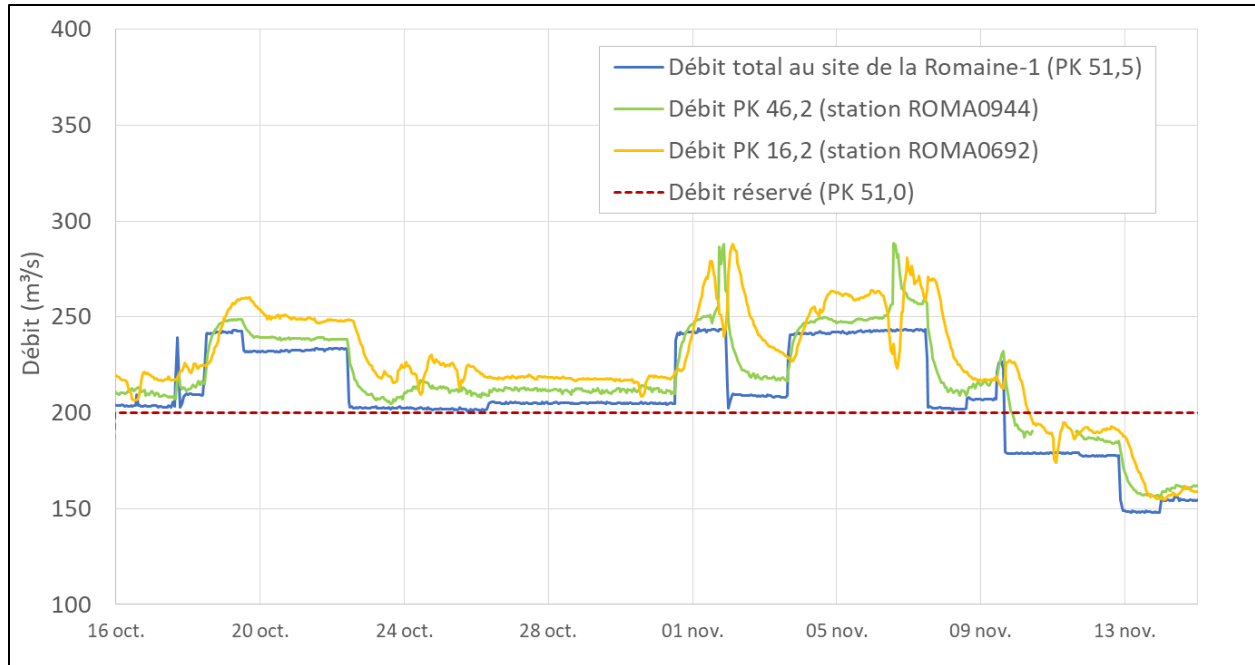


Figure 12 : Débit total à l'aménagement de la Romaine-1 et en aval de la Romaine-1 entre le 16 octobre et le 15 novembre 2019

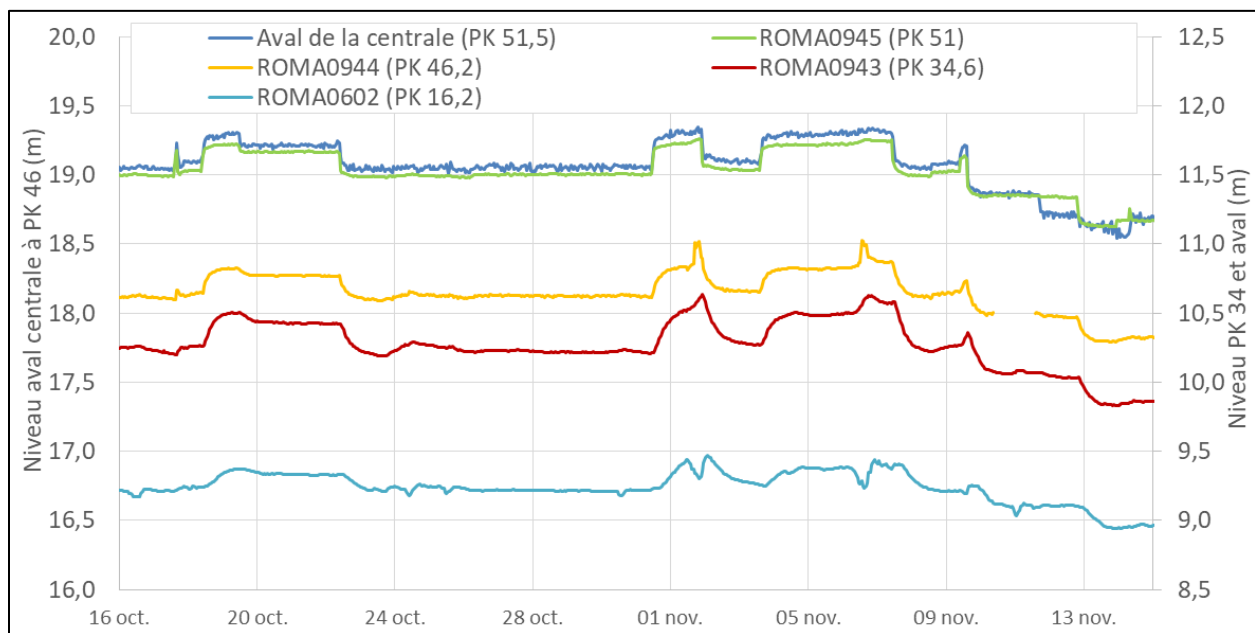


Figure 13 : Niveaux d'eau horaires enregistrés entre le 16 octobre et le 15 novembre 2019 en aval de la centrale de la Romaine-1

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 Puyjalou, 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 2019 est montré sur la figure 14 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 hivernal de la rivière Romaine. 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 proche du débit minimal de la période 1999 à 2014. Il a augmenté dès le début du mois de juin, jusqu'à une valeur de près de 1380 m³/s le 2 juin 2019, alors que des déversements importants visaient à ralentir le remplissage des réservoirs amont. Le débit parvenant à l'embouchure est ainsi resté au-dessus du débit moyen de 1999 à 2014 pour tout le mois de juin jusqu'au début du mois de juillet. 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 hydraulicité automnale et du maintien du débit légèrement au-dessus du débit réservé.

Le débit moyen annuel a été de 343 m³/s en 2019, alors que la moyenne de 1999 à 2014 était de 328 m³/s.

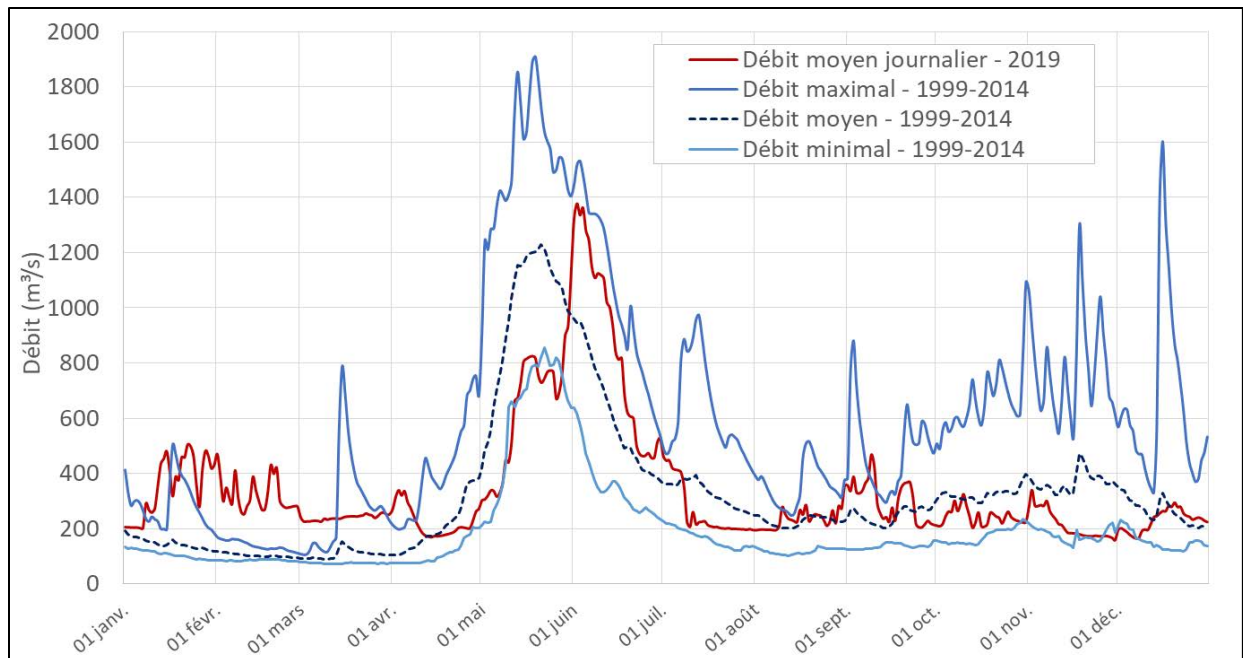


Figure 14 : Débit mesuré en 2019 et valeurs minimales, maximales et moyennes obtenues de 1999 à 2014 à l'embouchure de la Romaine

4.9 Température de l'eau

4.9.1 Séries temporelles

Les mesures de température enregistrées aux différentes stations durant l'année 2019 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 16). Les figures 15 et 16 comparent les températures enregistrées aux deux frayères naturelles (PK 46,2 et PK 34,5) pour les années 2015 à 2019. À noter que

l'appareil mesurant la température de l'eau sur la frayère du PK 46 n'a pas fonctionné durant la période du 26 mars au 26 août, tandis que celui du PK 34 n'a plus fonctionné à partir du 24 août 2019. Au PK 34, 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 28 avril, soit 1,10°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 disponibles au PK 49, elle sortait de la centrale de la Romaine-1 à une température variant de 0,25 à 1,07°C en janvier et février. Elle continue à se refroidir en coulant vers l'aval et elle atteint le point de congélation entre les PK 34 et 16 dépendamment de la température de l'air de janvier à mars. À la station du PK 5, l'eau est demeurée au point de congélation jusqu'à la fin du mois de mars 2019.

Au printemps, le réchauffement de l'eau sur la rivière Romaine commence très doucement et progresse beaucoup plus lentement que celui des rivières naturelles. Dès la mi-mars, on enregistrait des températures augmentant graduellement à toutes les stations en aval de la centrale de la Romaine-1 alors que l'eau est restée au point de congélation jusqu'aux premiers jours de mai 2019 dans la rivière Romaine Sud-Est. De juin à septembre, la température de l'eau enregistrée dans la rivière Romaine Sud-Est était supérieure à 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.

La température moyenne sortant de la centrale de la Romaine-2 de juillet à août 2019 a été de 9,3°C, soit très proche de la valeur de 9,6°C anticipée à l'étude d'impact. 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. En 2019 elles ont gagné en moyenne 3,0 °C de la centrale de la Romaine-1 à l'embouchure. Le suivi de la température montre également que l'écart de température entre l'embouchure de la rivière Romaine et la Romaine Sud-Est a été en moyenne de 3,0 °C en juillet-août 2019, soit compris entre les écarts qui ont été observés en 2016 (-2,3°C) et en 2017 (-2,9°C) et celui observé en 2018 (-5,0°C).

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 en 2019 avec celle des étés précédents indique qu'elle a été globalement plus froide que les années antérieures à partir de juin 2019, ce qui semble être attribuable principalement au climat plus froid de 2019, puisque l'eau de la Romaine Sud-Est a également été plus froide en 2019 que les étés précédents. La présence du réservoir de la Romaine 3 qui alimente en eau froide le réservoir de la Romaine 2 peut également avoir joué un rôle dans la température observée sur le cours aval de la rivière Romaine.

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 2019 (en gris). En 2019, durant la période estivale, les températures enregistrées sur les frayères en aval de la Romaine-1 sont 6,3°C plus froides que celles enregistrées dans la Romaine Sud-Est (au PK 34). L'écart se réduit à 3,8°C lorsque l'eau atteint l'embouchure (PK 5).

Si l'on considère la période de juin à septembre, le projet entraîne un refroidissement moyen de l'ordre de 2°C au PK 49 de la Romaine en comparaison des rivières naturelles. Ces modifications sont du même ordre de grandeur de qui était annoncé dans l'étude d'impact (figure 16).

En aval de Romaine-1, les températures de l'année 2019 sont plus froides d'environ 1°C que celles qui avaient été enregistrées durant les années 2015 à 2018 (figures 15 et 16). Cela pourrait s'accroître 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 d'octobre, 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 en 2019, la moyenne de la température mesurée en octobre a été de 7,9°C sur la rivière Romaine Sud-Est et de 10,2°C au PK 49. On prévoyait également 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. En 2019, les températures moyennes annuelles ont été respectivement de 6,0°C sur la Romaine Sud-Est et de 5,0°C au PK 49.

L'eau se refroidit en coulant vers l'aval et l'écart par rapport à la température de la Romaine Sud-Est s'amenuise. Ce phénomène est minimisé par rapport à 2018. Par exemple, au PK 46, l'écart moyen est de 2,5°C alors qu'il n'est plus que de 1,6°C près de l'embouchure en octobre 2019. L'écart près de l'embouchure en octobre 2018 était de 1,0°C.

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. 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, 2018 et Hydro-Québec, 2019).

Les biologistes s'intéressent au cumul de la température 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 2019 sont présentés aux figures A-1 à A-5 de l'annexe. Toutefois, l'année 2019 n'est pas représentée à la sonde du PK 46 car les données sont manquantes entre le 26 mars et le 26 août. De même, la courbe de l'année 2019 s'arrête après le 24 août au PK 34 car les données de cette station sont manquantes par la suite. 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 2019 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.

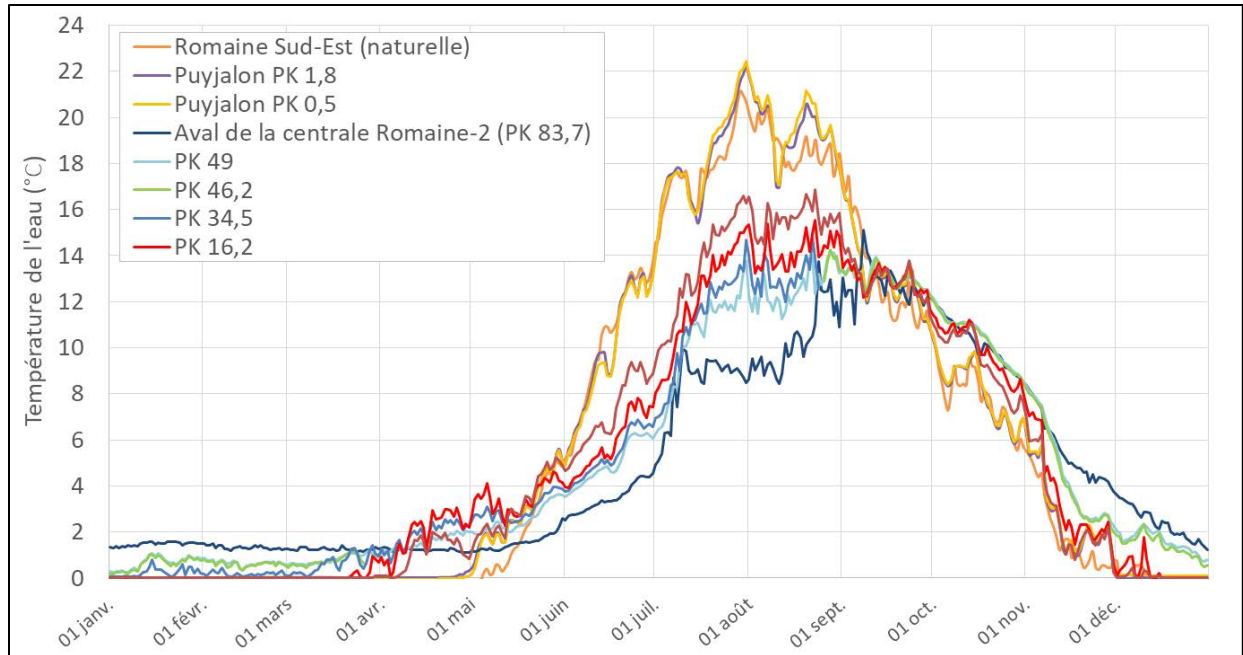


Figure 15 : Températures de l'eau mesurées sur le cours inférieur de la Romaine en 2019

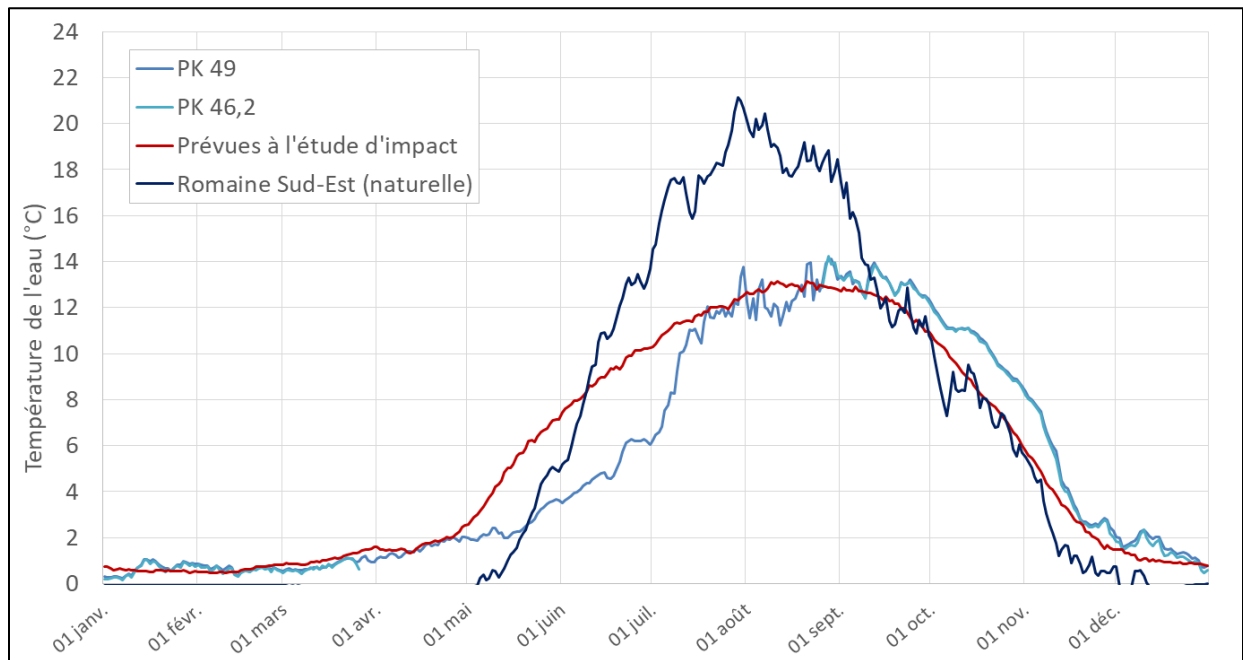


Figure 16 : Températures de l'eau observées en 2019 comparées aux prévisions de l'étude d'impact

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

Type de données	Année	Stations						
		PK 49	PK 46,2	PK 34,5	PK 16,2	PK 5,2	Romaine Sud-Est	Puyjalon
Moyenne des températures de juillet et août (°C)	2009	n. d.	n. d.	18,3	18,7	18,9	n. d.	n. d.
	2010	n. d.	18,5	18,2	18,9	19,1	18,6	n. d.
	2011	n. d.	17,8	17,9	18,3	18,4	18,0	n. d.
	2012	n. d.	19,2	19,3	19,6	19,8	n. d.	n. d.
	2013	n. d.	18,2	18,3	18,3	18,6	18,0	n. d.
	2014	18,6	18,2	18,2	18,6	19,2	19,0	n. d.
	2015	n. d.	14,2	14,4	14,8	16,3	n. d.	n. d.
	2016	14,3	14,3	14,5	15,2	16,2	18,5	n. d.
	2017	13,3	13,4	13,7	14,2	15,0	17,9	17,9
	2018	12,5	12,6	n.d.*	14,3	15,3	20,3	19,8
	2019	11,5	n.d.	11,9**	13,1	14,5	18,3	18,8
Température maximale (°C)	2009	n. d.	n. d.	20,4	21,0	21,3	n. d.	n. d.
	2010	n. d.	21,0	20,3	21,2	21,3	20,6	n. d.
	2011	n. d.	19,7	19,8	20,4	20,7	19,8	n. d.
	2012	n. d.	20,9	21,0	21,4	21,9	n. d.	n. d.
	2013	n. d.	21,8	21,6	21,1	21,3	21,0	n. d.
	2014	19,9	20,2	20,2	20,5	21,1	20,4	n. d.
	2015	n. d.	17,2	17,5	18,0	19,2	n. d.	n. d.
	2016	16,6	16,5	16,5	17,2	18,0	20,5	n. d.
	2017	20,1	15,8	15,8	15,8	16,1	20,1	21,3
	2018	15,1	15,2	n.d.	16,3	17,3	22,8	23,4
	2019	14,1	14,2	14,8	15,5	16,9	21,1	22,2

Note : n.d. non disponible * la station ROMA0944 n'a pas enregistré la température de l'eau entre le 26 mars et le 26 août 2019
 ** données manquantes après le 24 août 2019 à la station ROMA0943

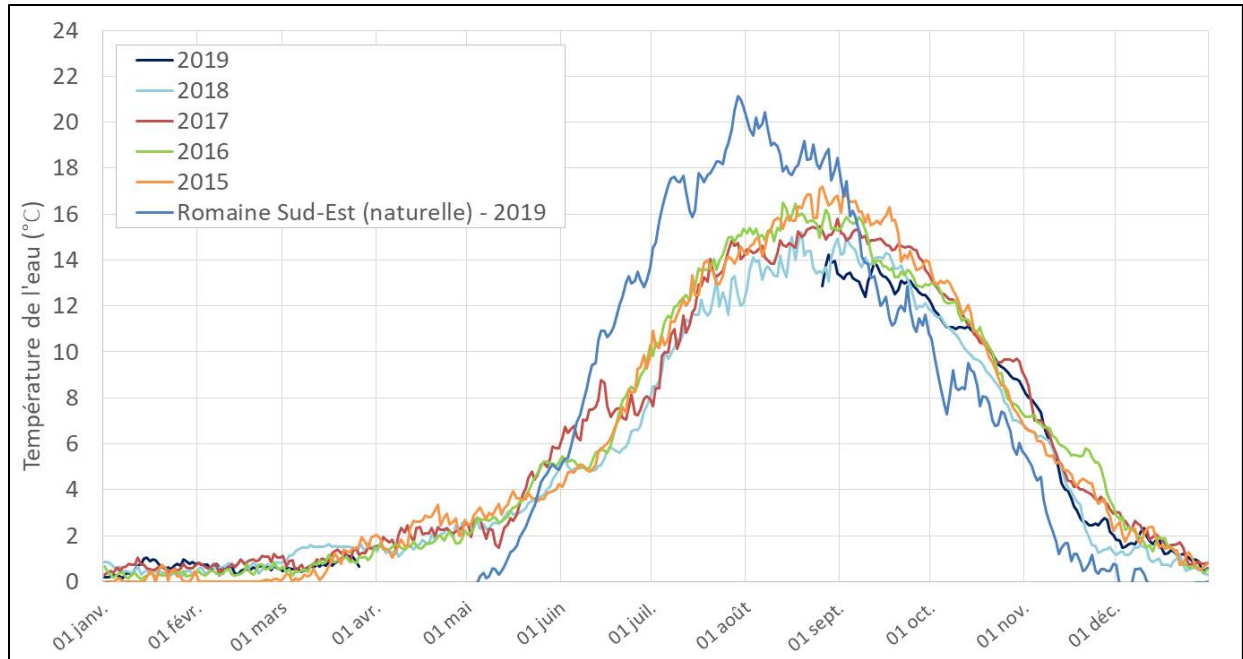


Figure 17 : Températures de l'eau mesurées au PK 46 de 2015 à 2019 (station ROMA0944)

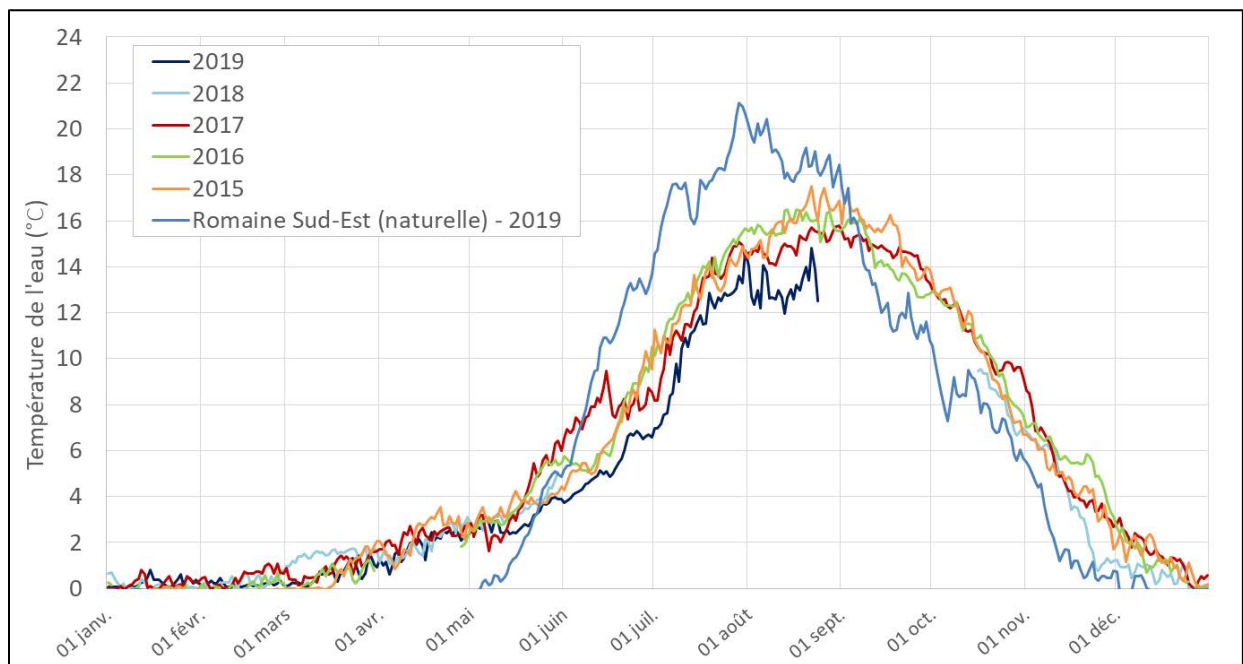


Figure 18 : Températures de l'eau mesurées au PK 34 de 2015 à 2019 (station ROMA0943)

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 trois reprises durant l'année 2019 : le 2 février pour caractériser l'hiver, le 11 juin pour l'été¹⁴, et le 11 octobre pour l'automne. Au moment de relever le profil printanier, les conditions d'accès au réservoir à partir de la

¹⁴ On note que le relevé du 11 juin s'est avéré trop hâtif pour caractériser les conditions estivales dans le réservoir ; l'état du réservoir à cette date s'approchait plus des conditions d'isothermie printanière.

berge ont été jugées dangereuses en raison du déplacement des glaces, donc le profil n'a pas été réalisé. Le profil d'hiver a été relevé dans la partie la plus profonde du réservoir, soit au PK 92 (latitude 50°40'24,5"N ; longitude 63°14'45,0"O) et ceux d'été et d'automne ont été mesurés dans le même secteur environ 300 m plus au nord dans le réservoir (latitude 50°40'34,8"N ; longitude 63°14'44,7"O).

Les trois profils mesurés en 2019 sont présentés sur la figure 19, et les températures de l'eau sont exprimées en fonction du niveau dans le réservoir. La température de l'eau enregistrée à l'aval de la centrale de la Romaine-2 (voir série de la figure 15) correspond approximativement à la température enregistrée à un niveau de 220 à 240 m dans le réservoir selon les dates des relevés, soit dans la tranche d'eau située entre 5 et 25 mètres au-dessus du seuil d'entrée du canal d'amenée.

Les profils verticaux d'hiver et d'automne présentent une stratification verticale. 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 autour de 3,4°C (figure 19). Après la disparition de la couverture de glace, l'eau se réchauffe en surface, jusqu'à atteindre une isothermie à une température comprise entre 3 et 4°C sur toute la profondeur. Cet état prévalait encore le 11 juin, au moment où un profil a été mesuré dans le réservoir. Lorsque l'été avance, l'eau se réchauffe en surface, puis la chaleur gagne petit à petit les couches profondes, mais elle reste froide aux niveaux inférieurs à 215 m (figure 19). Une température de 12,9°C a été mesurée le 11 octobre à la surface de l'eau, ce qui est déjà refroidi par rapport aux températures maximales observées en été. Les années précédentes, la température de surface estivale se situait entre 16 et 20°C, et une température de 18,5°C avait été prévue en surface le 1^{er} août pendant l'étude d'impact. Les profils estivaux sont habituellement comparés d'une année à l'autre, ainsi qu'avec le profil présenté dans l'étude d'impact pour le 1^{er} août 1998. Cette comparaison n'est pas présentée ici, car le profil « d'été » relevé le 11 juin 2019 est encore caractéristique d'une isothermie de transition printanière, et non d'un profil de températures estivales installé dans le réservoir. L'automne, la température sous la surface diminue rapidement pour se stabiliser autour de 4,5°C à une grande profondeur. L'isothermie n'était donc pas atteinte le 11 octobre 2019 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 2019 montrent peu d'écarts sous le niveau de 210 m (environ 15 mètres sous le niveau minimum d'exploitation de 224,8 m et 34 mètres sous le niveau maximal d'exploitation de 243,8 m) ; les températures sont cantonnées dans la plage comprise entre 3°C l'hiver et 5°C l'automne.

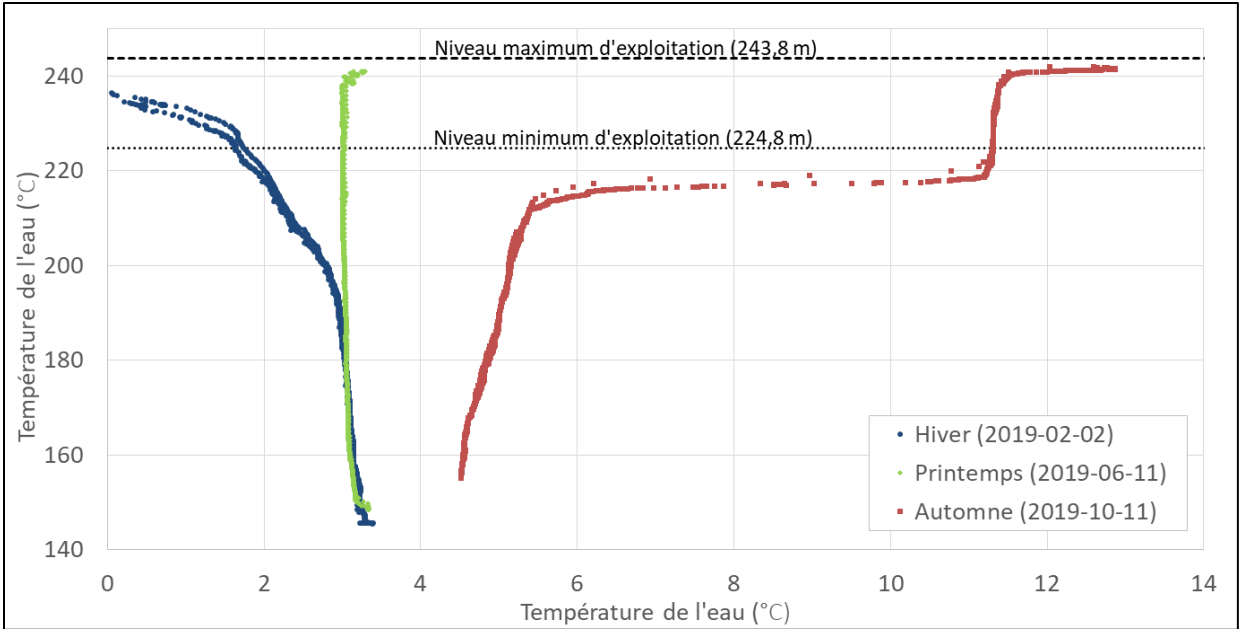


Figure 19: Profils verticaux de température de l'eau mesurés en 2019 dans le réservoir de la Romaine 2

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 2019 sur l'ensemble de la zone d'étude aménagée. La période de suivi représente la deuxième année de l'exploitation de l'aménagement de la Romaine-3, la quatrième année complète d'exploitation de l'aménagement de la Romaine-1 et la cinquième 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 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 toute l'année 2019. De même, au site de Romaine-3, un tronçon de rivière de 3,5 km sépare le pied du barrage de la sortie de la centrale, et Hydro-Québec doit y maintenir un débit réservé de 2,2 m³/s. Ce dernier a été respecté en tout temps en 2019.

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). À l'aménagement de la Romaine-1, le débit total a été inférieur au débit réservé à quelques reprises dans l'année dont le 28 avril entre 12h15 et 12h55. L'arrêt des deux groupes à la centrale est survenu suite à la perte d'une ligne importante sur la Côte-Nord en raison du verglas. Aussi, des problèmes sur les groupes à la centrale ont fait en sorte que le débit réservé est descendu sous le seuil de 140 m³/s à plusieurs reprises entre le 29 novembre et le 1^{er} décembre 2019 pendant des périodes de 10 à 25 minutes. Chaque événement a entraîné un abaissement du niveau d'eau à l'aval immédiat de la centrale de l'ordre de 70 cm. Ces réductions du débit se sont faites sentir jusqu'au PK 46, où l'on a observé des diminutions du niveau d'eau de l'ordre de 8 à 20 cm selon l'événement. Le problème était lié au colmatage des filtres du système de refroidissement, nécessaires au bon fonctionnement des groupes turbine-alternateur. Différentes interventions réalisées durant cette fin de semaine ont finalement réglé la situation.

En dépit des démarrages et arrêts très fréquents des groupes turbines-alternateurs de la Romaine-1 au cours de la période hivernale (janvier et février 2019), l'exploitation de cette centrale a constamment respecté les consignes relatives au régime de débit réservé établi en 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. 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 ont été respectées en tout temps, mise à part la problématique à la centrale déjà identifiée ci-haut entre le 29 novembre et le 1^{er} décembre, et qui a entraîné une augmentation de débit de 143 m³/s à 343 m³/s à 2h15 le 1^{er} décembre, et une diminution de 314 m³/s à 157 m³/s dans le quart-d'heure suivant.

Pour la période du 7 juin au 7 juillet, le débit turbiné à la centrale est resté assez stable. Outre deux manœuvres occasionnant des variations instantanées de 202 et 219 m³/s respectivement le 24 juin (arrêt non planifié de la centrale) et le 12 juin (problème de manœuvre à l'évacuateur de crues), les variations

instantanées ont respecté les modalités énoncées dans la directive d'Hydro-Québec. Contrairement à ce qui avait été observé à cette période en 2018, les déversements pour la gestion de la décrue printanière ont diminué progressivement par palier d'environ 100 m³/s pendant 3 à 5 jours consécutifs.

Pendant la fraie du saumon atlantique, en 2019, l'exploitation de la centrale a été stable en utilisant un seul groupe turbine-alternateur et le débit turbiné a varié entre 218 m³/s et 244 m³/s pendant cette période. Ces légères variations de débit d'un seul groupe T-A permettent de contrôler le niveau d'eau du réservoir de la Romaine 1 selon les apports et la demande énergétique au besoin. Après le 9 novembre, puisqu'il avait été observé que la fraie était terminée, en accord avec la directive d'exploitation modifiée, la centrale a adopté un mode de gestion hivernal, avec débit réduit à 150 m³/s.

Globalement, les variations de débit turbiné observées annuellement à l'aménagement de la Romaine-1 ont des répercussions sur les niveaux d'eau sur tout le cours aval de la rivière Romaine, avec des variations enregistrées au PK 34 de 20 à 25 cm maximum, et au PK 16 de 10 cm maximum.

Le débit moyen annuel de 343 m³/s enregistré en 2019 dans la zone de l'embouchure a été légèrement supérieur (de 4,6%) 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 2018. Il a été plus élevé en hiver et plus bas durant la période printanière car les réservoirs emmagasinaient une partie de la crue. De juillet à septembre, le débit a été semblable à la moyenne enregistrée de 1999 à 2014, puis 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 à l'aménagement de la Romaine-1.

En 2019, le régime thermique de la Romaine était influencé par la présence et l'exploitation des aménagements de la Romaine-1, de la Romaine-2 et de la Romaine-3, avec des températures de l'eau à l'aval de Romaine-1 plus froides d'environ 1°C que celles qui avaient été enregistrées durant les années 2015 à 2018. Cela pourrait s'accroître avec la mise en eau du réservoir de la Romaine 4, plus volumineux et profond que ceux de la Romaine 1 et Romaine 3. La température de l'eau sortant de la centrale de la Romaine-2 s'est maintenue entre 1,3 et 1,8°C au cours de l'hiver, alors que celle de la Romaine Sud-Est – correspondant aux conditions naturelles – restait au point de congélation. À partir de la mi-mai, l'eau de la Romaine est plus froide qu'en conditions naturelles et l'écart s'accroît durant la période estivale. Si l'on considère la période de juin à septembre, le projet entraîne un refroidissement moyen de l'ordre de 2°C au PK 49 de la Romaine en comparaison des rivières naturelles. Ces modifications sont du même ordre de grandeur de qui était annoncé dans l'étude d'impact. En septembre, la température redevient semblable à celle observée en conditions naturelles, puis elle dépasse celle des cours d'eau naturels à toutes les stations en aval de la Romaine-1 à partir d'octobre jusqu'au printemps.

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 2018. 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. L'eau de surface se refroidit à l'automne; elle atteint 12,9°C le 11 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), soit environ 15 m sous le niveau minimum d'exploitation, la température ne varie pratiquement plus et se maintient la plupart du temps entre 3 et 5°C.

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 Références

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.

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. Préparé par I. Thériault. 52 p. et annexes.

Hydro-Québec 2019. Complexe de la Romaine. Suivi du régime des glaces de la rivière Romaine en aval de la centrale de la Romaine-1. Hiver 2018-2019. Préparé par F. Houdré.

Annexe – Cumul des températures de l’eau en aval du PK 51

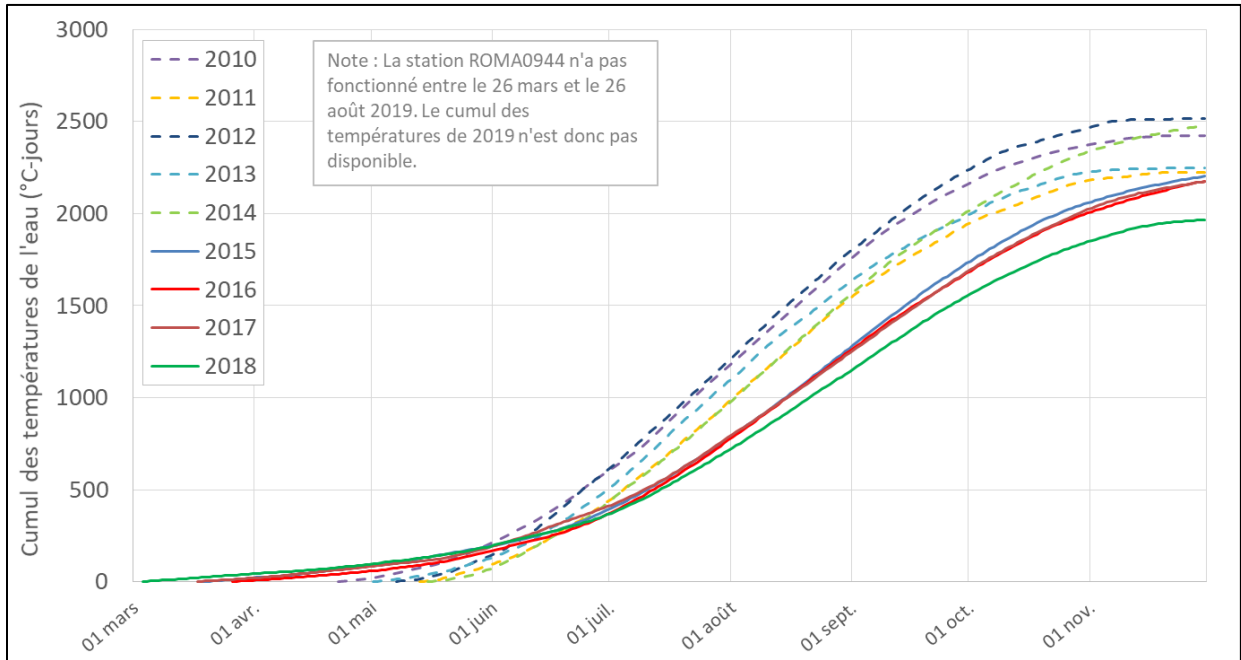


Figure A- 1 : Cumul des températures de l’eau au PK 46 (Station ROMA0944)

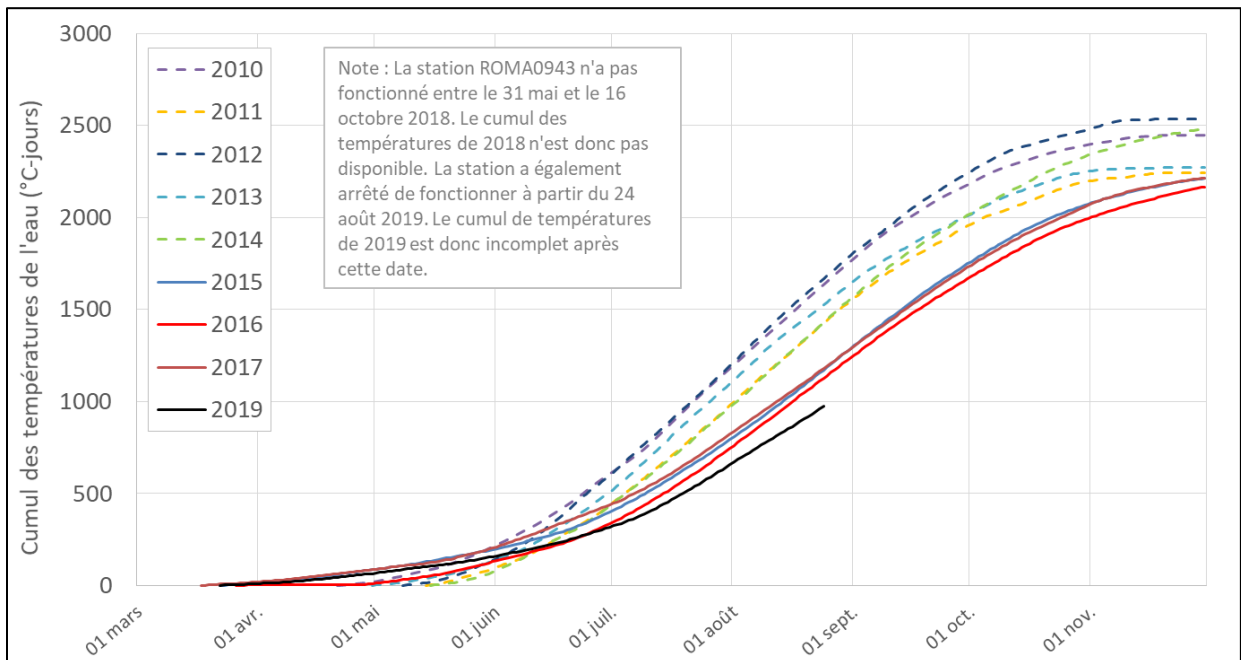


Figure A- 2 : Cumul des températures de l’eau au PK 34 (Station ROMA0943)

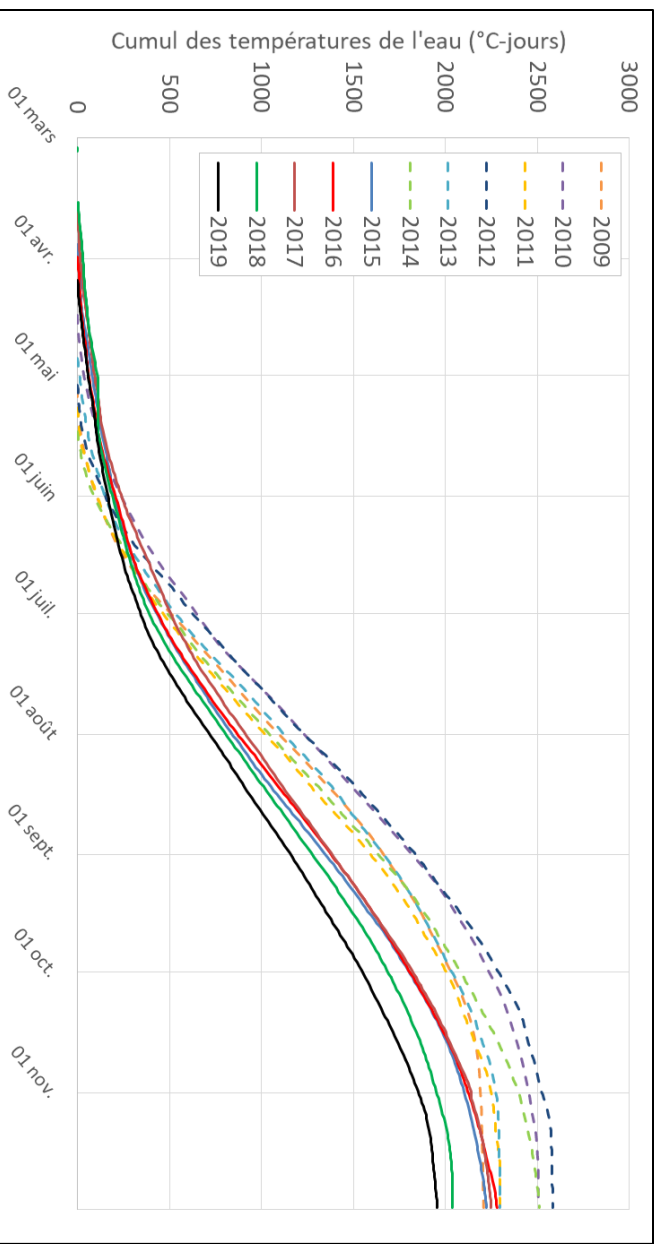


Figure A- 3 : Cumul des températures de l'eau au PK 16 (Station ROMA0692)

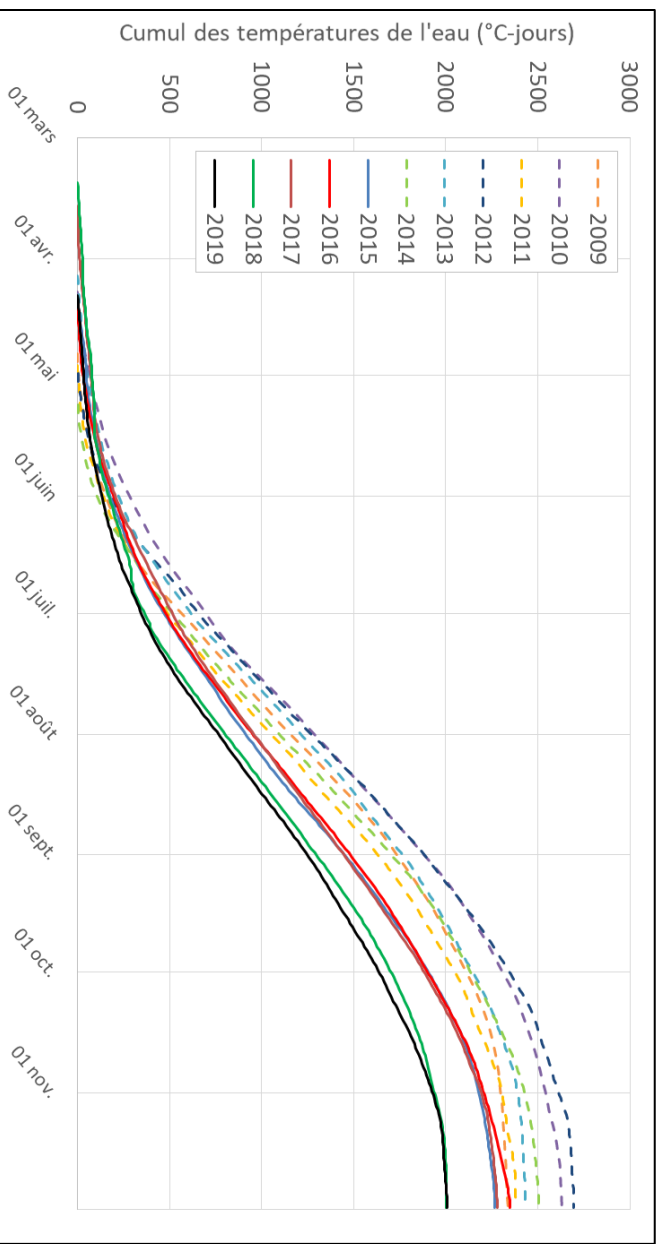


Figure A- 4 : Cumul des températures de l'eau au PK 5 (Station ROMA0665)