



PR13.45 Rapport de suivi environnemental 2020 - Suivi de l'hydrologie, de l'hydraulique et du régime thermique

Complexe de la Romaine

Suivi environnemental 2020 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
Barrages et ouvrages régulateurs**

Juin 2022



Réservoir de la Romaine 4 avec débit écologique à l'évacuateur de crues, le 9 sept. 2020



Complexe de la Romaine

Suivi environnemental 2020 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 Barrages et ouvrages régulateurs

Juin 2022

Préparé par :

Approbation administrative par :

Fanny Houdré, ing.

Hydrologie – Hydraulique

Stéphanie Thériault, ing. M.Sc.A.

Chef Hydraulique p.i.

Équipe de réalisation

DIRECTION PRINCIPALE EXPERTISE – DIRECTION INGÉNIERIE DE PRODUCTION – UNITÉ CONCEPTION BARRAGES ET OUVRAGES RÉGULATEURS

Fanny Houdré, ingénieure

DIRECTION PRINCIPALE SANTÉ-SÉCURITÉ ET ENVIRONNEMENT – UNITÉ ÉTUDES D'IMPACTS

Maude Richard St-Vincent, chargée de projets Environnement

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) :

Hydro-Québec, 2022. Complexe de la Romaine – Suivi environnemental 2020 en phase exploitation – Suivi de l'hydrologie, de l'hydraulique et du régime thermique de la rivière Romaine. Version finale. Préparé par F. Houdré. Direction principale Expertise – Direction Ingénierie de Production – Unité Conception Barrages et ouvrages régulateurs. Juin 2022. 40 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 2020 sur l'ensemble de la zone d'étude aménagée. La période de suivi correspond à la troisième 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. La mise en eau du réservoir de la Romaine 4 a également débuté en 2020, avec l'atteinte du niveau minimum d'exploitation le 7 août. Le remplissage se terminera en 2021, et la mise en service de la centrale est prévue à l'automne 2022.

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 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 2020. 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 a également été respecté en tout temps en 2020. Avec la mise en eau du réservoir de la Romaine 4, un nouveau tronçon court-circuité de 1,6 km fait maintenant l'objet de suivi avec un débit réservé minimal de 1,8 m³/s.

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). Ces derniers varient entre 140 et 200 m³/s selon les différentes fonctions biologiques du saumon atlantique. Par ailleurs, aucun déversement n'a été requis à l'aménagement de la Romaine-1 pour gérer la crue de printemps 2020, du fait du début de remplissage du réservoir de la Romaine 4.

En 2020 le débit s'est approché des différentes valeurs de débit réservé au mois d'avril, et également après la crue printanière jusqu'au début du mois de décembre en raison des apports limités par la mise en eau du réservoir de la Romaine 4 en amont. À l'aménagement de la Romaine-1, le débit total a été inférieur au débit réservé à quatre reprises dans l'année, de très courte durée (5 à 15 minutes). Trois de ces événements ont entraîné un abaissement ponctuel du niveau d'eau à l'aval immédiat de la centrale de l'ordre de 40 cm. Ces réductions du débit se sont fait sentir jusqu'au PK 46, où l'on a observé des diminutions du niveau d'eau de quelques centimètres jusqu'à 13 cm selon l'événement.

En 2020, l'exploitation de la centrale de la Romaine-1 a constamment respecté les modalités d'exploitation en lien aux modulations de débit pouvant nuire aux saumons dans les premiers kilomètres en aval de la centrale pendant certaines périodes. En effet, les variations soudaines de débit ont été limitées durant l'émergence des alevins à la fin du printemps, le débit est demeuré stable durant la fraie à l'automne et les arrêts et démarrages du deuxième groupe turbine-alternateur durant la période hivernale ont été effectués conformément aux horaires établis (jour/nuit) pour éviter l'entraînement et l'échouage des jeunes saumons.

Le débit à l'embouchure dépend du débit provenant de l'aménagement de la Romaine-1 auquel s'ajoute celui des tributaires naturels. En 2020, le débit annuel moyen dans la zone de l'embouchure a été de 248 m³/s, alors que la moyenne de 1999 à 2014 était de 328 m³/s. Cette valeur inférieure à la moyenne historique s'explique principalement par la mise en eau du réservoir de la Romaine 4 à partir du mois de juin. Le débit à l'embouchure a en effet 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 à partir du 18 juin, la mise en eau du réservoir de la Romaine 4 a supprimé les apports vers les aménagements du cours aval, à l'exception des apports intermédiaires en aval de l'aménagement de la Romaine-4. Le débit à l'embouchure est ainsi resté proche du débit minimal de la période 1999 à 2014 pour toute la période estivale et automnale, jusqu'au début du mois de décembre 2020. Il a été plus élevé en décembre, proche des valeurs maximales historiques étant donné le contexte hydrologique de forte hydraulité dans la région et à l'échelle du Québec à partir du mois de novembre 2020.

Comme prévu, en 2020, le régime thermique de la Romaine était influencé par la présence et l'exploitation des aménagements de la Romaine-1, de la Romaine-2, de la Romaine-3 et à partir de l'été, de la Romaine-4. En 2020, l'eau sortant de la centrale de la Romaine-1 a été en moyenne inférieure aux prévisions de l'étude d'impact de 2,8°C, alors qu'elle était similaire aux prévisions en 2019. La température de l'eau sortant de la centrale de la Romaine-2 s'est maintenue entre 0,8 et 1,7°C au cours de l'hiver, soit un peu plus froid que les hivers précédents, alors que celle de la Romaine Sud-Est – correspondant aux conditions naturelles – restait au point de congélation. Au printemps, l'eau de la Romaine se réchauffe plus vite que celle des tributaires en conditions naturelles, mais la tendance s'inverse ensuite et l'écart de température de l'eau (plus froide) de la Romaine et (plus chaude) des tributaires en conditions naturelles s'accroît durant la période estivale. Si l'on considère la période estivale, le projet entraîne un refroidissement moyen de l'ordre de 3°C entre l'embouchure de la rivière Romaine et les rivières naturelles. Ces modifications sont du même ordre de grandeur de ce qui était annoncé dans l'étude d'impact. La comparaison de la température estivale enregistrée en 2020 avec celle des étés précédents indique qu'elle a été globalement similaire à l'été 2018, et légèrement supérieure à l'été 2019 qui avait été qualifié d'été froid. On note par ailleurs qu'en 2020 la différence de température de l'eau pour la période estivale entre les deux tributaires naturels (Puyjalon et Romaine Sud-Est) est de 2°C. Si l'on considère la période de juin à septembre, le projet a entraîné en 2020 un refroidissement moyen de l'ordre de 4°C au PK 49 de la Romaine en comparaison des rivières naturelles. C'est environ 2°C plus froid que ce qui était annoncé dans l'étude d'impact, et ne semble pas lié à des conditions particulières de température de l'air. 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. Seuls deux profils estivaux ont été relevés en 2020, en août et fin septembre. Ces profils sont typiques des profils estivaux de plans d'eau présentant de grandes profondeurs, semblables à ce qui a été observé les années précédentes et conforme à ce qui était prévu à l'étude d'impact. Les différences observées dans les profils

estivaux entre 2020 et les années précédentes (décalage du profil d'une dizaine de mètre plus haut) sont directement attribuables au niveau dans le réservoir de la Romaine 2 qui a été maintenu plus bas de 6 à 8 m environ pendant l'été-automne 2020 du fait de la mise en eau du réservoir de la Romaine 4. Les mesures de la température en aval de la centrale indiquent que l'isothermie aurait été atteinte le 18 novembre, soit un peu plus tôt qu'en 2019 (une semaine environ) et dans les mêmes dates qu'en 2018.

Enfin, les études annuelles en cours sur le suivi de la population du saumon atlantique tenteront de répondre aux préoccupations liées aux changements de débits et de températures en aval de la centrale de la Romaine-1, et potentiellement de déterminer si ces changements peuvent avoir un impact sur la population du saumon atlantique.

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	Niveau du réservoir de la Romaine 4 en 2020	15
4.2	Niveau du réservoir de la Romaine 3 en 2020	15
4.3	Niveaux du réservoir de la Romaine 2 en 2020	16
4.4	Niveau du réservoir de la Romaine 1 en 2020	17
4.5	Débit dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-4 en 2020	18
4.6	Débit dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-3 en 2020	19
4.7	Débit dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-2 en 2020	20
4.8	Débit réservé minimum en aval du PK 51 en 2020	21
4.8.1	Période hivernale	22
4.8.2	Période printanière	23
4.8.3	Période estivale	23
4.8.4	Période automnale	24
4.9	Modalité d'exploitation de la centrale de la Romaine-1 en 2020	25
4.9.1	Période du 1er janvier au 6 juin et du 16 novembre au 31 décembre	25
4.9.2	Période du 7 juin au 7 juillet	26
4.9.3	Période du 16 octobre au 15 novembre	27
4.10	Débit dans la zone de l'embouchure en 2020	29
4.11	Température de l'eau en 2020	30
4.11.1	Séries temporelles	30
4.11.2	Profils verticaux des températures de l'eau dans le réservoir de la Romaine 2	34
5	Conclusion	37
6	Références	40
	Annexe – Cumul des températures de l'eau en aval du PK 51	41

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 :	Niveaux d'exploitation des quatre réservoirs de la Romaine.....	13
Tableau 6:	Températures de l'eau estivales au site de Romaine-1 et en aval.....	33

Figures

Figure 1 :	Évolution du niveau du réservoir de la Romaine 4 en 2020	15
Figure 2 :	Évolution du niveau du réservoir de la Romaine 3 en 2020	16
Figure 3 :	Évolution du niveau du réservoir de la Romaine 2 en 2020	17
Figure 4 :	Évolution du niveau du réservoir de la Romaine 1 en 2020	17
Figure 5 :	Débit des vannettes de débit écologique de l'évacuateur de la Romaine-4 en 2020.....	18
Figure 6 :	Débit évacué à l'aménagement de la Romaine-4 en 2020.....	19
Figure 7 :	Débit dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-3 en 2020	19
Figure 8 :	Débit évacué à l'aménagement de la Romaine-3 en 2020.....	20
Figure 9 :	Débit dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-2 en 2020	21
Figure 10 :	Débit évacué à l'aménagement de la Romaine-2 en 2020.....	21
Figure 11 :	Débit total à l'aménagement de la Romaine-1 et en aval de la Romaine-1 en 2020.....	22
Figure 12 :	Niveaux d'eau horaires enregistrés le 12 novembre 2020 en aval de la centrale de la Romaine-1	23
Figure 13 :	Niveaux d'eau horaires enregistrés le 15 septembre 2020 en aval de la centrale de la Romaine-1	24
Figure 14 :	Débit total à l'aménagement de la Romaine-1 et en aval de la Romaine-1 entre le 7 juin et le 7 juillet 2020	27
Figure 15 :	Débit total à l'aménagement de la Romaine-1 et en aval de la Romaine-1 entre le 16 octobre et le 15 novembre 2020	28
Figure 16 :	Niveaux d'eau horaires enregistrés entre le 16 octobre et le 15 novembre 2020 en aval de la centrale de la Romaine-1	28
Figure 17 :	Débit mesuré en 2020 et valeurs minimales, maximales et moyennes obtenues de 1999 à 2014 à l'embouchure de la Romaine	29
Figure 18 :	Températures de l'eau mesurées sur le cours inférieur de la Romaine en 2020.....	32
Figure 19 :	Températures de l'eau observées en 2020 comparées aux prévisions de l'étude d'impact.....	32
Figure 20 :	Températures de l'eau mesurées au PK 46 de 2015 à 2020 (station ROMA0944)	34
Figure 21 :	Températures de l'eau mesurées au PK 34 de 2015 à 2020 (station ROMA0943)	34
Figure 22:	Profils verticaux de température de l'eau mesurés en 2020 dans le réservoir de la Romaine 2.....	36
Figure 23:	Comparaison des profils verticaux de température de l'eau mesurés en été de 2015 à 2020 et prévu à l'étude d'impact	36

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-4	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.

La mise en eau du réservoir de la Romaine 4, situé à la tête du complexe (point kilométrique (PK) 191,9 de la rivière Romaine), a débuté le 18 juin 2020. Le remplissage s'est poursuivi jusqu'à l'été 2021 et la mise en service de la centrale de 245 MW est prévue à l'automne 2022. 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 deux frayères et deux aires d'alevinage 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-1¹ :

- 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. La variation instantanée maximale de débit est fixée à 200 m³/s et la variation maximale quotidienne est fixée à 320 m³/s (par période de 24 h). La production et les déversements sont ajustés en fonction des apports en eau.
- Maintenir un débit réservé stable durant toute la période de fraie du saumon atlantique (période ciblée entre le 16 octobre et le 15 novembre²) 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 de forte hydraulité où le débit doit être augmenté (mise en opération de la deuxième turbine ou utilisation de l'évacuateur de crue si les apports sont supérieurs à 485 m³/s) pour une certaine période, il est ensuite permis de retourner à un débit de 200 m³/s, en respectant des variations maximales instantanées et quotidiennes de débit de 200 m³/s et 320 m³/s respectivement. Le débit à l'aval de la centrale de la Romaine-1 devra ensuite demeurer stable et il faudra éviter les modulations horaires du débit pour le reste de la période de fraie².
- 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

¹ Modification d'autorisation du MELCC, en vertu de l'article 30 de la *Loi sur la qualité de l'environnement*, émise le 20 décembre 2019, « Ajustements des débits en aval de la centrale de la Romaine-1 ».

² 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.

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 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 module³ 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, et pour le tronçon court-circuité de la Romaine-4, d'une longueur de 1,6 km, le débit réservé est de 1,8 m³/s.

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

1.3 Conditions à l'état de référence et conditions anticipées

À l'état naturel, le débit moyen de la rivière Romaine, à l'emplacement du barrage de la Romaine-1 était de 291 m³/s. La crue printanière débutait vers le 1^{er} mai, culminait à une valeur médiane de 1 523 m³/s vers la troisième semaine de mai. Le débit diminuait peu à peu durant la période estivale pour atteindre un étiage moyen de 170 m³/s au cours de l'été. Une seconde crue, généralement moins forte que celle du printemps pouvait se 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.⁴

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.

³ Le module d'un cours d'eau correspond à son débit moyen annuel.

⁴ Le niveau d'eau en présence de glace au débit de 75 m³/s correspond à celui prévalant en l'absence de couverture de glace au débit de 140 m³/s.

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

La création du réservoir de la Romaine 2 a provoqué un rehaussement de près de 100 m du niveau d'eau à l'emplacement du barrage (écart entre le niveau d'eau en conditions naturelles et le niveau maximum d'exploitation du réservoir). Ces grandes profondeurs d'eau provoquent des changements de température de l'eau dans le réservoir et sur l'eau qui en est soutirée, soit par la centrale, soit par l'évacuateur de crue. La température de l'eau dans le réservoir présente une stratification verticale en hiver et en été ainsi qu'une isothermie⁵ 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 thermocline⁶, 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 (niveau minimal de 224,8 m et niveau 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

⁵ Isothermie : se dit de l'état du réservoir pendant lequel la température de l'eau est la même sur toute la profondeur.

⁶ Thermocline : zone de transition thermique rapide entre les eaux superficielles (plus chaudes en été et plus froides en hiver) et les eaux profondes.

température en condition naturelle. Durant l'automne, on prévoyait que le refroidissement progresserait plus lentement, pour atteindre les conditions hivernales à la fin de novembre.

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

1.4 Description de l'étude et objectifs

Le présent rapport décrit les conditions hydrologiques et le régime thermique de la rivière Romaine pour la période comprise entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre 2020, 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 sédimentologique, ainsi que des milieux biologique et humain. 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 frayères⁷. L'ensemble de ces résultats contribueront à la compréhension de l'évolution des milieux physiques et biologiques touchés par le projet. La période couvre donc la cinquième année d'exploitation complète de l'aménagement de la Romaine-1, la sixième année d'exploitation complète de l'aménagement de la Romaine-2, la troisième année complète de l'exploitation de l'aménagement de la Romaine-3, et le début de la mise en eau du réservoir de la Romaine 4.

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 2028 ⁸
Température de l'eau dans le réservoir de la Romaine 2 en période hivernale	Hivers 2014-2015 à 2023-2024 ⁹
Respect du régime de débits réservés dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-2	2014 à 2018 ¹⁰
Respect du régime de débits réservés dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-3	2017 à 2021 ¹¹
Respect du régime de débits réservés dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-4	2020 à 2024
Tronçon en aval de l'aménagement de la Romaine-1	2014 à 2024

⁷ Le suivi du régime des glaces a fait l'objet d'un rapport distinct pour la période 2014 à 2019.

⁸ Selon le programme de suivi 2009-2040, ce suivi sera maintenu en place durant les cinq années qui suivront la mise en service de la centrale de la Romaine-4, soit de l'été 2020 à l'été 2025. Or, il y a eu un report et de la mise en service de la centrale de la Romaine-4 à l'automne 2022. Le suivi est donc décalé de 3 années.

⁹ Selon le programme de suivi, les deux derniers suivis étaient prévus initialement les deux hivers suivant la mise en service de la centrale de la Romaine-4, soit 2020-2021 et 2021-2022. Compte tenu des reports, les suivis se prolongeront jusqu'à l'hiver 2023-2024.

¹⁰ Information tout de même colligée dans ce rapport de suivi annuellement jusqu'en 2024.

¹¹ Idem.

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, de la Romaine 3 et de la Romaine 4, 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. En 2020, effectivement, le réservoir de la Romaine 4 et le tronçon court-circuité entre l'évacuateur de crue et la centrale de la Romaine-4 fait également partie du suivi à partir de l'été (18 juin 2020 pour le suivi du niveau dans le réservoir, et 7 août 2020 pour le suivi du débit réservé).

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-4	Amont immédiat du barrage	PK 192	ROMA1024, ROMA1025 et ROMA1029	Juin 2020	Niveau
	Aval immédiat du barrage	PK 192	ROMAI_4B	Août 2020	Débit déversé (tronçon court-circuité)
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

	Emplacement	Point kilométrique	Numéro de la station limnimétrique	Début du suivi	Paramètres mesurés
Tronçon en aval de la Romaine-1	Aval de la centrale	PK 51,5	ROMAI_1C	2015	Niveau aval de la centrale
	Cours aval de la Romaine (frayère et aire d'alevinage à saumon aménagées)	PK 51	ROMA0945	2008	Niveau
	Cours aval de la Romaine (frayère et aire d'alevinage à saumon aménagées)	PK 49	ROMA0983	2015	Niveau
	Cours aval de la Romaine (frayère à saumon naturelle)	PK 46	ROMA0944	2008	Niveau et débit (mesuré par jaugeage)
	Cours aval de la Romaine (frayère à saumon naturelle)	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)

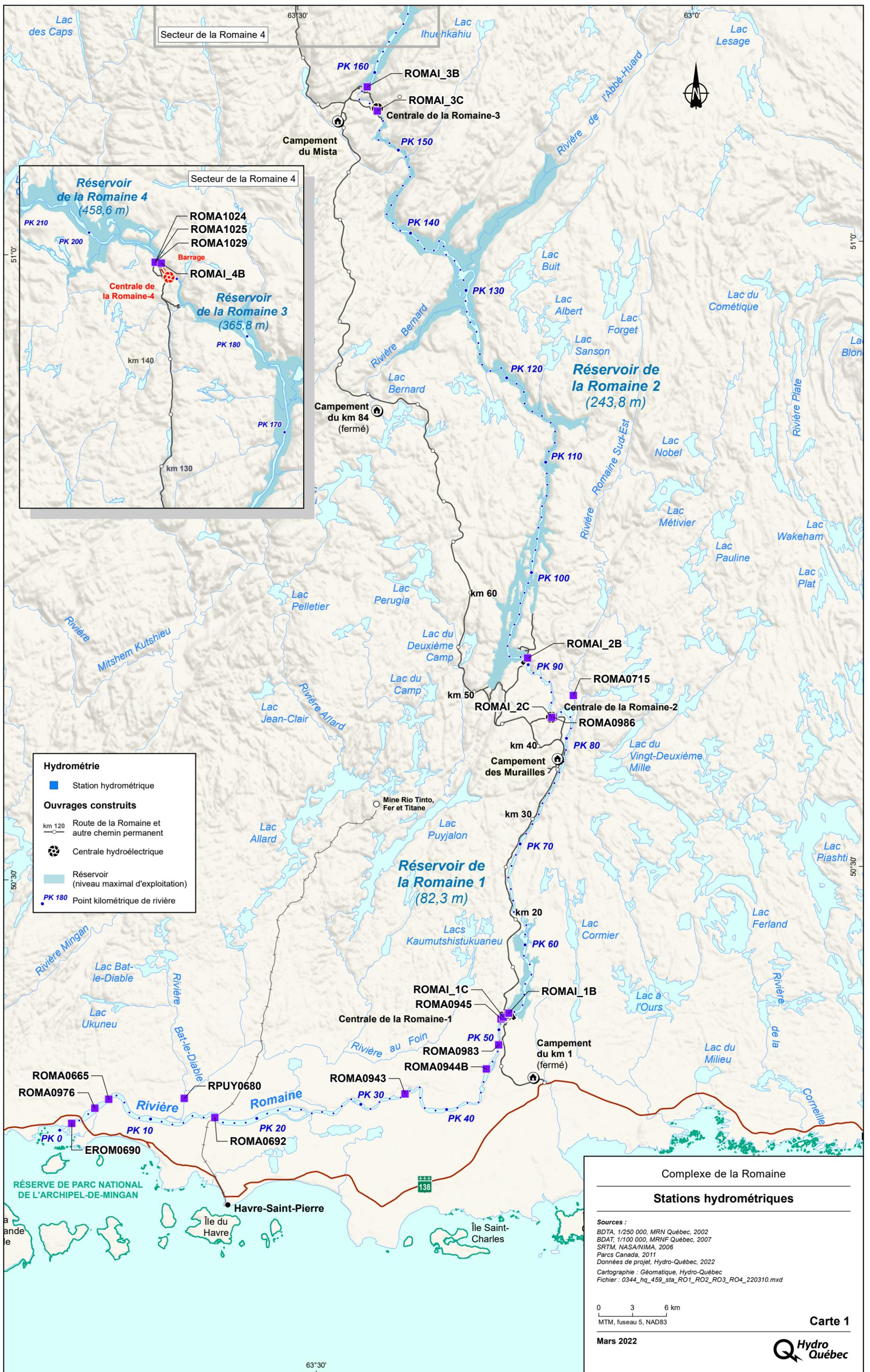
Note : Dans l'appellation des stations (par exemple ROMAI_3B), le chiffre désigne l'aménagement (3 pour Romaine-3) et la lettre s'il s'agit d'une station mesurant le niveau au site du barrage (B) ou de la centrale (C).

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 maintenant¹². Afin de pallier ce manque, des profils verticaux à différents moments de l'année ont été réalisés depuis 2015. Enfin, les températures de l'eau aux stations sont mesurées à cadence horaire, mais seules les moyennes journalières sont présentées.

¹² 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, 2022

Cartographie : Géomatique, Hydro-Québec
 Fichier : 0344_hq_459_sta_RO1_RO2_RO3_RO4_220310.mxd

0 3 6 km
 MTM, fuseau 5, NAD83

Mars 2022

Carte 1

Hydro Québec

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	Jun 2014 (démantelé avant la mise en eau)
• Amont immédiat du barrage	PK 53	ROMA0989	Août 2015 ¹³ (remplace la station ROMA0982)
Stations témoin			
• Romaine Sud-Est (PK 82,5 de la rivière Romaine)	PK 1,5	ROMA0715	2009
• Puyjalon (PK 13 de la rivière Romaine)	PK 1,8	RPUY0680	2016
Tronçon en aval de Romaine-1			
• Frayère à saumon aménagée	PK 49	ROMA0983	2014
• Frayère à saumon naturelle	PK 46	ROMA0944	2009
• Frayère à saumon 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 2020 (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 préalablement 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* ».

¹³ 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 2020, 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 terrain¹⁴ 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, située au PK 5. Les jaugeages des hivers précédents ont indiqué que les niveaux d'eau de la station ROMA0665 peuvent être affectés par la présence des glaces. Cet effet semble avoir été limité durant l'hiver 2020 (janvier à mars). Une certaine incertitude subsiste toutefois et les débits affichés peuvent donc parfois être surestimés de 20 à 60 m³/s durant cette période.

- 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. De même pour le tronçon court-circuité par l'aménagement de la Romaine-4, cinq vannettes placées dans chacune des deux vannes permettent également d'assurer le débit réservé. Comme pour Romaine-2, le débit de chacune des vannettes en fonction du niveau d'eau dans le réservoir est connu grâce à des relations qui ont été établies sur modèle réduit.

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 quatre évacuateurs. Au site de Romaine-1, il a été ajusté au moment de sa mise en service grâce au débit mesuré par jaugeage au PK 46.

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

¹⁴ Provenant de l'analyse d'images captées par une caméra fixe à toutes les heures et ce, tous les jours pendant l'hiver. Suivi environnemental 2020 en phase exploitation – Suivi de l'hydrologie, de l'hydraulique et du régime thermique de la rivière Romaine – RA-2021-0006-01 – Version finale



Photo 1 : Vannettes assurant le débit réservé dans une vanne de l'évacuateur de crue de la Romaine-4

- 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 et exploitants des centrales 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 du Centre d'exploitation régional (CER) advenant un arrêt de groupe(s) non prévu (déclenchement).

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 (PK 51) 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 à la fois 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 au PK 82,5, 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, située au PK 13. 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 seulement deux reprises durant l'année 2020, en août (été) et fin septembre (automne). Aucun relevé n'a pu être réalisé pendant l'hiver et au printemps du fait de la limitation des déplacements et des mesures sanitaires dans le contexte de la situation pandémique liée à la COVID-19.

3 Modalités et limites d'exploitation

3.1 Niveaux des réservoirs

Les niveaux d'exploitation des quatre réservoirs de la Romaine sont définis dans le tableau 5 ci-après :

Tableau 5 : Niveaux d'exploitation des quatre réservoirs de la Romaine

Niveaux d'exploitation	Réservoir de la Romaine 4	Réservoir de la Romaine 3	Réservoir de la Romaine 2	Réservoir de la Romaine 1	
Maximal	458,6 m	365,8 m	243,8 m	82,3 m	
Minimal	• Avant la mise en service de l'aménagement de la Romaine-4	442,1 m	352,8 m	224,8 m	80,8 m
	• Après la mise en service de l'aménagement de la Romaine-4	442,1 m	352,8 m	238,8 m	80,8 m

3.2 Débits réservés

Un débit écologique de 1,8 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-4 (environ 1,6 km de tronçon) dès l'atteinte du niveau minimal d'exploitation pendant la mise en eau du réservoir en 2020. De même un débit écologique de 2,2 m³/s doit être assuré en tout temps dans le tronçon court-circuité entre l'évacuateur et la centrale de la Romaine-3 (environ 3,5 km), et de 2,7 m³/s dans celui entre l'évacuateur et la centrale de la Romaine-2 (environ 6 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-4, de la Romaine-3 et de la Romaine-2. 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 constant¹⁵ le débit entre le 16 octobre et le 15 novembre¹⁶ pour éviter de déranger les géniteurs durant le creusage des nids et la ponte des œufs.

¹⁵ Dans le cas de forte hydraulité où le débit doit être augmenté (mise en opération de la deuxième turbine ou utilisation de l'évacuateur de crue si les apports sont supérieurs à 485 m³/s) pour une certaine période, il est ensuite permis de retourner à un débit de 200 m³/s, en respectant des variations maximales instantanées et quotidiennes de débit de 200 m³/s et 320 m³/s respectivement. Le débit à l'aval de la centrale de la Romaine-1 devra ensuite demeurer stable et il faudra éviter les modulations horaires du débit pour le reste de la période de fraie.

¹⁶ 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 Niveau du réservoir de la Romaine 4 en 2020

La mise en eau du réservoir de la Romaine 4 a débuté le 18 juin, lors de la décrue printanière (figure 1). Bien que la hausse du niveau dans le réservoir ait été très rapide durant les premiers jours, l'hydraulicité estivale s'est maintenue en deçà de la moyenne historique, favorisant un remplissage assez lent de la réserve morte¹⁷. Le niveau minimum d'exploitation a été atteint le 7 août 2020, soit 50 jours après le début du remplissage. Le remplissage de la réserve utile¹⁸ s'est prolongé après cette date, mais à un taux réduit puisqu'une partie des apports a dû être transférée vers l'aval par l'évacuateur de crues pour alimenter les centrales de la Romaine-3, de la Romaine-2 et de la Romaine-1 à partir de la mi-septembre. Le niveau maximum atteint en 2020 est de 455,8 m le 24 novembre, soit 2,8 m sous le niveau maximum d'exploitation. Un niveau proche de 455 m a été maintenu jusqu'à la fin de l'année du fait de la forte hydraulicité du mois de décembre et de la faible demande énergétique sur le complexe aval. La fin du remplissage a eu lieu au cours de l'année suivante avec l'atteinte de la cote maximale d'exploitation (458,6 m) le 18 juillet 2021.

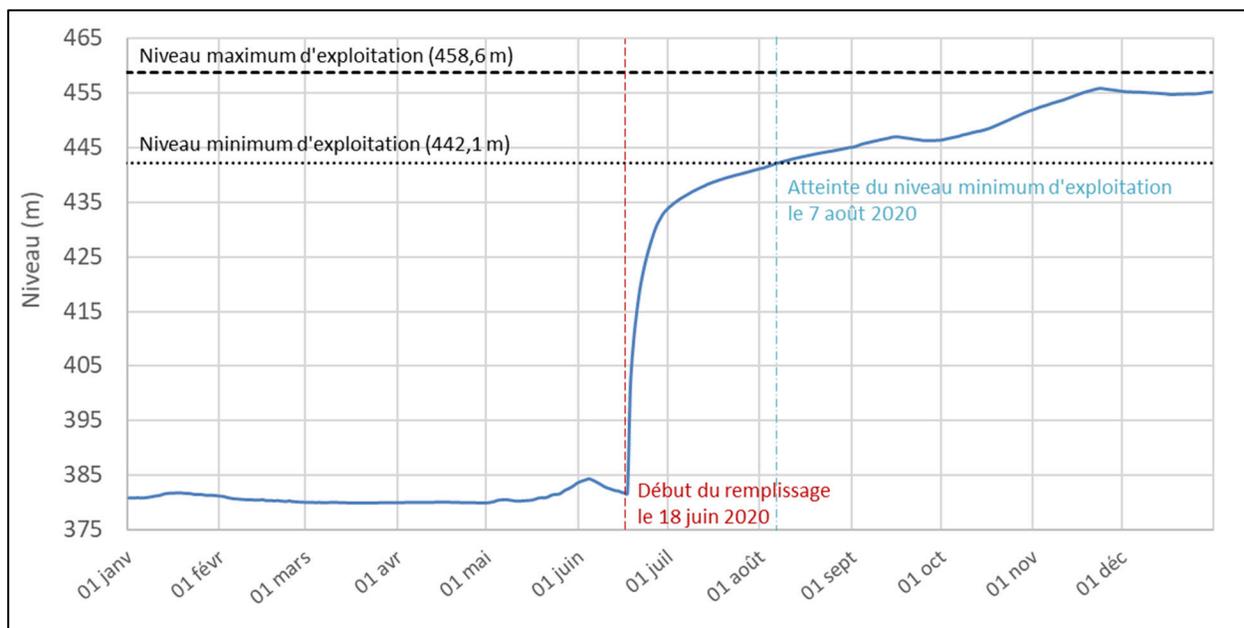


Figure 1 : Évolution du niveau du réservoir de la Romaine 4 en 2020

4.2 Niveau du réservoir de la Romaine 3 en 2020

Le niveau du réservoir de la Romaine 3 a été abaissé graduellement à partir du début du mois de janvier (365,5 m) pour atteindre un minimum de 353,2 m le 9 avril (figure 2). Le réservoir a été maintenu à un niveau bas et stable jusqu'à l'arrivée de la crue printanière à la fin mai. La réserve a été reconstituée intégralement rapidement lors de la crue, pour atteindre 365,68 m le 12 juin, soit juste avant le début de la mise en eau du réservoir de la Romaine 4. Le niveau a ensuite évolué à la baisse au gré des besoins de production jusqu'à un niveau de 354,0 m début novembre. De même que pour Romaine-2, l'augmentation

¹⁷ La réserve morte correspond au volume d'eau contenu dans le réservoir sous le niveau minimum d'exploitation. Ce volume ne peut pas être utilisé dans les conditions d'exploitation normale.

¹⁸ La réserve utile correspond au volume d'eau contenu dans le réservoir entre le niveau minimum et le niveau maximum d'exploitation.

des apports naturels en décembre et le volume transféré de Romaine-4 ont permis de reconstituer presque complètement la réserve, pour atteindre un niveau de 364,6 m le 31 décembre.

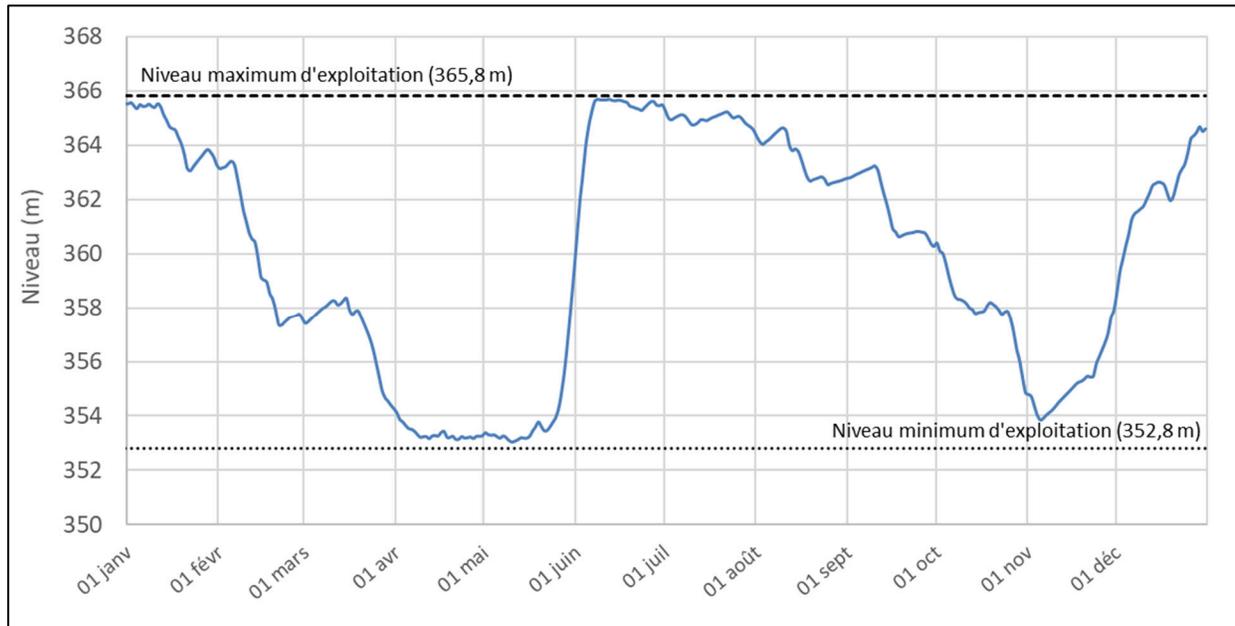


Figure 2 : Évolution du niveau du réservoir de la Romaine 3 en 2020

4.3 Niveaux du réservoir de la Romaine 2 en 2020

Le niveau du réservoir de la Romaine 2 a été abaissé graduellement à partir du début du mois de janvier (239,6 m) pour atteindre un minimum de 227,5 m le 1^{er} mai (figure 3). La remontée du réservoir a été assez lente pendant les 2 premières semaines de mai, puis relativement rapide ensuite étant donné les apports naturels élevés lors de la crue printanière. Le niveau maximum d'exploitation de 243,8 m a été atteint le 20 juin, puis le réservoir a été abaissé jusqu'à 234,9 m le 11 septembre. Cette vidange estivale est liée à l'absence d'apports naturels provenant de la rivière Romaine, puisque la mise en eau du réservoir de la Romaine 4 a débuté le 18 juin. Seuls les apports intermédiaires en aval du barrage de la Romaine-4 étaient disponibles pour alimenter les aménagements à l'aval. À partir de la mi-septembre, l'évacuateur de crues de la Romaine-4 a pu être ouvert, et un volume a pu être transféré progressivement vers l'aval pour remonter le niveau du réservoir de la Romaine 2 pendant l'automne. Plusieurs événements météorologiques ont entraîné l'augmentation des apports naturels en décembre et ont permis de remonter encore le niveau du réservoir de la Romaine 2 jusqu'à 243,3 m le 30 décembre.

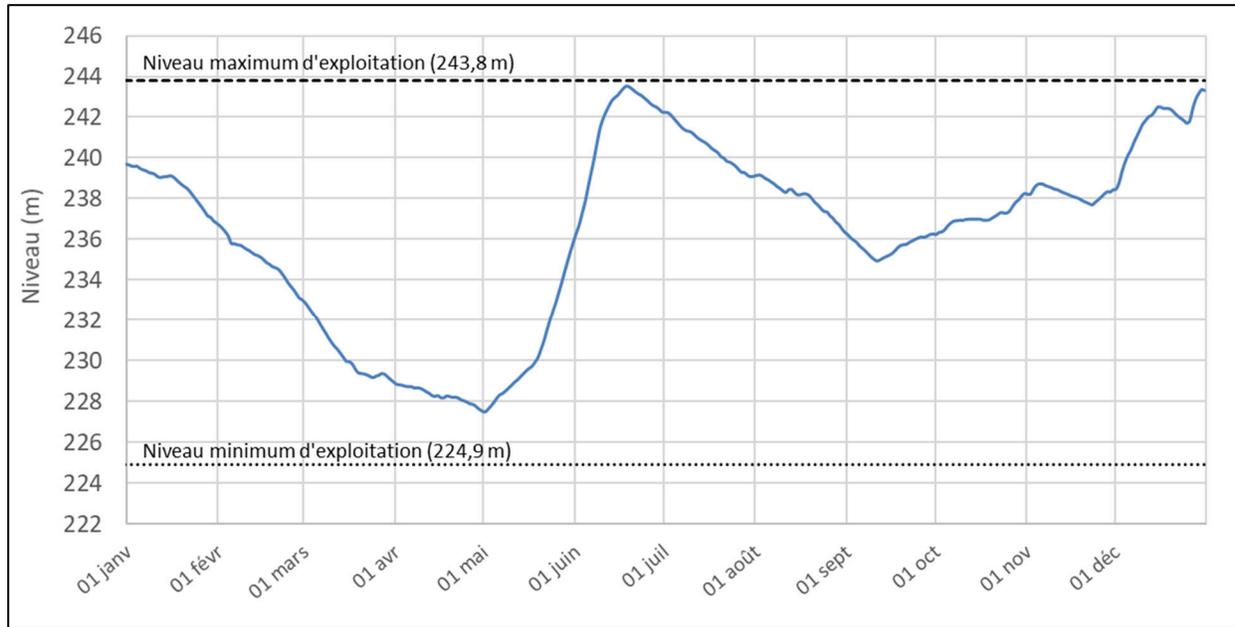


Figure 3 : Évolution du niveau du réservoir de la Romaine 2 en 2020

4.4 Niveau du réservoir de la Romaine 1 en 2020

Le réservoir de la Romaine 1 peut être exploité entre les cotes de 80,8 m 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 2020, le réservoir a été exploité en tout temps à l'intérieur de ses limites normales d'exploitation (figure 4).

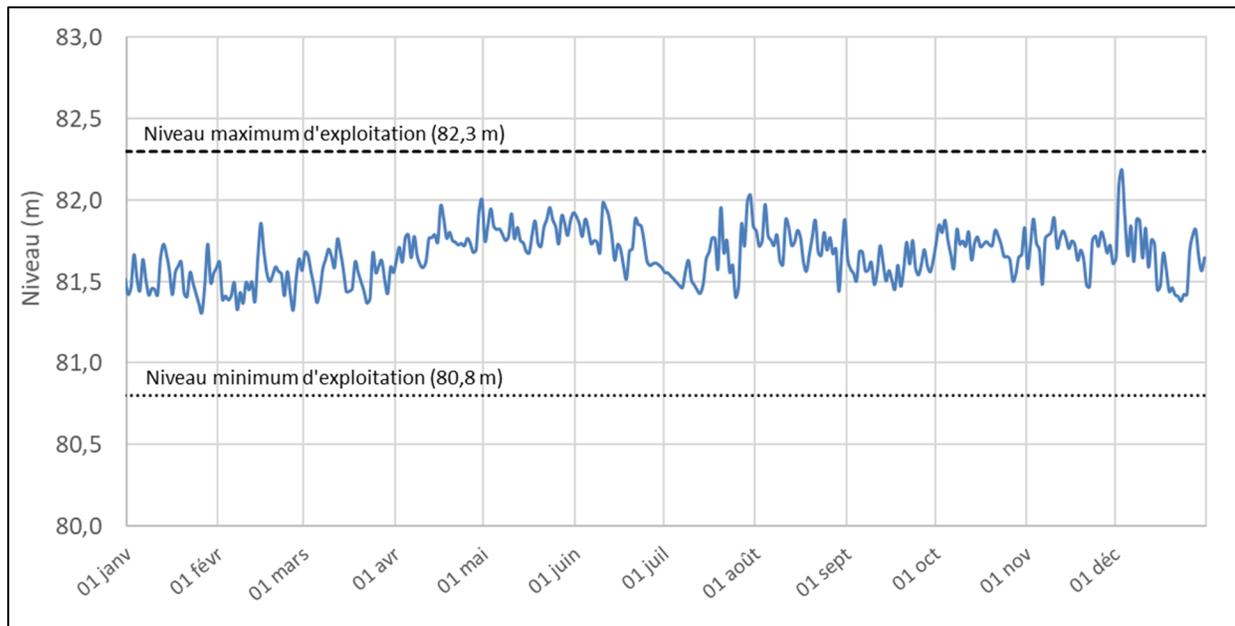


Figure 4 : Évolution du niveau du réservoir de la Romaine 1 en 2020

4.5 Débit dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-4 en 2020

Un débit réservé de 1,8 m³/s doit être maintenu en tout temps dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-4 dès l'atteinte du niveau minimum d'exploitation. Le niveau minimum d'exploitation du réservoir de la Romaine 4 a été atteint le 7 août 2020. À partir du 5 août 17h, les vannettes de débit réservé ont été ouvertes à l'évacuateur de crues de la Romaine-4 avec un débit initial de 1,5 m³/s. Avec l'augmentation du niveau dans le réservoir, ce débit a augmenté graduellement jusqu'à une valeur de 1,6 m³/s le 7 août à 1h et de 1,8 m³/s le 9 août à 17h. Après cela, le débit s'est maintenu à une valeur supérieure à 1,8 m³/s en tout temps pour le reste de l'année 2020 (figure 5).

Les vannes de l'évacuateur de crue de la Romaine-4 ont été ouvertes à partir du 16 septembre pour faire transiter un débit de 220 m³/s vers les aménagements de la Romaine-3 et de la Romaine-2 afin de reconstituer les réserves compromises par le remplissage du réservoir de la Romaine 4 (figure 6). Entre le 1^{er} octobre et le 23 novembre, l'évacuateur de crue est resté fermé, tout en maintenant le débit réservé de 1,8 m³/s par les vannettes, afin de permettre la finalisation de travaux à sec à l'aval du barrage de la Romaine-4, à l'exception d'un essai d'ouverture à 310 m³/s le 10 novembre à 13h. L'évacuateur de crues a été de nouveau ouvert à partir du 23 novembre, avec un débit de 300 m³/s environ initialement. Ce débit a été abaissé à 150 m³/s à partir du 17 décembre pour favoriser la gestion et l'exploitation hivernale du complexe à l'aval de l'aménagement de la Romaine-4.

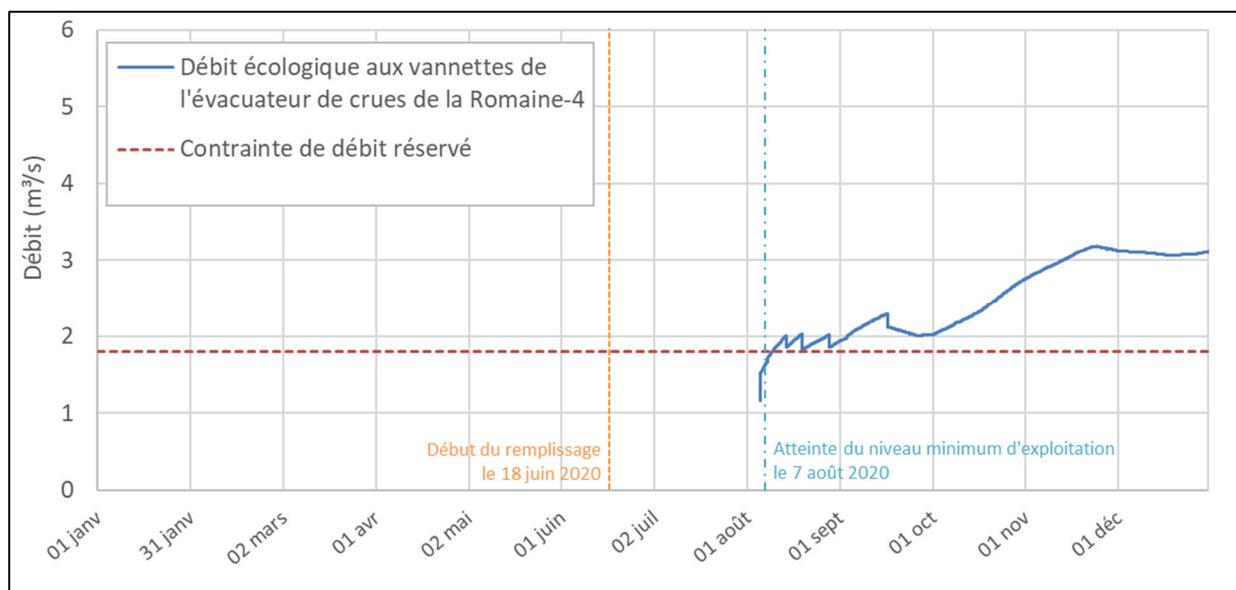


Figure 5 : Débit des vannettes de débit écologique de l'évacuateur de la Romaine-4 en 2020

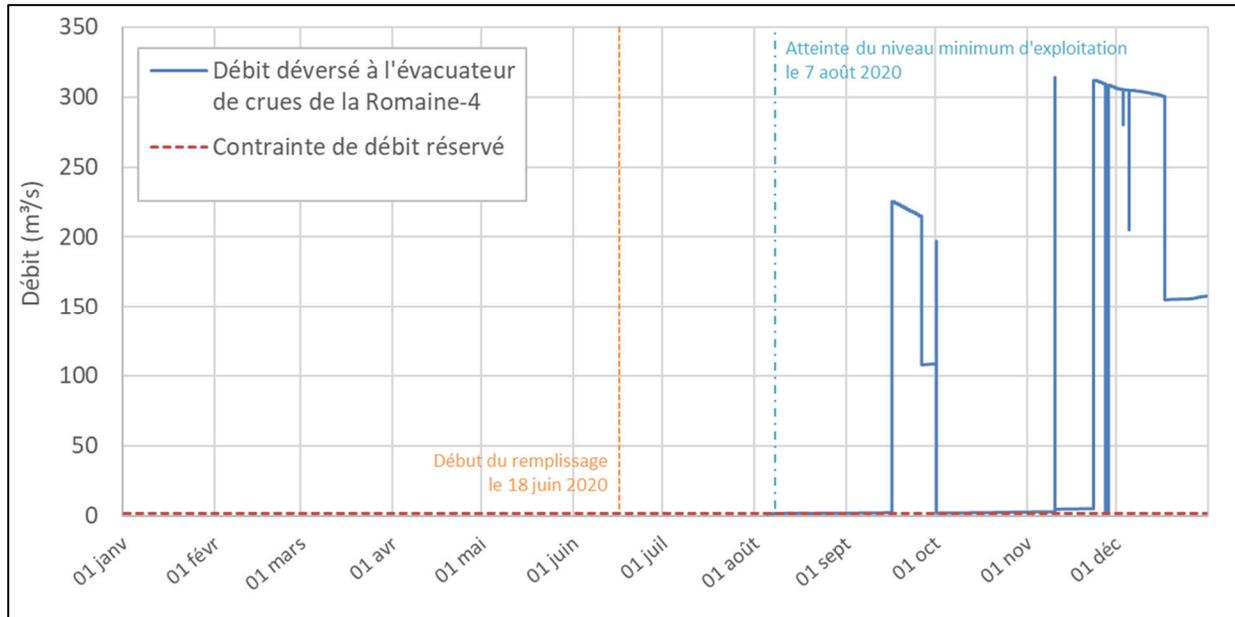


Figure 6 : Débit évacué à l'aménagement de la Romaine-4 en 2020

4.6 Débit dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-3 en 2020

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 2020 (figure 7).

Afin de ralentir la remontée du réservoir, des déversements ont eu lieu pendant la crue printanière entre le 2 et le 18 juin (figure 8). La valeur maximale a atteint 539 m³/s le 8 juin 2020. Par ailleurs, des essais des vannes de l'évacuateur ont eu lieu pour une très courte durée le 14 juillet (649 m³/s).

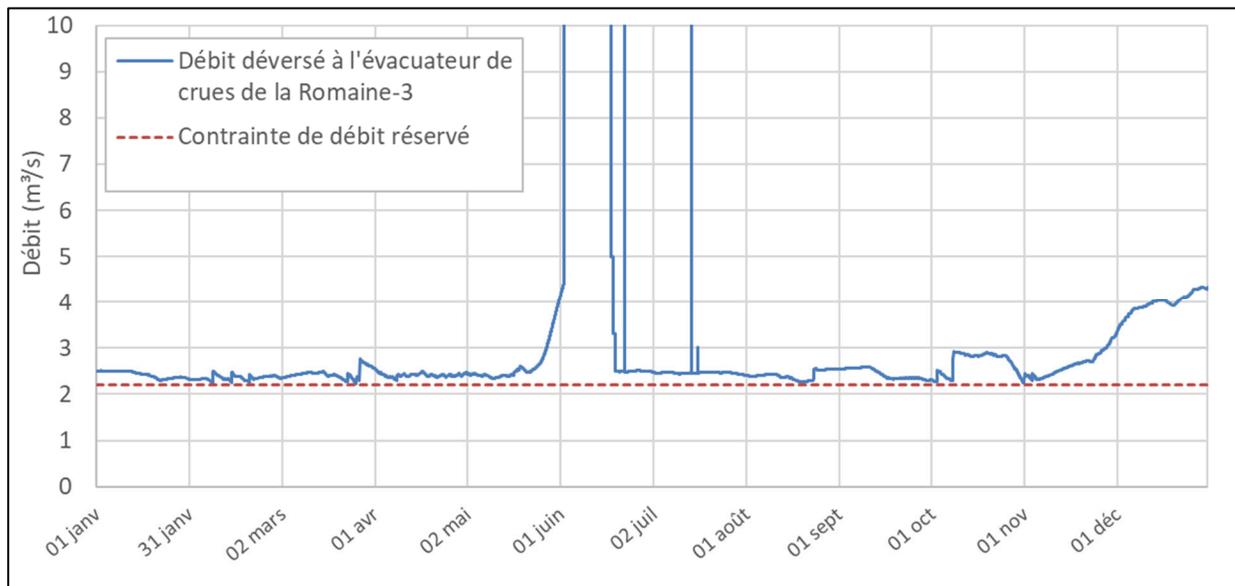


Figure 7 : Débit dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-3 en 2020

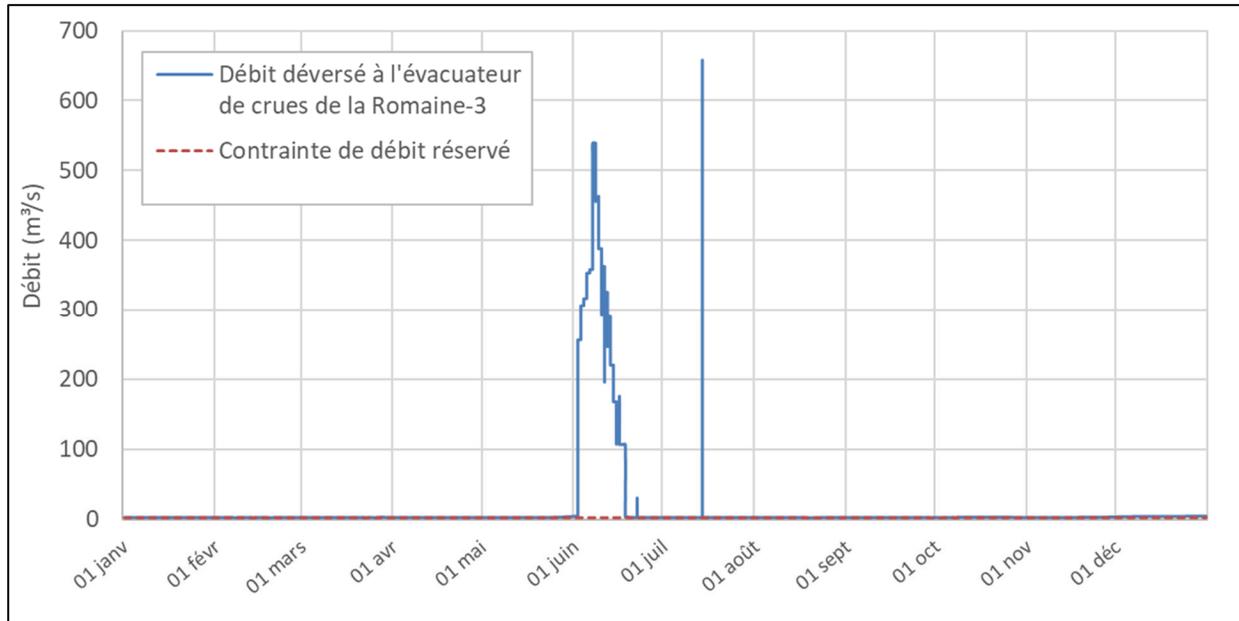


Figure 8 : Débit évacué à l'aménagement de la Romaine-3 en 2020

4.7 Débit dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-2 en 2020

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 2020, le débit réservé minimal a toujours été respecté (figure 9).

Ce tronçon reçoit également le débit évacué lorsque cela est nécessaire, ce qui a été le cas à quelques reprises ponctuellement en 2020 : en juin juste avant le début de la mise en eau du réservoir de la Romaine 4 (38 m³/s), puis entre le 15 et le 17 septembre (186 à 160 m³/s), le 27 octobre (192 m³/s), et entre le 20 et le 22 novembre (125 m³/s). Ces évacuations avaient pour objectif d'alimenter le débit minimum en aval de Romaine-1 en remplacement du débit turbiné.

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. Ceci n'a pas été requis en 2020.

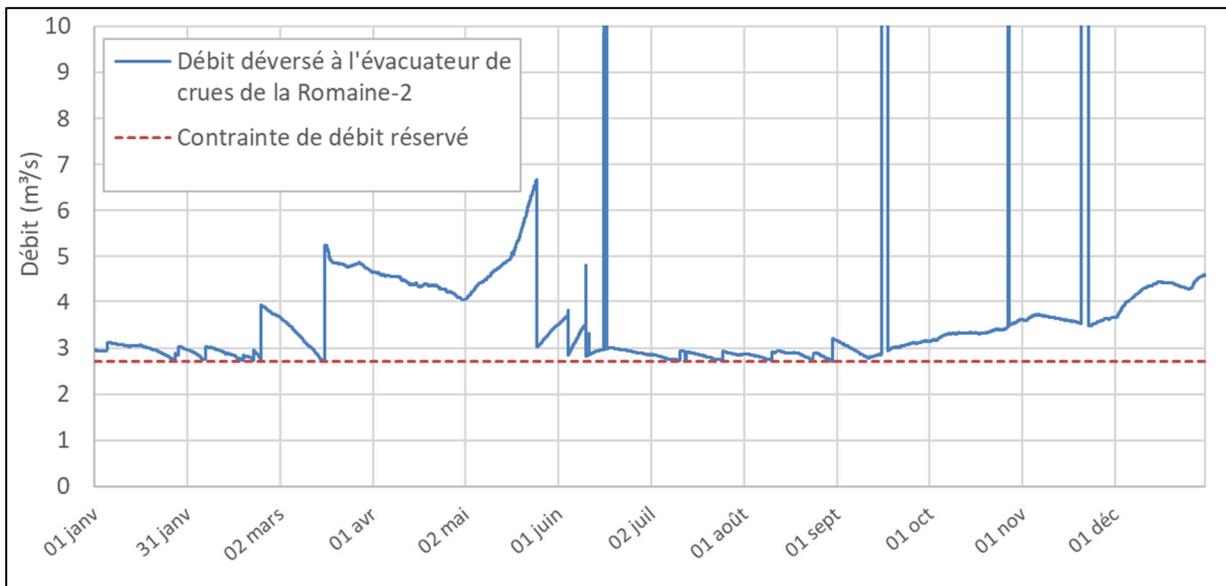


Figure 9 : Débit dans le tronçon court-circuité de l'aménagement de la Romaine-2 en 2020

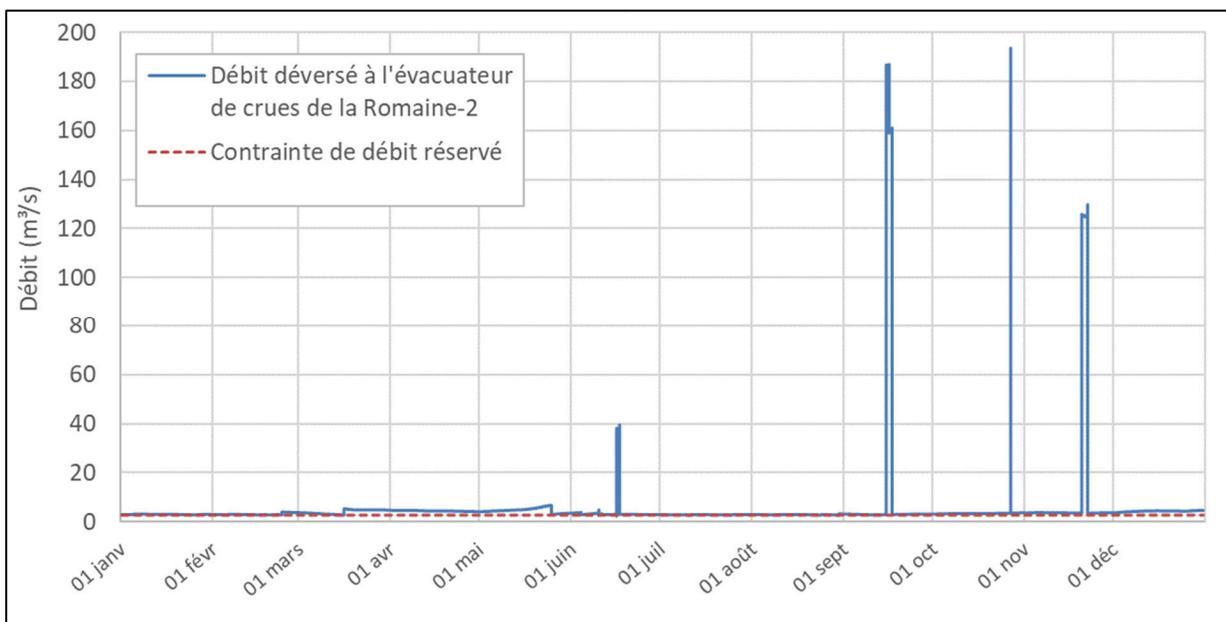


Figure 10 : Débit évacué à l'aménagement de la Romaine-2 en 2020

4.8 Débit réservé minimum en aval du PK 51 en 2020

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 11 montre le débit au site de la Romaine-1, ainsi que le débit mesuré aux stations plus en aval en 2020.

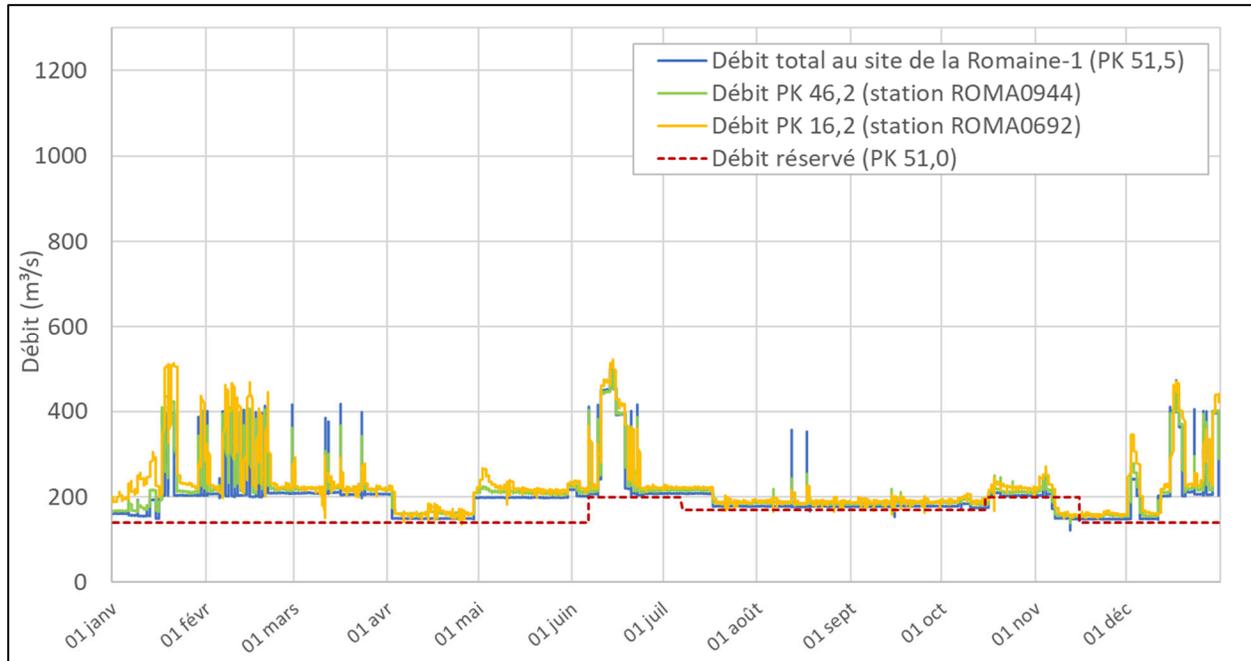


Figure 11 : Débit total à l'aménagement de la Romaine-1 et en aval de la Romaine-1 en 2020

4.8.1 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. En 2020, le régime de débit hivernal a été appliqué dès le 6 novembre (au lieu du 16), après que la fin de la fraie du saumon ait été confirmée au terrain par les spécialistes de la biologie de cette espèce. 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.

Pendant cette période, il y a eu un seul événement avec un arrêt non prévu à la centrale de la Romaine-1 en 2020 qui a entraîné un non-respect du débit réservé :

- Le débit turbiné est descendu à 0 m³/s subitement le 12 novembre à partir de 13h et ce, jusqu'à 17h10. Un délai d'une dizaine de minutes a été nécessaire pour ouvrir les vannes de l'évacuateur de crues afin de compenser le débit réservé de 140 m³/s. Cet incident a entraîné un abaissement ponctuel du niveau de 42 cm à l'aval immédiat de la centrale. La réduction du débit s'est également fait sentir au PK 46 (diminution de niveau de 13 cm) ainsi que très légèrement au PK 34 (diminution de niveau de 7 cm). Les niveaux horaires enregistrés durant cet événement sont montrés sur la figure 12.

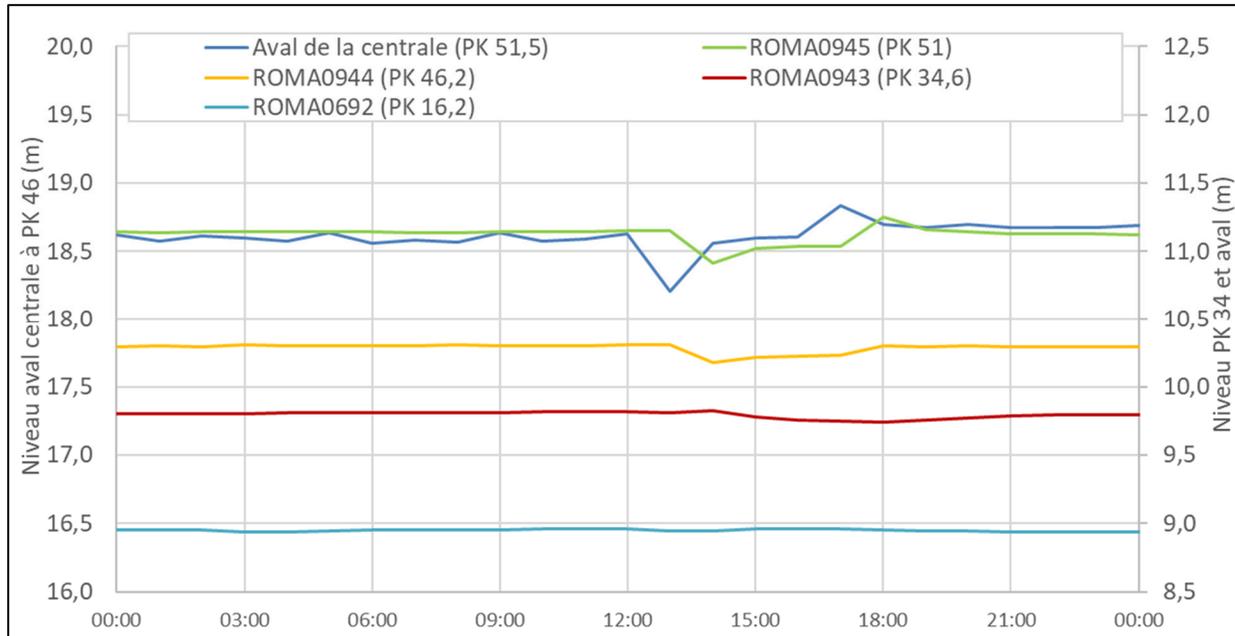


Figure 12 : Niveaux d'eau horaires enregistrés le 12 novembre 2020 en aval de la centrale de la Romaine-1

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 2020, le débit s'est approché de la valeur du débit réservé de 140 m³/s au début de janvier, en avril après la période de pointe hivernale et une partie des mois de novembre et décembre en raison des apports limités par la mise en eau du réservoir de la Romaine 4 en amont (figure 11).

4.8.2 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 respecté cette valeur, hormis un léger écart de 3 m³/s pendant une période de 5 minutes le 20 juin à 22h10 (débit turbiné de 197 m³/s). Il n'y a eu aucun déversement pendant cette période, la crue printanière a pu être gérée avec les débits turbinés à la centrale. Les deux groupes ont été sollicités le 9 juin pour environ 5h, entre le 10 et le 18 juin (débit maximum de 506 m³/s), le 20 juin pour 12h, et le 22 juin pour 9h. Le reste du temps, un seul groupe était en opération à un débit stable de l'ordre de 200 m³/s. Le début de la mise en eau du réservoir de la Romaine 4 le 18 juin a permis de limiter les apports vers l'aménagement de la Romaine-1 pour le reste de la période.

4.8.3 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.

Pendant cette période, il y a eu deux événements avec des arrêts non prévus à la centrale de la Romaine-1 en 2020 qui ont entraîné un non-respect du débit réservé :

- Le débit turbiné est descendu à 35 m³/s puis 0 m³/s le 15 septembre à partir de 15h50 pour une durée de 2h. Les vannes de l'évacuateur de crues ont été ouvertes dans les minutes suivant l'événement, ce qui a permis de compenser le débit réservé de 170 m³/s dès 16h05. Cet incident a entraîné un abaissement ponctuel du niveau de 51 cm à l'aval immédiat de la centrale. La réduction du débit s'est également fait sentir au PK 46 (diminution de niveau de 7 cm), mais pas jusqu'au PK 34. Les niveaux horaires enregistrés durant cet événement sont montrés sur la figure 12.

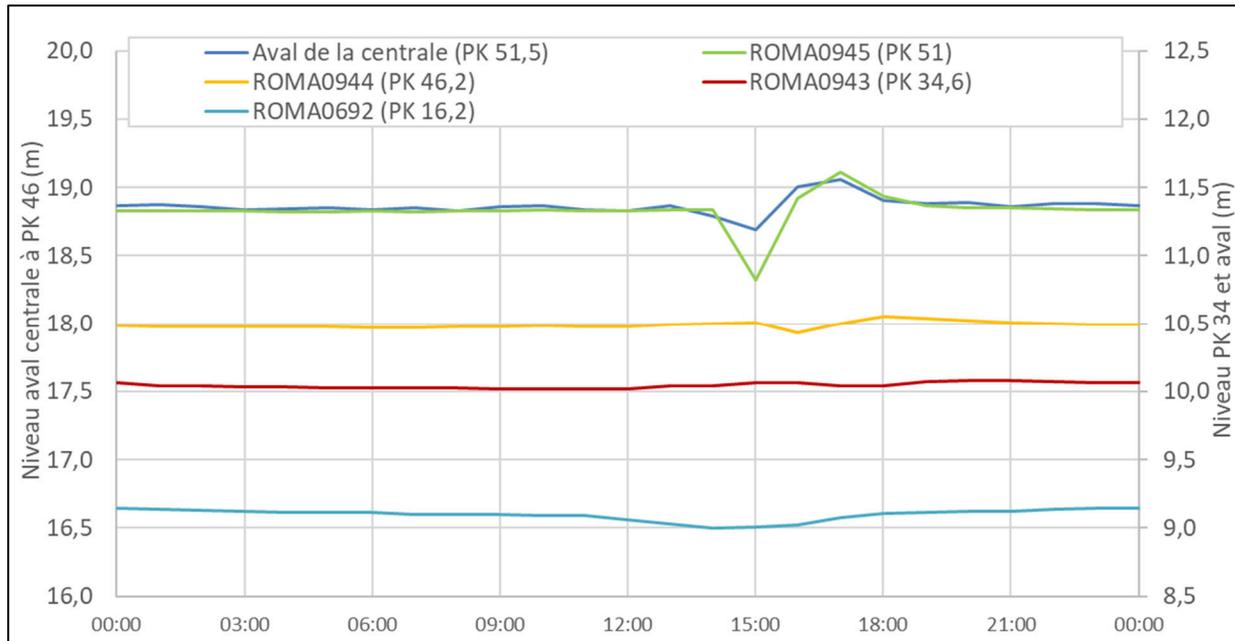


Figure 13 : Niveaux d'eau horaires enregistrés le 15 septembre 2020 en aval de la centrale de la Romaine-1

- Le débit turbiné est descendu à 37 m³/s pendant 5 minutes le 19 août à minuit. Le même groupe a toutefois pu redémarrer immédiatement et cet incident n'a pas eu d'impact sur les niveaux d'eau à l'aval.

4.8.4 Période automnale

La période pendant laquelle le régime de débit automnal s'applique s'étend du 16 octobre au 15 novembre¹⁹. Le débit réservé de cette période est de 200 m³/s. C'est le débit préférentiel pour cette période et il doit demeurer stable. Le débit peut toutefois être rehaussé temporairement en cas de forte hydraulité, demeuré stable le temps de passer l'apport d'eau (contrôle du niveau des réservoirs) et peut ensuite être abaissé à 200 m³/s. Il doit ensuite demeurer stable et éviter les modulations horaires durant le reste de la période de la fraie du saumon.

Le débit turbiné a été ajusté à 200 m³/s le 16 octobre 2020 et a toujours été maintenu entre 200 et 240 m³/s jusqu'au 6 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 6 novembre

¹⁹ 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).

2020, et le mode d'exploitation hivernal a donc été mis en place à partir de cette date avec une diminution du débit turbiné par paliers à 172 m³/s le 6 novembre, puis 150 m³/s le 7 novembre 2020.

4.9 Modalité d'exploitation de la centrale de la Romaine-1 en 2020

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

Entre le 16 novembre et le 6 juin, il est demandé d'éviter le démarrage du deuxième groupe turbine-alternateur avant le lever du jour²⁰ (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 2020, les démarrages ou arrêts de groupes ont été très fréquents à partir de la mi-janvier et en 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 18 février 2020 (démarrage à 6h15). La consigne d'arrêt du groupe après 17h30 a cependant été respectée puisque l'arrêt a été observé à 20h45 la même journée. En somme, 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 2020, les variations de débit 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 gouvernementales²¹ :

- 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 (dès le démarrage du 2^e groupe T-A).
- Le débit est augmenté à 200 m³/s, puis après avoir été maintenu pendant plusieurs heures à cette valeur, il est permis de moduler le débit entre 200 m³/s et 400 m³/s, tout en respectant les consignes d'heures de démarrage et d'arrêt, sans revenir au débit de 150 m³/s (sauf en cas d'arrêt imprévu).
- Par ailleurs, lorsque les besoins de puissance sur le réseau seront particulièrement importants, il sera permis d'augmenter le débit pour atteindre la puissance de 270 MW (environ 500 m³/s).
- À la fin de la période hivernale, il est permis d'exploiter de nouveau la centrale près du débit réservé afin de conserver une réserve assurant le respect du débit minimum jusqu'à la fin de l'étiage hivernal, mais les modulations de débit jusqu'à 400 m³/s ne seront plus permises.

En 2020, le débit turbiné a varié entre 200 m³/s et 421 m³/s pendant les mois de janvier et février, selon la demande. Le débit turbiné a ensuite été généralement stable et maintenu proche de 200 m³/s en mars et mai, sauf à 4 reprises les 11, 12, 16 et 23 mars où un second groupe a été sollicité pour répondre à la demande énergétique. En avril 2020, le débit turbiné a été stable proche de 150 m³/s. En décembre 2020, le débit turbiné a varié entre 200 m³/s et 400 m³/s, avec une pointe à 472 m³/s le 17 décembre entre 16h35 et 20h30. La fin de l'année 2020 a été marquée par une très forte hydraulité et des réserves proche de la pleine capacité à l'échelle du parc d'Hydro-Québec. Par ailleurs, l'évacuateur de crues de la Romaine-4

²⁰ 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.

²¹ Modification d'autorisation du MELCC, en vertu de l'article 30 de la *Loi sur la qualité de l'environnement*, émise le 20 décembre 2019, « Ajustements des débits en aval de la centrale de la Romaine-1 ».

était également ouvert à cette période, avec un débit transitant vers l'aval de l'ordre de 300 m³/s pendant la première moitié de décembre, puis diminué à environ 150 m³/s la seconde moitié du mois. Ce contexte a favorisé l'utilisation de la centrale de la Romaine-1 pour la production en décembre.

4.9.2 Période du 7 juin au 7 juillet

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 varié pour la gestion de la crue printanière. Le débit turbiné a notamment été augmenté de 240 à 450 m³/s à partir du 10 juin jusqu'au 15 juin. Le débit a ensuite été diminué par paliers de 30, 50 ou 100 m³/s entre le 15 et le 18 juin. Aucun déversement n'a été requis à l'aménagement de la Romaine-1 pour gérer la crue de printemps 2020. 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. En dehors de la gestion de la crue printanière, trois variations plus ponctuelles du débit turbiné ont été observées le 9 juin, le 20 juin et le 22 juin 2020. L'augmentation du débit de 200 à 400 m³/s a été réalisée en une dizaine de minutes à chaque fois, tandis que les diminutions du débit de 400 à 200 m³/s ont été faite systématiquement en deux manœuvres espacées de 30 minutes (le 9 juin) à plusieurs heures (les 20 et 23 juin). Les modifications instantanées de débit n'ont jamais dépassé 200 m³/s, respectant ainsi les modalités énoncées dans la directive d'Hydro-Québec.

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. Ceci a été respecté en 2020.

En dehors des variations mentionnées ci-dessus, durant la période du 7 juin au 7 juillet, le débit turbiné à la centrale de la Romaine-1 est resté assez stable, avec un groupe en opération. Ce patron d'exploitation était principalement dû à la diminution des apports liée à la mise en eau du réservoir de la Romaine 4 à partir du 18 juin 2020.

Les variations de débit pendant cette période apparaissent à la figure 14. 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 16,2).

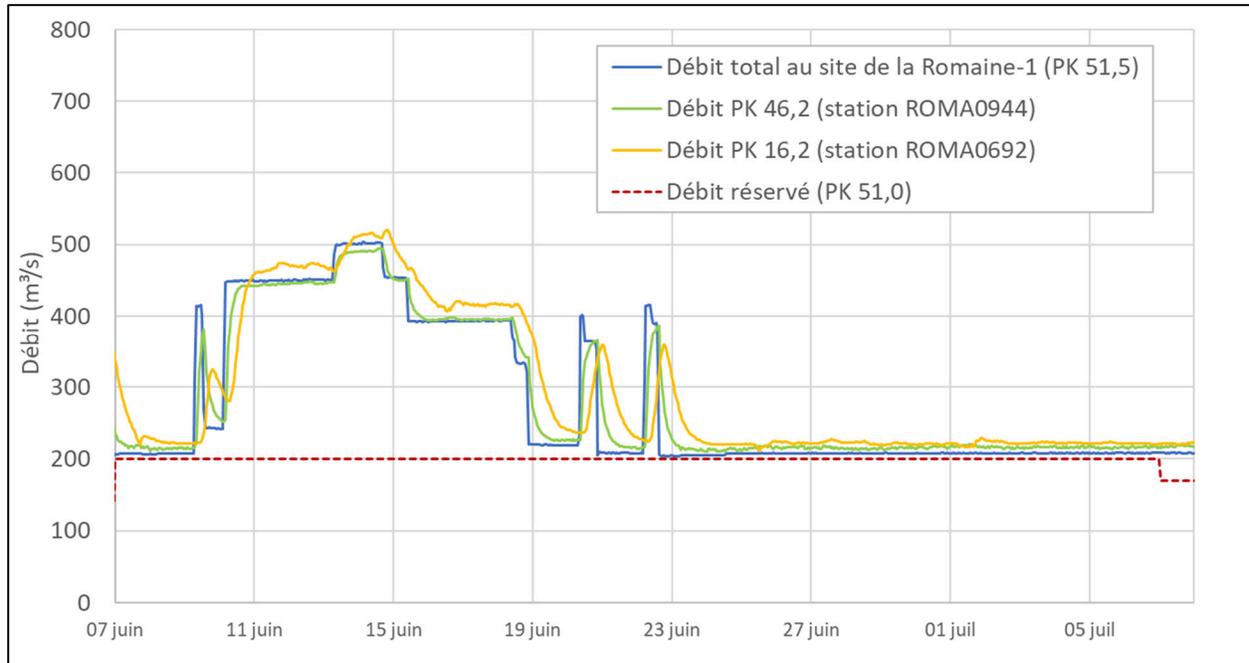


Figure 14 : Débit total à l'aménagement de la Romaine-1 et en aval de la Romaine-1 entre le 7 juin et le 7 juillet 2020

4.9.3 Période du 16 octobre au 15 novembre

Durant cette période, le débit doit être maintenu stable et le débit réservé minimal est à 200 m³/s. Si, pour contrôler le niveau des réservoirs de la Romaine 1 et 2 en cas d'apports élevés, le débit doit être augmenté temporairement et maintenu stable, il est permis de le rabaisser à nouveau à 200 m³/s, en respectant des variations maximales instantanées et quotidiennes de débit de 200 m³/s et 320 m³/s respectivement. Il doit ensuite demeurer stable et les modulations horaires doivent être évitées jusqu'à ce que la fraie du saumon atlantique soit complétée sur le cours aval de la rivière Romaine.

En 2020, l'exploitation de la centrale a été stable en utilisant un seul groupe turbine-alternateur (T-A) avec un débit turbiné moyen de 206 m³/s. Le débit a été augmenté de 200 m³/s à 240 m³/s entre le 3 novembre 15h et le 4 novembre 13h20 (débit maximum de 246 m³/s). 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 15. La variation de débit turbiné de début novembre a eu des répercussions sur les niveaux d'eau enregistrés aux stations en aval sur la rivière Romaine, avec des variations de l'ordre de 15 à 20 cm jusqu'au PK 34, et d'environ 4 cm au PK 16 (figure 16).

Tel que précisé à la section 4.8.1, il a été observé au terrain que la fraie était terminée le 6 novembre et, en accord avec les autorités gouvernementales, la centrale a ensuite adopté un mode de gestion hivernale à partir de cette date, avec un abaissement du débit turbiné à 172 m³/s le 6 novembre à 16h40, puis 150 m³/s le 7 novembre à 9h50.

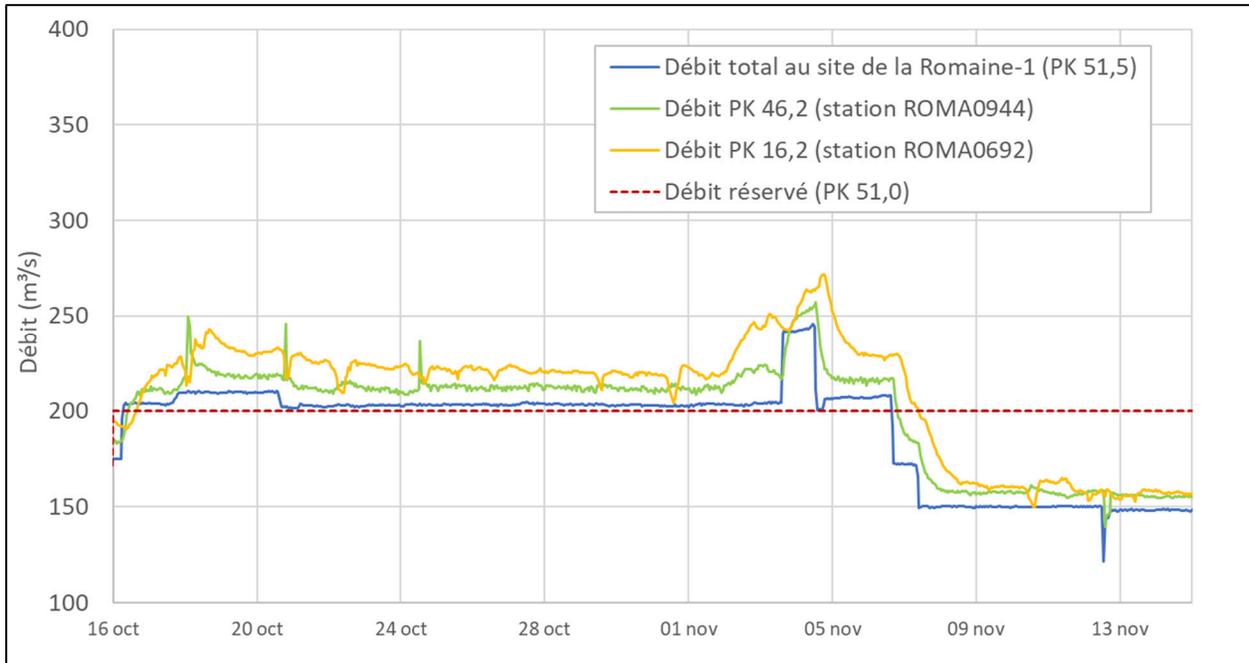


Figure 15 : Débit total à l'aménagement de la Romaine-1 et en aval de la Romaine-1 entre le 16 octobre et le 15 novembre 2020

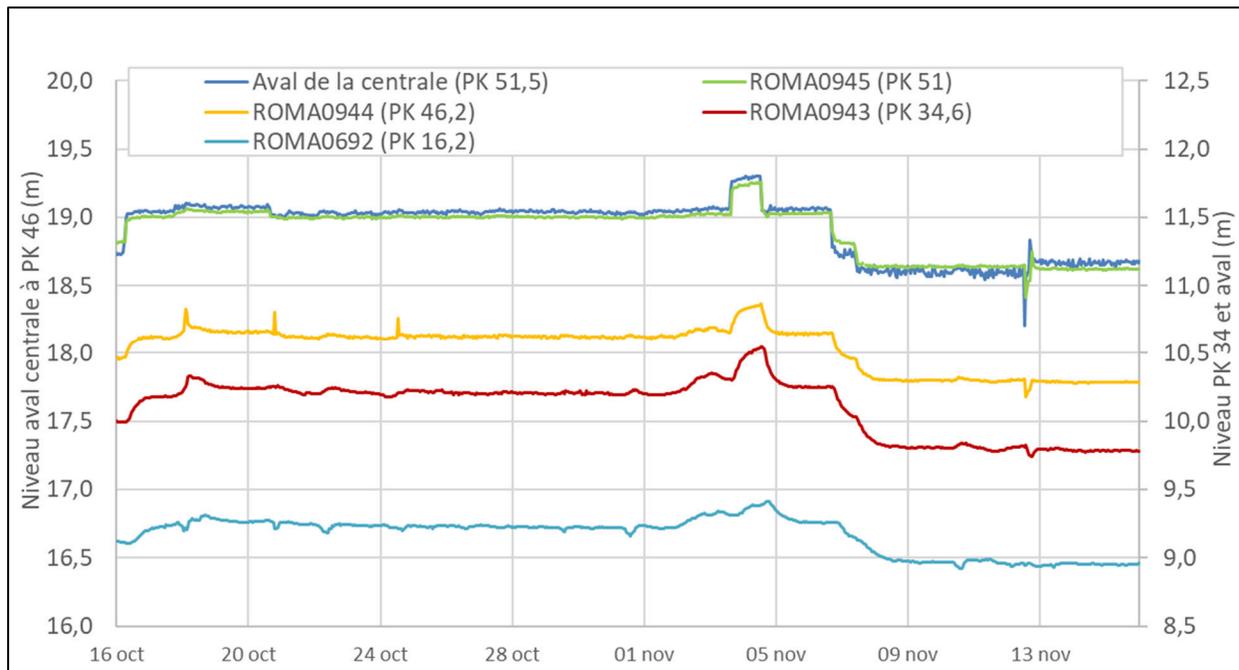


Figure 16 : Niveaux d'eau horaires enregistrés entre le 16 octobre et le 15 novembre 2020 en aval de la centrale de la Romaine-1

4.10 Débit dans la zone de l'embouchure en 2020

Le débit de la zone de l'embouchure dépend principalement du débit turbiné et déversé à la centrale de la Romaine-1 et, dans une moindre mesure, des apports naturels en aval de la centrale de la Romaine-1 qui apportent en moyenne 10% du débit total. La rivière Puyjalon, qui draine un bassin versant de 1220 km² et qui rejoint la rivière Romaine au PK 13, est le principal tributaire entre la centrale de la Romaine-1 et l'embouchure. Le débit dans la zone de l'embouchure tout au long de l'année 2020 est montré sur la figure 17 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. Au mois de mai 2020, 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 est demeuré inférieur au débit minimal de la période 1999 à 2014. Il a augmenté pendant une courte période entre le 9 et le 20 juin pour s'approcher de la valeur moyenne historique de 500 m³/s à la mi-juin. À partir du 18 juin, la mise en eau du réservoir de la Romaine 4 a supprimé les apports vers les aménagements du cours aval, à l'exception des apports intermédiaires en aval de l'aménagement de la Romaine-4. Le débit à l'embouchure est ainsi resté proche du débit minimal de la période 1999 à 2014 pour toute la période estivale et automnale, jusqu'au début du mois de décembre 2020. Il a été plus élevé en décembre, proche des valeurs maximales historiques étant donné le contexte hydrologique de forte hydraullicité dans la région et à l'échelle du Québec à partir du mois de novembre.

Le débit moyen annuel a été de 248 m³/s en 2020, alors que la moyenne de 1999 à 2014 était de 328 m³/s. Cette valeur inférieure à la moyenne historique s'explique principalement par la mise en eau du réservoir de la Romaine 4 à partir du mois de juin.

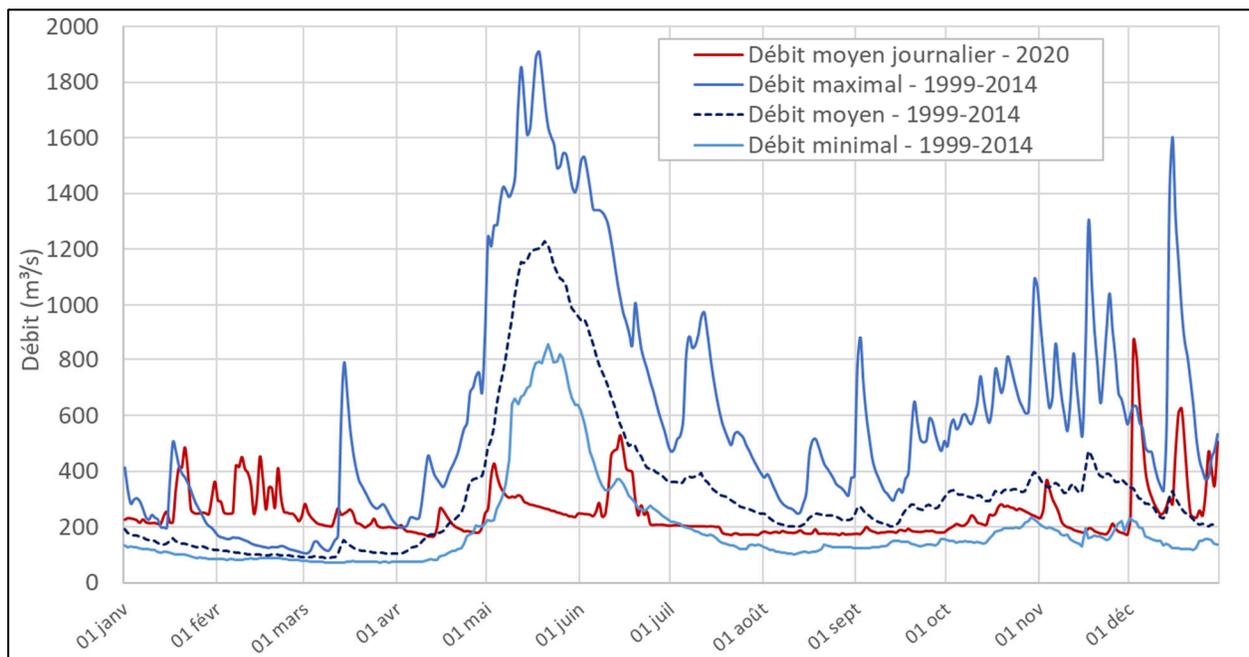


Figure 17 : Débit mesuré en 2020 et valeurs minimales, maximales et moyennes obtenues de 1999 à 2014 à l'embouchure de la Romaine

4.11 Température de l'eau en 2020

4.11.1 Séries temporelles

Les mesures de température enregistrées aux différentes stations durant l'année 2020 sont montrées à la figure 18. 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 19). La figure 20 et la figure 21 comparent les températures enregistrées aux deux frayères naturelles (PK 46,2 et PK 34,5 respectivement) pour les années 2015 à 2020.

Le régime thermique modifié par les aménagements 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 7 janvier, soit 0,8°C, ce qui est un peu plus froid que la température enregistrée les hivers précédents. La température moyenne en janvier et février 2020 à la sortie de la centrale de la Romaine-2 a été de 1,7°C. 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 0,3 à 1,5°C en janvier et février (1,0°C en moyenne). 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 mi-mars 2020.

Au printemps, le réchauffement de l'eau sur la rivière Romaine commence très doucement et progresse beaucoup plus lentement que celui des rivières naturelles. Début avril, on enregistrait des températures de l'ordre de 2°C à toutes les stations en aval de la centrale de la Romaine-1 alors que l'eau était encore proche du point de congélation jusqu'à la mi-avril dans la rivière Romaine Sud-Est et la rivière Puyjalon. De juin à octobre, 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 2020 a été de 9,5°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 2020, elles ont gagné en moyenne 3,0 °C de la centrale de la Romaine-1 à l'embouchure, comme en 2019. 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 2020, soit identique à l'écart observé en 2019 et 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 2020, on observe une différence de près de 2°C dans les températures de l'eau estivales entre la rivière Romaine Sud-Est et la rivière Puyjalon.

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 estivale enregistrée en 2020 avec celle des étés précédents indique qu'elle a été globalement similaire à l'été 2018, et légèrement supérieure à l'été 2019 qui avait été qualifié d'été froid.

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 2020 (en gris). En 2020, durant la période estivale, les températures enregistrées sur la frayère aménagée du PK 34 en aval de la Romaine-1 sont 5,1°C plus froides que celles enregistrées dans la Romaine Sud-Est. L'écart se réduit à 2,7°C lorsque l'eau atteint l'embouchure (PK 5). Ces écarts sont un peu moins importants que ce qui avait été observé en 2019.

Si l'on considère la période de juin à septembre, le projet a entraîné en 2020 un refroidissement moyen de l'ordre de 4°C au PK 49 de la Romaine en comparaison des rivières naturelles. C'est environ 2°C plus froid que ce qui était annoncé dans l'étude d'impact (figure 19), la température de l'eau au PK 49 étant demeurée inférieure aux prévisions pour toute la période printanière et au début de l'été, de début mai à fin juillet. Une analyse des températures de l'air et des températures de l'eau pour les années 2017 à 2020 n'a toutefois pas permis d'identifier de tendance particulière en 2020 comparé aux années précédentes.

En aval de Romaine-1, les températures de l'année 2020 sont assez similaires à celles enregistrées durant les années 2015 à 2018 pour la période de janvier à août. Ensuite, de septembre à novembre elles semblent légèrement inférieures, de l'ordre de 1°C, tout en restant supérieures aux températures de l'eau enregistrées dans la rivière Romaine Sud-Est (figures 18 à 21).

En octobre 2020, l'eau des rivières naturelles et dans le tronçon aval de Romaine-1 étaient similaires, de 8,6 à 8,9°C en moyenne en aval du PK 34. En novembre et décembre, 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.

On prévoyait également que la moyenne annuelle 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 2020, les températures moyennes annuelles ont été respectivement de 6,5°C sur la Romaine Sud-Est, de 5,7°C sur la rivière Puyjalon, et de 5,7°C au PK 49. En 2020, l'eau sortant de la centrale de la Romaine-1 a donc été en moyenne inférieure aux prévisions de 2,8°C, alors qu'elle était similaire aux prévisions en 2019.

L'eau se refroidit en coulant vers l'aval et l'écart par rapport à la température de la Romaine Sud-Est s'amenuise. Ceci a été de nouveau observé en 2020, mais l'ordre de grandeur des écarts est moins important que les années précédentes. Par exemple, au PK 46, l'écart moyen est de 0,8°C seulement (comme au PK 49) alors qu'il n'est plus que de 0,2°C près de l'embouchure.

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 2020 sont présentés aux figures A-1 à A-5 de l'annexe. Les températures enregistrées de 2009 à 2013 représentent l'état naturel, celles enregistrées en 2014, un état transitoire, car le réservoir de la Romaine 2 était en cours de remplissage, et celles de 2015 à 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. L'année 2020 est de nouveau une année transitoire car le patron d'exploitation a été affecté par le début de la mise en eau du réservoir de la Romaine 4 de juin à décembre 2020. Les analyses de ces données seront traitées via le suivi de la population de saumon atlantique de la rivière Romaine.

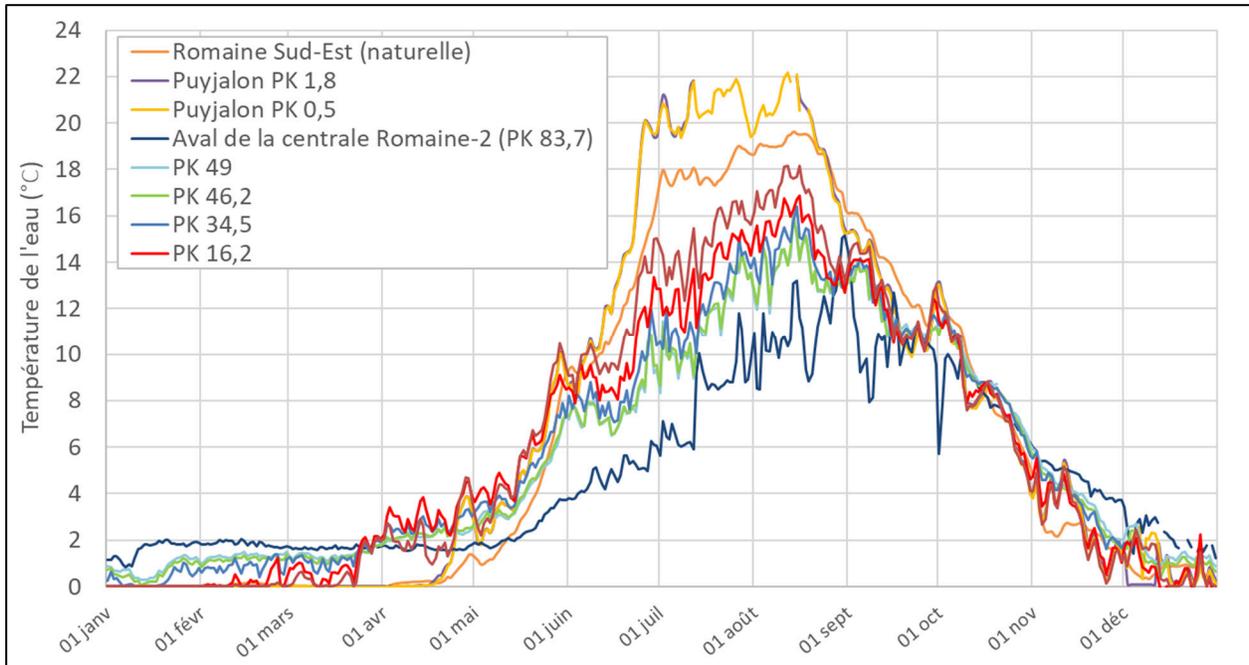


Figure 18 : Températures de l'eau mesurées sur le cours inférieur de la Romaine en 2020

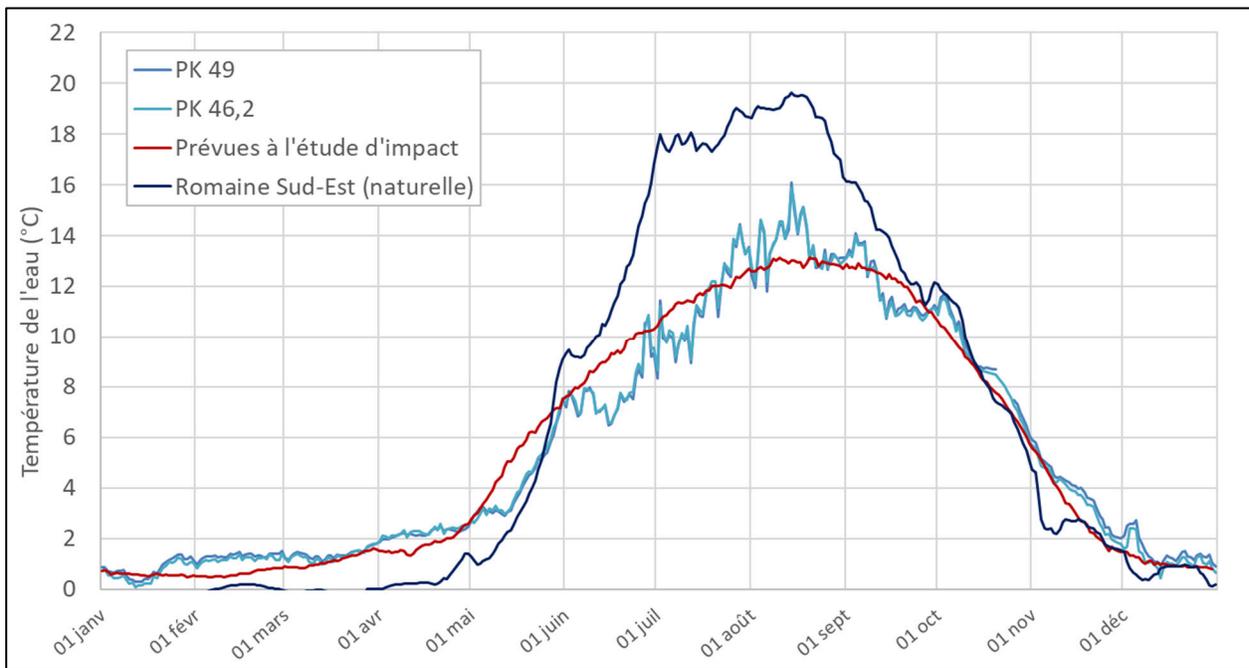


Figure 19 : Températures de l'eau observées en 2020 comparées aux prévisions de l'étude d'impact

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 (PK 82,5)	Puyjalon (PK 13)
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 ^a	13,1	14,5	18,3	18,8
	2020	12,4	12,5	13,2	14,2	15,6	18,3	19,6 ^b
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
	2020	16,1	15,9	16,4	16,8	18,2	19,6	22,0

Notes : n.d. : non disponible

^a Données manquantes après le 24 août 2019 à la station ROMA0943 (PK 34,5)^b Données manquantes entre le 13 juillet et le 14 août 2020 à la station RPUY0680

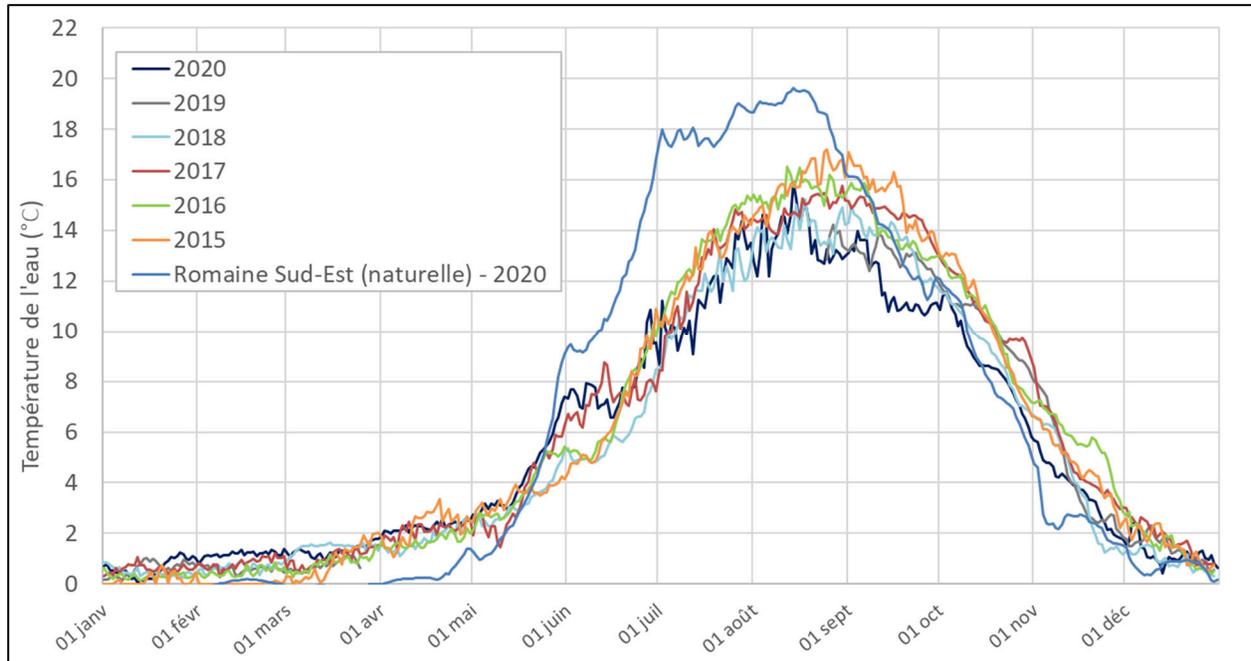


Figure 20 : Températures de l'eau mesurées au PK 46 de 2015 à 2020 (station ROMA0944)

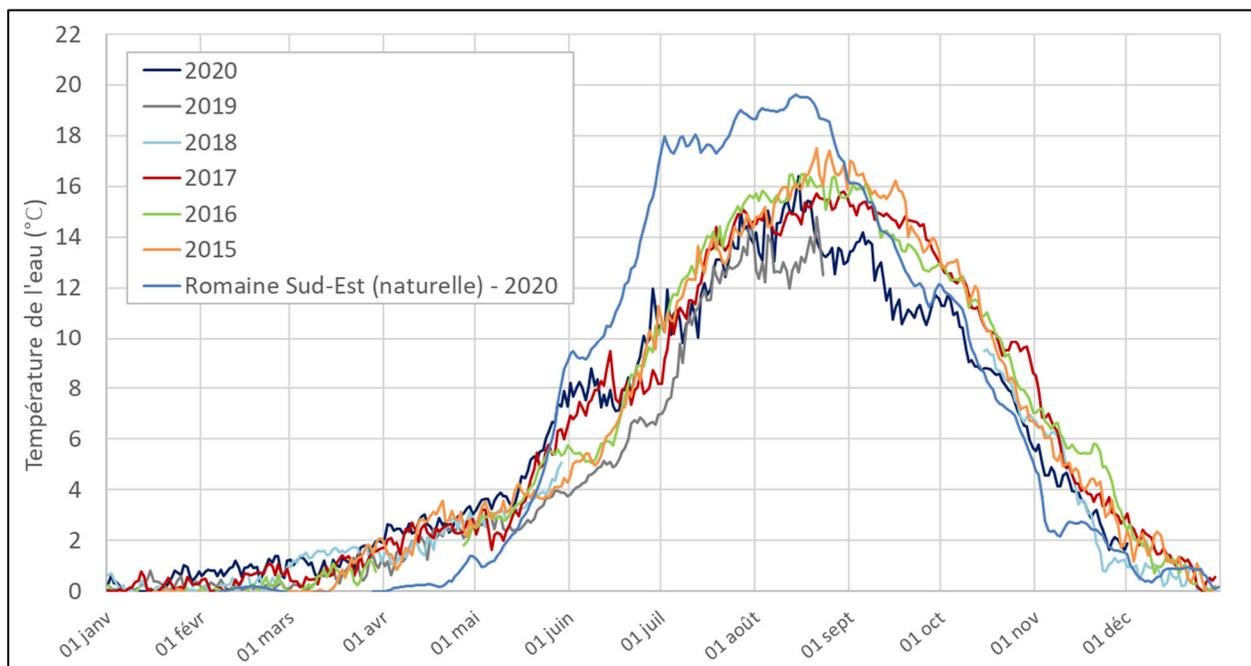


Figure 21 : Températures de l'eau mesurées au PK 34 de 2015 à 2020 (station ROMA0943)

4.11.2 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 n'ont pu être établis qu'à deux reprises en 2020, soit le 10 août et le 26 septembre. Ces deux profils sont caractéristiques des conditions de milieu et de fin d'été. Aucune donnée permettant de caractériser le printemps, l'hiver ou l'automne ne

sont donc disponibles pour 2020²². Le profil de septembre a été relevé dans la partie la plus profonde du réservoir, soit au PK 92 (latitude 50°40'23,03"N ; longitude 63°14'44,90"O) et celui d'août a été mesuré dans le même secteur environ 70 m plus au nord dans le réservoir (latitude 50°40'25,28"N ; longitude 63°14'44,63"O).

Les deux profils mesurés en 2020 sont présentés sur la figure 22, 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 18) correspond approximativement à la température enregistrée à un niveau d'eau de 236 à 237 m dans le réservoir selon les dates des relevés, soit dans la tranche d'eau située environ 16 mètres au-dessus du seuil d'entrée du canal d'amenée. Le 20 août 2020, la température de l'eau en surface était proche de 18°C, et la température de l'eau diminuait progressivement dans les couches inférieures jusqu'à une température de 6 °C à environ 15 m de profondeur. Dans les couches profondes (20 m et plus), l'eau reste à une température constante de 4,5 °C environ. 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 observations de 2020 sont donc conformes aux prévisions.

À la fin de l'été, la température de surface s'est refroidie jusqu'à 11,5 °C le 26 septembre 2020. L'eau diminuait ensuite plus rapidement avec la profondeur pour se stabiliser à une température de 4,5 à 5 °C à une grande profondeur. Ces profils sont typiques des profils estivaux de plans d'eau présentant de grandes profondeurs, semblables à ce qui a été observé les années précédentes et conforme à ce qui était prévu à l'étude d'impact.

Les profils estivaux sont comparés d'une année à l'autre sur la figure 23, ainsi qu'avec le profil présenté dans l'étude d'impact pour le 1^{er} août 1998. Les différences observées entre 2020 et les années précédentes (décalage du profil d'une dizaine de mètres plus haut) sont directement attribuables au niveau dans le réservoir de la Romaine 2 qui a été maintenu plus bas (de 6 à 8 m environ) pendant l'été-automne 2020 du fait de la mise en eau du réservoir de la Romaine 4.

L'absence de profil relevé à l'automne ne permet pas d'identifier la date de l'isothermie automnale en 2020. D'après la température mesurée à la sortie de la centrale de la Romaine-2, cet état aurait été atteint vers le 18 novembre, soit un peu plus tôt qu'en 2019 (une semaine environ) et dans les mêmes dates qu'en 2018.

²² En raison des restrictions de déplacement et mesures sanitaires liées à la pandémie de COVID-19.

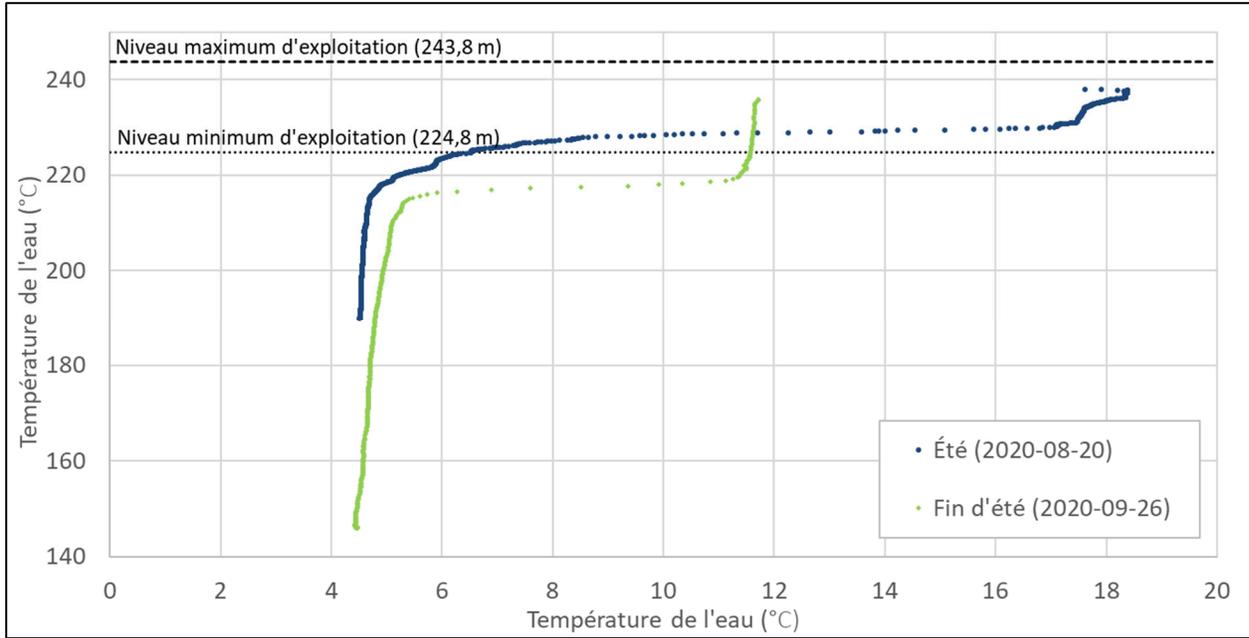


Figure 22: Profils verticaux de température de l'eau mesurés en 2020 dans le réservoir de la Romaine 2

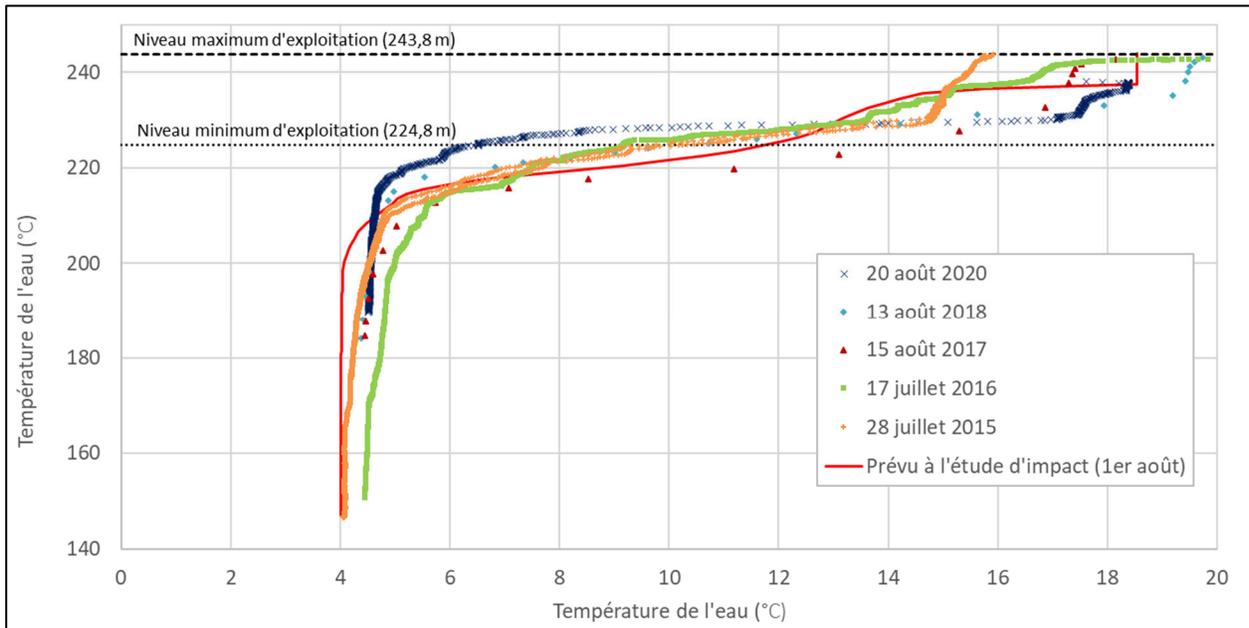


Figure 23: Comparaison des profils verticaux de température de l'eau mesurés en été de 2015 à 2020 et prévu à l'étude d'impact

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 2020 sur l'ensemble de la zone d'étude aménagée. La période de suivi représente la troisième année de l'exploitation de l'aménagement de la Romaine-3, la cinquième année complète d'exploitation de l'aménagement de la Romaine-1 et la sixième année d'exploitation de l'aménagement de la Romaine-2. L'année 2020 est également l'année du début de la mise en eau du réservoir de la Romaine 4 le 18 juin, suivie de l'atteinte du niveau minimum d'exploitation le 7 août 2020.

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 sédimentologique ainsi que les milieux biologique et humain. 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 2020. 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 2020. Avec le début de la mise en eau du réservoir de la Romaine 4, un nouveau tronçon court-circuité de 1,6 km fait maintenant l'objet de suivi avec un débit réservé minimal de 1,8 m³/s, qui a été respecté en tout temps à partir du 9 août 2020.

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 quatre reprises dans l'année pendant des périodes très courtes de 5 à 15 minutes (les 20 juin, 19 août, 15 septembre et 12 novembre). Trois de ces événements ont entraîné un abaissement ponctuel du niveau d'eau à l'aval immédiat de la centrale de l'ordre de 40 cm. Ces réductions du débit se sont fait sentir jusqu'au PK 46, où l'on a observé des diminutions du niveau d'eau de l'ordre de quelques centimètres à 13 cm selon l'événement.

Le débit s'est approché des différentes valeurs de débit réservé (140-200 m³/s) au mois d'avril, et également après la crue printanière jusqu'au début du mois de décembre en raison des apports limités par la mise en eau du réservoir de la Romaine 4 en amont.

Pour la période du 7 juin au 7 juillet, durant la période d'émergence des alevins de saumon, le débit turbiné à la centrale de la Romaine-1 est resté assez stable la première moitié du mois avec deux groupes T-A en opération. Pour la deuxième moitié de cette période, un seul groupe était en opération. Ce patron d'exploitation était principalement dû à la diminution des apports liée à la mise en eau du réservoir de la Romaine 4 à partir du 18 juin 2020. De même, aucun déversement n'a été requis à l'aménagement de la Romaine-1 pour gérer la crue de printemps 2020.

Pendant la fraie du saumon atlantique, en 2020, l'exploitation de la centrale a été stable en utilisant un seul groupe turbine-alternateur et le débit turbiné a varié entre 200 m³/s et 240 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 6 novembre 2020, 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.

La fin de l'année 2020 a été marquée par une très forte hydraulité et des réserves proche de la pleine capacité à l'échelle du parc d'Hydro-Québec. Ce contexte a favorisé l'utilisation de la centrale de la Romaine-1 pour la production en décembre. Le débit turbiné a également varié entre 200 m³/s et 421 m³/s pendant les mois de janvier et février, selon la demande.

En somme, en 2020, l'exploitation de la centrale de la Romaine-1 a constamment respecté les modalités d'exploitation en lien aux modulations de débit pouvant nuire aux saumons dans les premiers kilomètres en aval de la centrale pendant certaines périodes. En effet, les variations soudaines de débit ont été limitées durant l'émergence des alevins à la fin du printemps, le débit est demeuré stable durant la fraie à l'automne et les arrêts et démarrages du deuxième groupe turbine-alternateur durant la période hivernale ont été effectués conformément aux horaires établis (jour/nuit) pour éviter l'entraînement et l'échouage des jeunes saumons.

Le débit moyen annuel de 248 m³/s enregistré en 2020 dans la zone de l'embouchure a été inférieur à la moyenne de 1999 à 2014 qui était de 328 m³/s. Le débit a été plus élevé en hiver, mais plus bas durant la période printanière car les réservoirs emmagasinaient une partie de la crue. À partir du 18 juin, le remplissage du réservoir de la Romaine 4 a diminué les apports au cours aval, et le débit à l'embouchure est ainsi resté proche du débit minimal de la période 1999 à 2014 pour toute la période estivale et automnale, jusqu'au début du mois de décembre 2020. Il a été plus élevé en décembre, proche des valeurs maximales historiques étant donné le contexte hydrologique de forte hydraulité dans la région et à l'échelle du Québec à partir du mois de novembre 2020.

En 2020, le régime thermique de la Romaine était influencé par la présence et l'exploitation des aménagements de la Romaine-1, de la Romaine-2, de la Romaine-3 et à partir de l'été, de la Romaine-4. En 2020, l'eau sortant de la centrale de la Romaine-1 a été en moyenne inférieure aux prévisions de l'étude d'impact de 2,8°C, alors qu'elle était similaire aux prévisions en 2019. La température de l'eau sortant de la centrale de la Romaine-2 s'est maintenue entre 0,8 et 1,7°C au cours de l'hiver, soit un peu plus froid que les hivers précédents, alors que celle de la Romaine Sud-Est – correspondant aux conditions naturelles – restait au point de congélation. Au printemps, l'eau de la Romaine se réchauffe plus vite que celle des tributaires en conditions naturelles, mais la tendance s'inverse ensuite et l'écart de température de l'eau (plus froide) de la Romaine et (plus chaude) des tributaires en conditions naturelles s'accroît durant la période estivale. Si l'on considère la période estivale, le projet entraîne un refroidissement moyen de l'ordre de 3°C entre l'embouchure de la rivière Romaine et les rivières naturelles. Ces modifications sont du même ordre de grandeur de ce qui était annoncé dans l'étude d'impact. La comparaison de la température estivale enregistrée en 2020 avec celle des étés précédents indique qu'elle a été globalement similaire à l'été 2018, et légèrement supérieure à l'été 2019 qui avait été qualifié d'été froid. On note par ailleurs qu'en 2020 la différence de température de l'eau pour la période estivale entre les deux tributaires naturels (Puyjalon et Romaine Sud-Est) est de 2°C. Si l'on considère la période de juin à septembre, le projet a entraîné en 2020 un refroidissement moyen de l'ordre de 4°C au PK 49 de la Romaine en comparaison des rivières naturelles. C'est environ 2°C plus froid que ce qui était annoncé dans l'étude d'impact, et ne semble pas lié à des conditions particulières de température de l'air. 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. Seuls deux profils

estivaux ont été relevés en 2020, en août et septembre. Ces profils sont typiques des profils estivaux de plans d'eau présentant de grandes profondeurs, semblables à ce qui a été observé les années précédentes et conforme à ce qui était prévu à l'étude d'impact. Les différences observées dans les profils estivaux entre 2020 et les années précédentes (décalage du profil d'une dizaine de mètres plus haut) sont directement attribuables au niveau dans le réservoir de la Romaine 2 qui a été maintenu plus bas de 6 à 8 m environ pendant l'été-automne 2020 du fait de la mise en eau du réservoir de la Romaine 4. Les mesures de la température en aval de la centrale indiquent que l'isothermie aurait été atteinte le 18 novembre, soit un peu plus tôt qu'en 2019 (une semaine environ) et dans les mêmes dates qu'en 2018.

Enfin, les études en cours sur le suivi de la population du saumon atlantique tenteront de répondre aux préoccupations liées aux éventuels 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 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. 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.

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

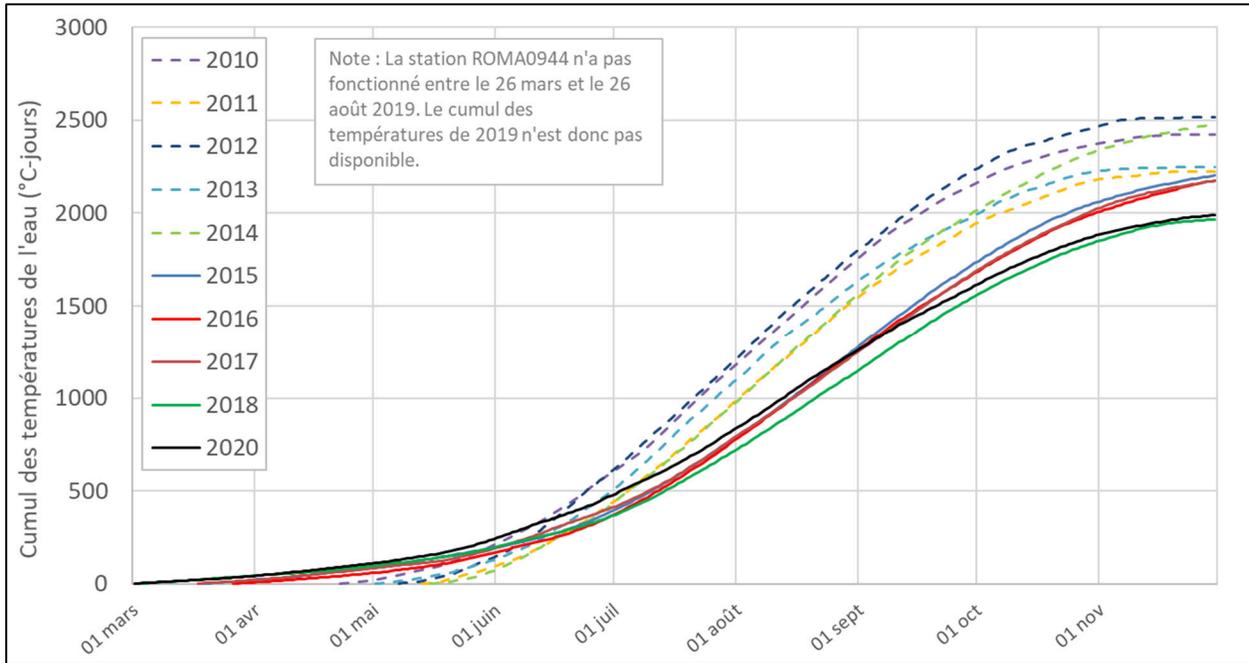


Figure A- 1 : Cumul des températures de l’eau au PK 46 (Station ROMA0944)

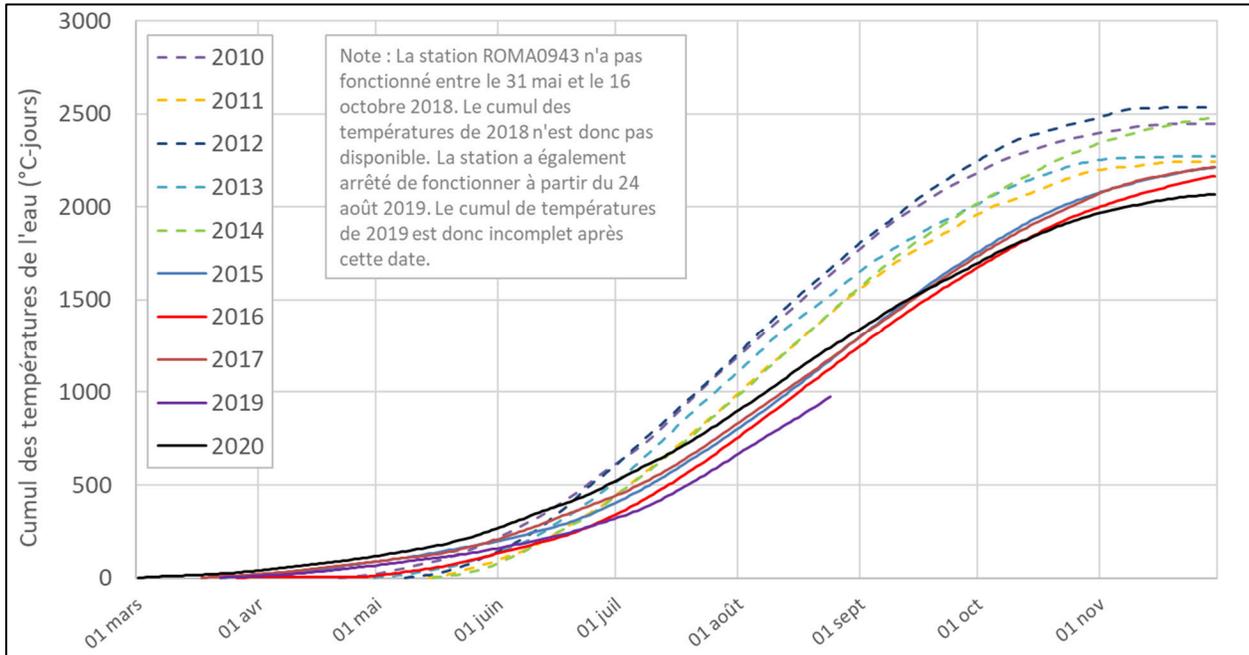


Figure A- 2 : Cumul des températures de l’eau au PK 34 (Station ROMA0943)

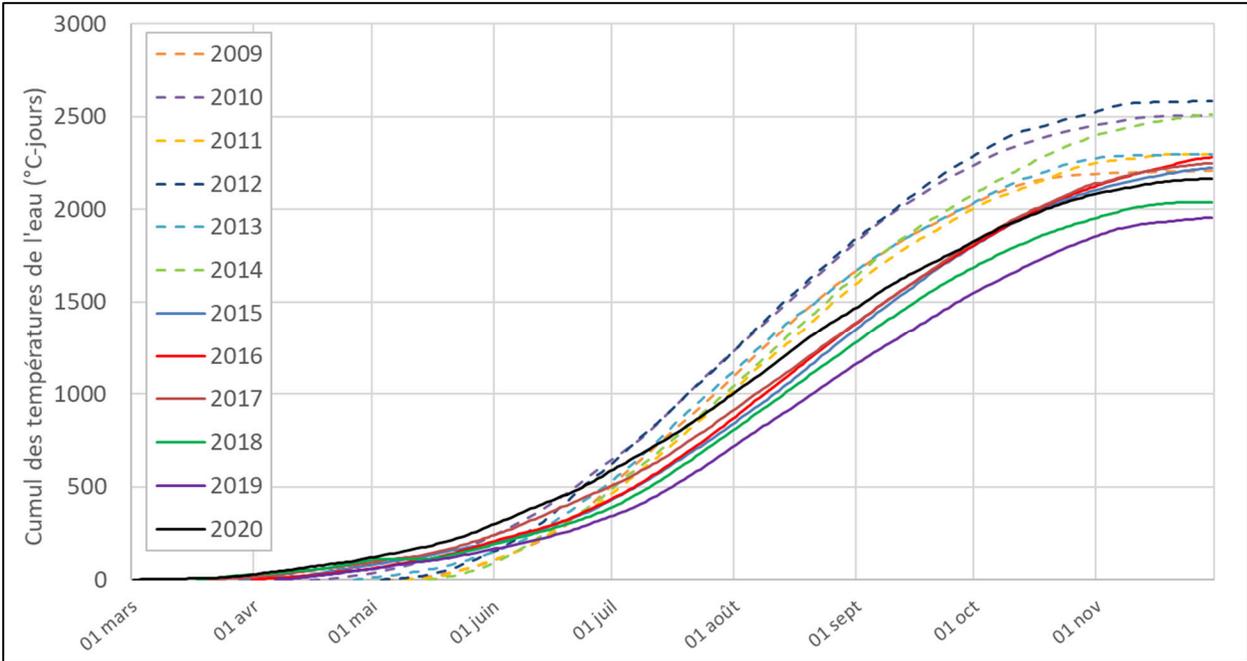


Figure A- 3 : Cumul des températures de l'eau au PK 16 (Station ROMA0692)

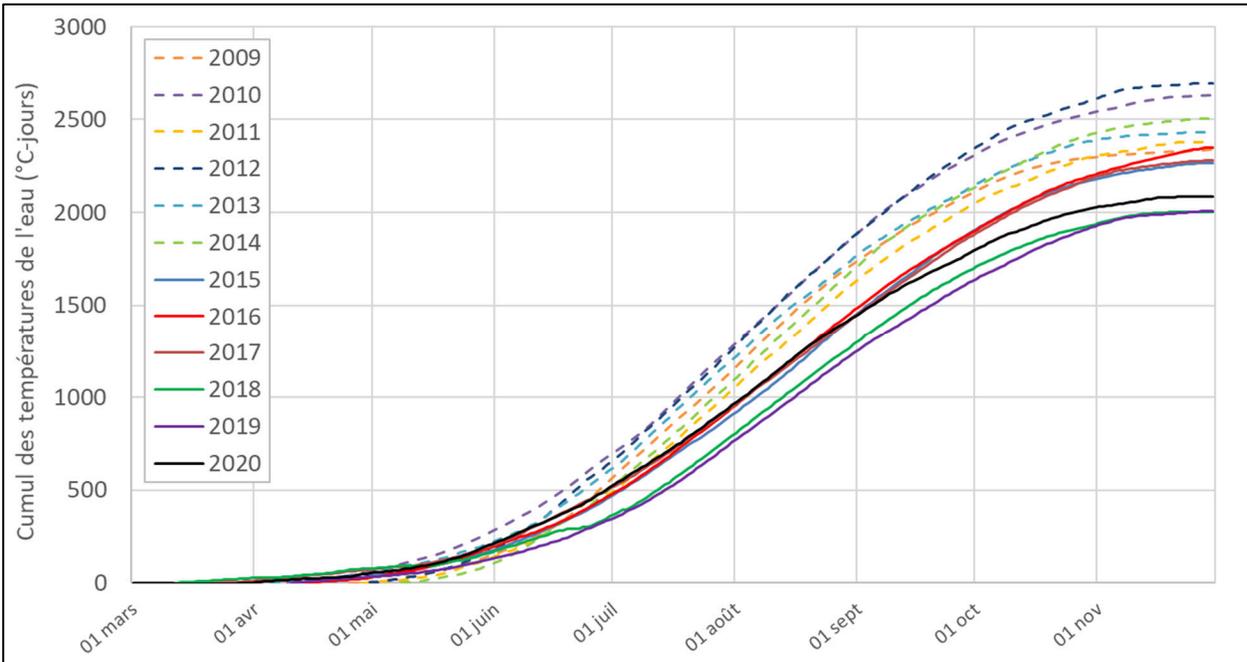


Figure A- 4 : Cumul des températures de l'eau au PK 5 (Station ROMA0665)