

Projet d'aménagement d'un complexe
hydroélectrique sur la rivière Romaine
par Hydro-Québec

Basse-Côte-Nord

6211-03-005

Annexe CA-34

- Modifications au chapitre 17 de l'étude d'impact
- Modifications aux chapitres 7 et 8
de l'étude sectorielle sur le régime thermique

CA-34.1 Modifications au chapitre 17 de l'étude d'impact

17 Régime thermique

17.1 Conditions actuelles

17.1.1 Démarche méthodologique

Pour caractériser le régime thermique de la rivière Romaine en conditions actuelles, on a reconstitué les températures de l'eau pour la période 1984-2003 à partir des températures de l'eau et de l'air mesurées à différents endroits de la Romaine et de ses tributaires de 1999 à 2006 ainsi qu'à partir des séries météorologiques des stations d'Environnement Canada de la région.

On s'est servi des mêmes données pour effectuer les calculs des températures de l'eau et caractériser le régime thermique des réservoirs et des tronçons fluviaux de la Romaine en conditions futures, en tenant compte des caractéristiques des réservoirs projetés.

Pour plus de détails sur les modalités de l'étude du régime thermique, voir la méthode 5 [*Régime thermique*] dans le volume 9.

Les résultats présentés dans ce chapitre proviennent de l'étude suivante :

- Hydro-Québec Équipement. 2007c. *Complexe Romaine, avant-projet phase 2. Régime thermique de l'eau. Rapport sectoriel*. Montréal, Hydro-Québec Équipement.

17.1.2 Régime thermique

17.1.2.1 Tronçon en aval de la centrale de la Romaine-1

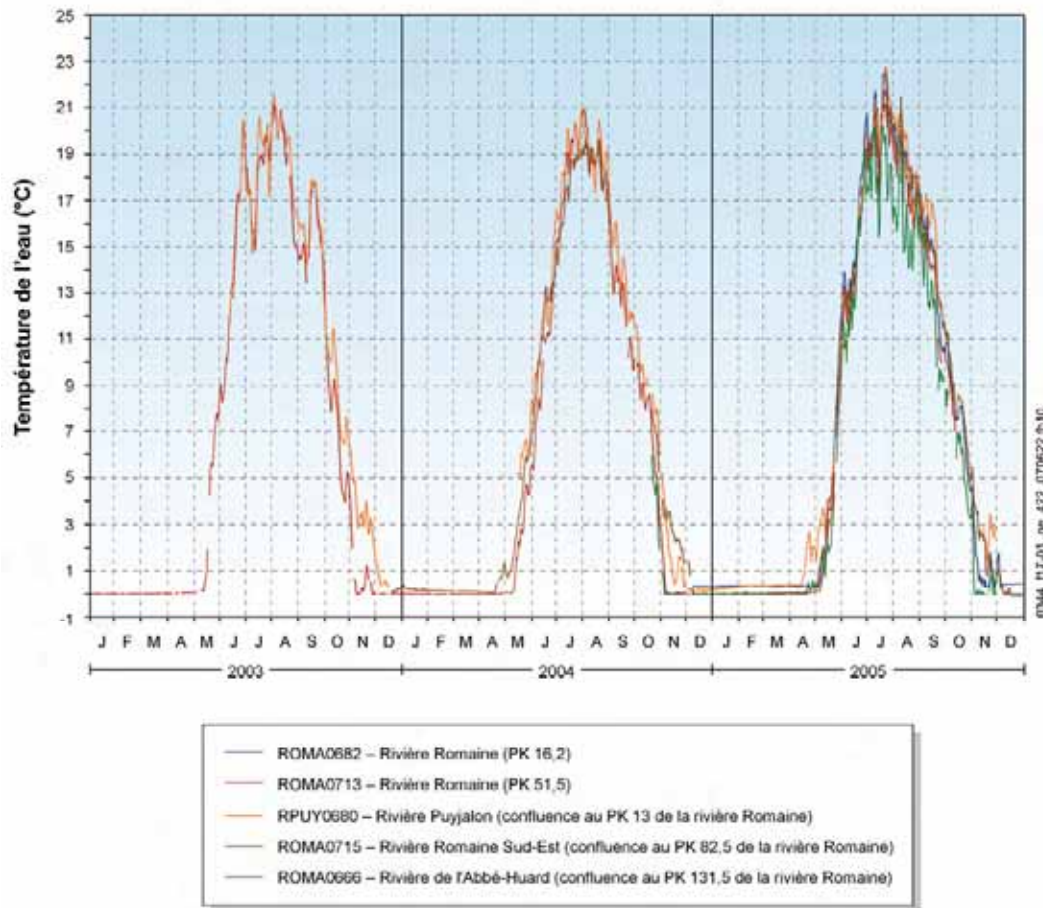
Dans le tronçon de la rivière en aval de la centrale de la Romaine-1 (PK 0-51,5), la température de l'eau est voisine de zéro en hiver. Le réchauffement printanier commence à une date qui varie d'une année à l'autre, à l'intérieur d'une période de trois semaines centrée sur la mi-mai, durant la fonte de la couverture de glace. La température de l'eau augmente alors rapidement et atteint environ 7 °C (entre 3 et 12 °C) à la fin de mai, puis environ 14 °C (entre 10 et 18 °C) à la fin de juin. L'eau de la Romaine atteint habituellement sa température maximale entre la mi-juillet et la mi-août. La température de l'eau varie généralement entre 21 et 23 °C durant cette période, mais peut baisser jusqu'à 13 °C sous l'influence des conditions météorologiques. La valeur instantanée de la température de l'eau oscille d'environ 1 °C entre le jour et la nuit. De juin à septembre, la température moyenne de l'eau est de 14,5 °C. À partir de la mi-août, le refroidissement automnal commence à se manifester. Le 1^{er} septembre, la température moyenne

de l'eau est de 15 °C (entre 12 et 18 °C) ; elle baisse à 10 °C (entre 7 et 12 °C) le 1^{er} octobre et à environ 2,5 °C (entre 0 et 5 °C) le 1^{er} novembre. L'eau atteint le point de congélation vers le 10 novembre (entre le 1^{er} et le 20 novembre) et se maintient près de zéro durant l'hiver.

La plupart du temps, la température de l'eau est uniforme sur l'ensemble du tronçon. Au printemps et à l'automne, la rivière Puyjalon modifie légèrement le régime thermique de la Romaine à partir de leur point de confluence, au PK 13. Comme l'eau de la Puyjalon amorce son réchauffement printanier avec une ou deux semaines d'avance sur la Romaine, elle accélère la fonte de la couverture de glace de la Romaine à partir du PK 13. Par conséquent, l'eau de la Romaine se réchauffe souvent beaucoup plus tôt à l'aval qu'en amont du PK 13, bien que la différence d'altitude soit négligeable. À l'automne, la Puyjalon refroidit plus tard que la Romaine, ce qui a pour effet de retarder l'atteinte du point de congélation de l'eau de la Romaine en aval du PK 13.

La figure 17-1 [*Température de l'eau de la rivière Romaine et de trois de ses affluents – Conditions actuelles*] présente les températures journalières moyennes mesurées à différents endroits de la rivière Romaine et sur trois de ses tributaires, soit la rivière Puyjalon (PK 13), la rivière Romaine Sud-Est (PK 82,5) et la rivière de l'Abbé-Huard (PK 131,5).

Figure 17-1 : Température journalière moyenne de l'eau de la rivière Romaine et de trois de ses affluents – Conditions actuelles



17.1.2.2 Tronçon en amont de la centrale de la Romaine-1

Dans le tronçon en amont de la centrale de la Romaine-1 (PK 51,5-290), le cycle annuel du régime thermique de l'eau ressemble à celui du tronçon aval. Les différences sont attribuables aux effets de l'altitude plus élevée sur les températures de l'air.

Le réchauffement printanier de l'eau s'amorce à peu près à la même date sur tout le parcours de la Romaine (PK 0-290), mais peut occasionnellement commencer quelques jours plus tard dans sa partie amont. Cependant, au-delà du PK 290, on recense plusieurs lacs profonds à la sortie desquels la fonte de la couverture de glace et le réchauffement de l'eau sont plus rapides qu'entre les PK 50 et 290.

La température moyenne de l'eau de juin à septembre passe d'environ 14,5 °C en aval de la centrale de la Romaine-1 à environ 13 °C au site de la centrale de la

Romaine-4 et à environ 12 °C au PK 290, près de la limite amont du réservoir de la Romaine 4.

À l'automne, l'eau atteint le point de congélation un peu plus tôt en amont ; le décalage par rapport au site de la centrale de la Romaine-1 varie de quelques jours à une dizaine de jours selon les années.

17.1.2.3 Principaux tributaires

Les principaux tributaires de la Romaine ont un régime thermique très semblable à celui de la rivière. Toutefois, l'eau de la rivière Puyjalon se réchauffe une ou deux semaines plus tôt au printemps et atteint le point de congélation plus tard en hiver. Le reste de l'année, les tributaires et la Romaine affichent des températures semblables à leur point de confluence.

17.2 Modifications liées à la présence et à l'exploitation des aménagements

17.2.1 Secteur de la Romaine-4

17.2.1.1 Réservoir (PK 289,2-191,9)

La création du réservoir de la Romaine 4 provoquera un rehaussement d'environ 80 m du niveau actuel de la rivière Romaine, à l'emplacement du barrage. La prise d'eau soutirera l'eau du réservoir par un canal à surface libre dont la profondeur variera entre 10 et 25 m. Globalement, le temps de renouvellement de l'eau du réservoir sera d'environ six mois. La vitesse d'écoulement moyenne sera lente.

La température de l'eau du réservoir de la Romaine 4 présentera une stratification verticale de type dimyctique, c'est-à-dire une stratification thermique en hiver, une isothermie printanière à 4 °C, une stratification thermique en été et une seconde isothermie à 4 °C à l'automne.

Durant l'hiver, la température de l'eau sera de 0 °C au point de contact entre l'eau et la glace. Elle augmentera avec la profondeur pour atteindre 3 °C entre 20 et 50 m de profondeur selon l'hiver et variera de 3,3 à 3,8 °C dans la partie la plus profonde. En mai, l'eau se réchauffera rapidement, et une température de 4 °C, uniforme sur la verticale, sera de nouveau atteinte avant la fin de mai.

Après cette isothermie, le réchauffement se poursuivra et s'accompagnera de l'apparition de la stratification thermique estivale. Durant la période la plus chaude, la température de l'eau sera relativement homogène dans la tranche supérieure de 10 m et culminera à la fin de juillet ou au début d'août à une valeur de 16 à 20 °C selon l'année. La moyenne de cette valeur de juin à septembre sera

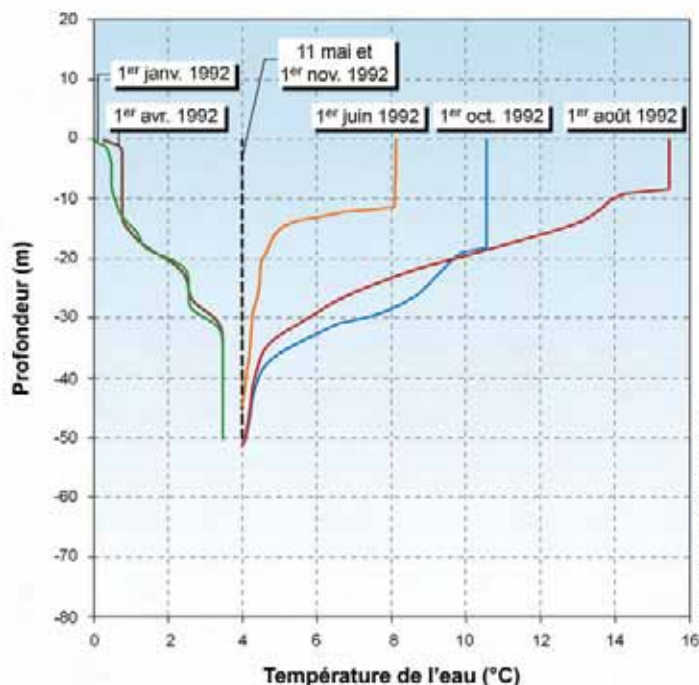
d'environ 15 °C. Sous la couche superficielle relativement uniforme, la température de l'eau ira en diminuant avec la profondeur et se maintiendra entre 4 et 5 °C aux profondeurs de 40 m et plus.

De juin à septembre, les variations d'intensité et de direction du vent auront pour effet de déplacer horizontalement la couche superficielle d'eau du réservoir, ce qui provoquera des fluctuations de son épaisseur. Ces fluctuations se propageront sous forme d'ondes internes et ramèneront près de la surface des couches d'eau plus froides venues de profondeurs dépassant 25 m, ce qui entraînera des refroidissements ponctuels de la couche superficielle.

Le refroidissement de l'eau s'amorcera en septembre et s'accompagnera d'un approfondissement progressif de la couche superficielle du réservoir. L'eau atteindra une température de 4 °C, uniforme sur toute la profondeur, vers le 1^{er} novembre en moyenne. Après cette isothermie d'automne, le refroidissement de l'eau se limitera progressivement à une couche de plus en plus superficielle et ira en s'accéléralant avec la formation de la couverture de glace. Lorsque la couverture de glace sera complète, à la fin de novembre ou au début de décembre, les conditions hivernales décrites plus haut prévaleront.

La figure 17-2 [*Réservoir de la Romaine 4 – Profils verticaux de température de l'eau*] montre les profils verticaux de température dans le réservoir projeté, pour quelques dates d'une année type.

Figure 17-2 : Profils verticaux de température de l'eau du réservoir de la Romaine 4



17.2.1.2 Tronçon court-circuité (PK 191,9-190,3)

L'eau du tronçon court-circuité de la Romaine 4 proviendra des conduites intégrées aux piliers de l'évacuateur de crues, ou de l'évacuateur lui-même s'il y a déversement.

Au pied de l'évacuateur, l'eau se maintiendra légèrement au-dessus du point de congélation, entre 0,5 et 1 °C, de la mi-novembre à la mi-avril. Elle présentera des fluctuations occasionnelles qui la feront varier de la moitié au double de sa valeur habituelle pour un hiver donné. En parcourant le tronçon court-circuité, l'eau refroidira quelque peu au contact de l'air ; en décembre, en janvier et en février, elle refroidira suffisamment pour s'établir près du point de congélation avant de quitter le tronçon.

Au printemps, le réchauffement de l'eau commencera un peu plus tôt, mais progressera plus lentement, de sorte qu'au début de juin l'eau affichera à peu près la même température qu'en conditions actuelles. À partir de juin, l'eau présentera des fluctuations de température associées aux ondes internes du réservoir. On observera des valeurs transitoires de 5 à 15 °C à partir de la mi-juin.

En été, la température de l'eau dans le tronçon court-circuité sera proche des conditions actuelles pour ce qui est des moyennes, mais présentera une plage de variabilité plus grande. La température moyenne de l'eau culminera à 17 °C à la

fin de juillet et au début d'août, comme dans les conditions actuelles. Des valeurs transitoires de 7 à 20 °C pourront également se présenter à l'occasion. De juin à septembre, la température moyenne de l'eau sera d'environ 13 °C, soit pratiquement la même valeur qu'en conditions actuelles.

À partir de septembre, l'eau du tronçon court-circuité refroidira un peu plus lentement qu'en conditions actuelles. Au pied de l'évacuateur, elle sera plus chaude de 1 à 2 °C en septembre et en octobre. La température d'hiver sera atteinte avec la formation de la couverture de glace sur le réservoir, en moyenne à la mi-novembre, à une date qui variera selon les années.

17.2.1.3 Canal de fuite (PK 190,3)

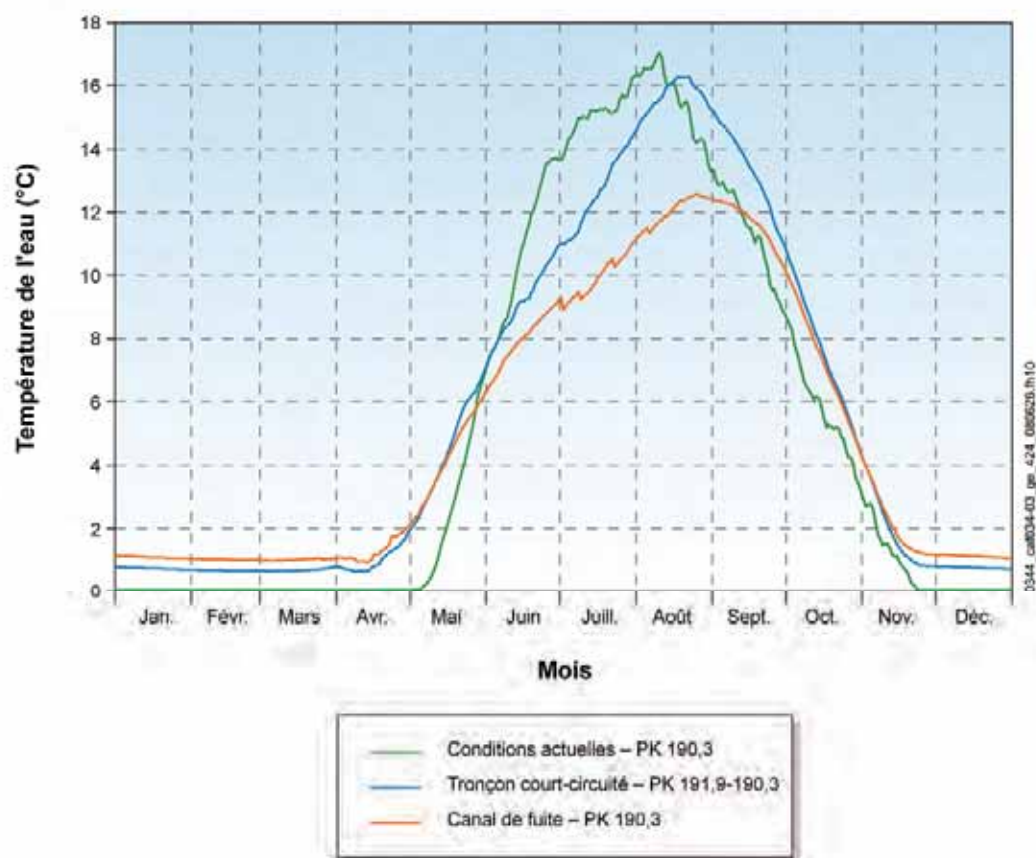
L'eau turbinée par la centrale proviendra de la couche superficielle et de la couche mi-profonde du réservoir. La température de l'eau restituée par le canal de fuite présentera une valeur supérieure au point de congélation en hiver et inférieure à celle de l'eau superficielle du réservoir en été.

En hiver, l'eau tirée du réservoir présentera une température de 1 à 1,5 °C avec des fluctuations d'environ 0,5 °C par rapport à la valeur habituelle d'un hiver donné. Il est possible que la température de l'eau atteigne 2 °C certains hivers.

Au printemps, le réchauffement de l'eau débutera à la fin d'avril ou au début de mai. À la fin de mai, la température moyenne sera de 5 à 8 °C mais pourra occasionnellement varier entre 4,5 et 11 °C. La température de l'eau restituée augmentera progressivement jusqu'à la mi-août. Elle atteindra alors 12 à 15 °C en moyenne et pourra fluctuer entre 6 et 18 °C pendant quelques heures à plusieurs jours. De juin à septembre, la moyenne sera voisine de 10,5 °C. Le refroidissement automnal se fera principalement sentir à partir de la mi-septembre, avec des températures moyennes entre 11 et 14 °C et une plage de variation comprise entre 8 et 16 °C. Les fluctuations deviendront rares à la fin de septembre, puis disparaîtront en octobre. Au cours du refroidissement automnal, l'eau sera en moyenne un peu plus chaude que l'eau de la rivière en conditions actuelles ; la valeur d'hiver sera atteinte en moyenne à la mi-novembre, à une date qui variera selon les années.

La figure 17-3 [*Température de l'eau au PK 190,3 de la Romaine (canal de fuite de la Romaine-4) – Conditions actuelles et futures*] compare les températures de l'eau actuelle et future au PK 190,3 de la Romaine, à la sortie du canal de fuite de la Romaine-4.

Figure 17-3 : Température de l'eau au PK 190,3 de la Romaine (canal de fuite de la Romaine-4) – Conditions actuelles et futures (nouvelle figure)



17.2.2 Secteur de la Romaine-3

17.2.2.1 Réservoir (PK 190,7-158,4)

Comme dans le cas du réservoir de la Romaine 4, la température de l'eau du réservoir de la Romaine 3 présentera une stratification verticale de type dimyctique, c'est-à-dire une stratification thermique en hiver, une isothermie à 4 °C au printemps, une stratification thermique en été et une seconde isothermie à 4 °C à l'automne.

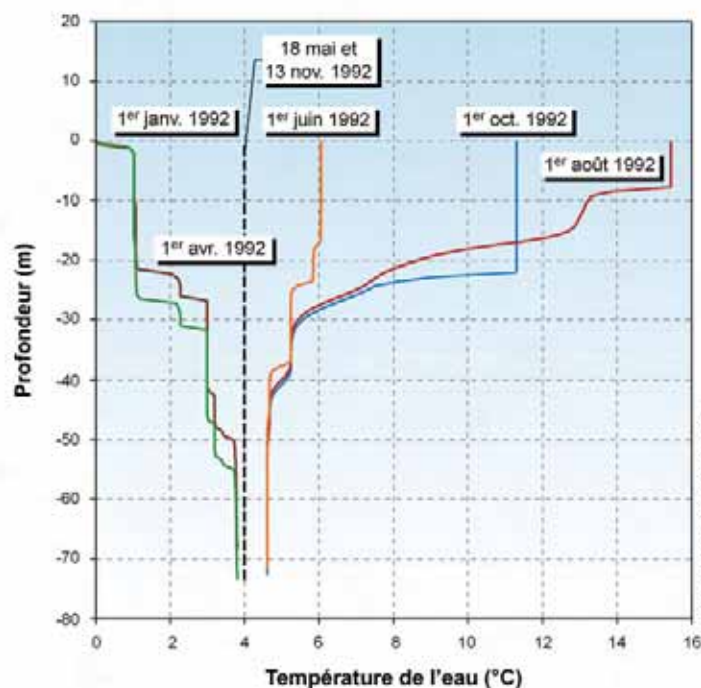
En hiver, la température de l'eau sera de 0 °C au point de contact entre l'eau et la glace. Au-dessous, la température augmentera avec la profondeur : 1 °C entre 0,5 et 3 m, 3 °C entre 15 et 50 m, selon l'hiver, et de 3,5 à 3,9 °C dans la partie la plus profonde. En mai, la couverture de glace disparaîtra, et l'eau se réchauffera pour atteindre une température de 4 °C, uniforme sur la verticale.

Après cette isothermie, le réchauffement se poursuivra et la stratification thermique estivale apparaîtra dès le début de juin. Durant la période la plus chaude, la température de l'eau sera relativement homogène dans la couche supérieure de 10 m et elle culminera à la fin de juillet ou au début d'août à une valeur de 17 à 21 °C selon l'année. La moyenne de cette valeur de juin à septembre sera d'environ 15 °C. Sous la couche superficielle relativement uniforme, la température de l'eau ira en diminuant et se maintiendra entre 4 et 5 °C aux profondeurs de 40 m et plus.

Comme dans le cas du réservoir de la Romaine 4, des oscillations de masses d'eau pourront ramener la couche d'eau plus froide près de la surface et faire varier la température de l'eau.

La figure 17-4 [Réservoir de la Romaine 3 – Profils verticaux de température de l'eau] montre les profils verticaux de température dans le réservoir projeté, pour quelques dates d'une année type.

Figure 17-4 : Profils verticaux de température de l'eau du réservoir de la Romaine 3



17.2.2.2 Tronçon court-circuité (PK 158,4-155,0)

L'eau du tronçon court-circuité de la Romaine-3 proviendra des conduites intégrées à la base des murs bajoyers de l'évacuateur de crues, ou de l'évacuateur lui-même s'il y a déversement.

Au pied de l'évacuateur, l'eau se maintiendra au-dessus du point de congélation, entre 0,5 et 1,5 °C, de la mi-décembre à la mi-avril, avec des fluctuations occasionnelles d'environ 0,5 °C. En parcourant le tronçon court-circuité, l'eau refroidira quelque peu ; en décembre, en janvier et en février, elle atteindra le point de congélation à la limite aval de ce tronçon.

Au printemps, le réchauffement de l'eau commencera un peu plus tôt, mais progressera plus lentement, de sorte qu'à la fin de mai l'eau atteindra à peu près la même température qu'en conditions actuelles. Par la suite, l'eau présentera des fluctuations de température associées aux ondes internes du réservoir. Des valeurs transitoires de 6 à 14 °C pourront être atteintes à partir de la mi-juin. En été, la température de l'eau dans le tronçon court-circuité sera plus basse d'environ 2 °C en moyenne par rapport aux conditions actuelles et présentera une plage de variabilité plus grande. La température moyenne de l'eau culminera à 15 °C à la mi-août, soit environ 2 °C de moins et deux semaines plus tard que dans les conditions actuelles. Des valeurs transitoires de 8 à 18 °C pourront également se présenter à l'occasion en août. De juin à septembre, la température moyenne de l'eau sera d'environ 12,5 °C, soit moins de 1 °C plus froid qu'en conditions actuelles.

À partir de septembre, l'eau du tronçon court-circuité refroidira un peu plus lentement qu'en conditions actuelles. Au pied de l'évacuateur, elle sera plus chaude d'environ 2 °C de septembre à novembre. La température d'hiver sera atteinte avec la formation de la couverture de glace sur le réservoir, en moyenne à la fin de novembre ou au début de décembre, à une date qui variera selon les années.

17.2.2.3 Canal de fuite (PK 155,0)

L'eau restituée par le canal de fuite de la centrale, au PK 155,0 de la Romaine, proviendra de la couche superficielle et de la couche mi-profonde du réservoir.

L'eau tirée du réservoir se maintiendra au-dessus du point de congélation, entre 0,7 et 1,7 °C, de la mi-décembre à la mi-avril ; elle présentera des fluctuations occasionnelles d'environ 0,7 °C. Il est possible que la température de l'eau se maintienne autour de 2 °C au cours de certains hivers.

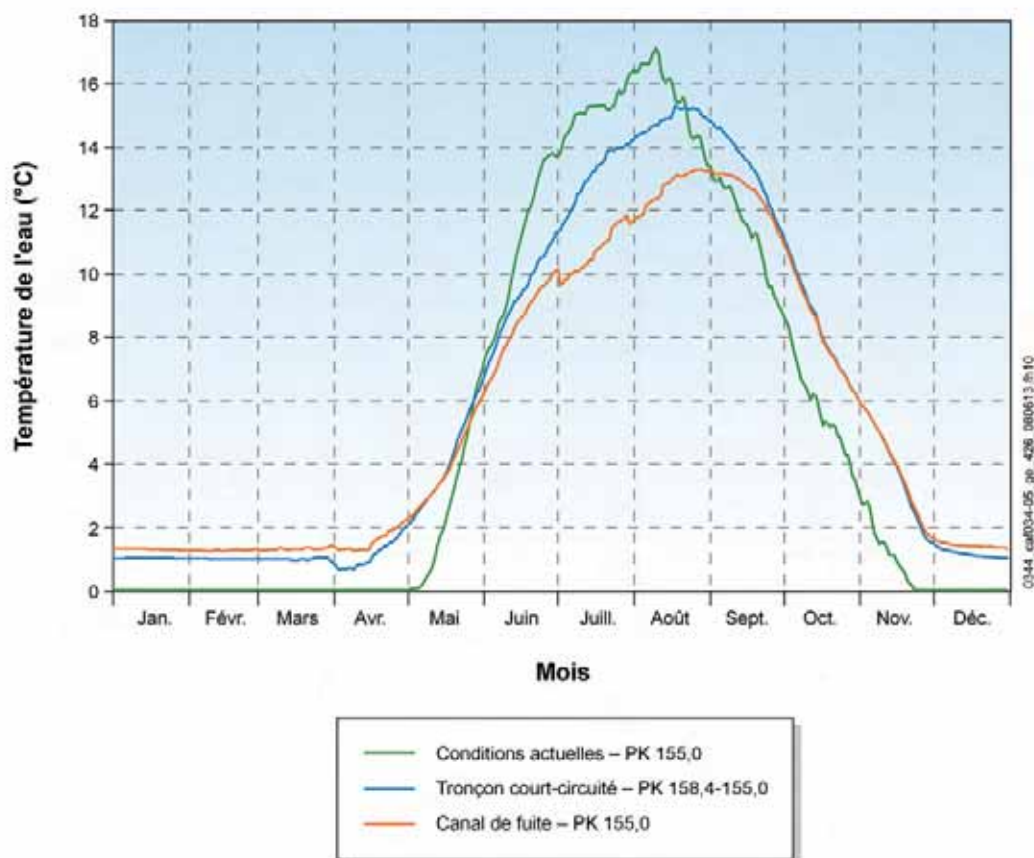
Au printemps, le réchauffement de l'eau commencera un peu plus tôt, mais progressera plus lentement, de sorte qu'à la fin de mai l'eau atteindra à peu près la même température qu'en conditions actuelles. À partir de la fin de mai, l'eau présentera des fluctuations de température associées aux ondes internes du réservoir et pourrait atteindre des valeurs comprises entre 6 et 13 °C à partir de la mi-juin.

En été, la température de l'eau restituée à la tête du réservoir de la Romaine 2 sera plus basse d'environ 2 °C en moyenne par rapport aux conditions actuelles et elle présentera une plage de variabilité plus grande. La température moyenne de l'eau culminera à 13 °C à la mi-août, soit environ 4 °C de moins et deux semaines plus tard qu'en conditions actuelles. Des valeurs transitoires de 8 à 18 °C pourront également se présenter à l'occasion en août. De juin à septembre, la température moyenne de l'eau sera d'environ 11 °C, soit 2 °C de moins qu'en conditions actuelles à cet endroit de la rivière.

À partir de septembre, l'eau du canal de fuite refroidira un peu plus lentement qu'en conditions actuelles. Elle sera plus chaude d'environ 2 °C de septembre à novembre.

La figure 17-5 [*Température de l'eau au PK 155,0 de la Romaine (canal de fuite de la Romaine-3) – Conditions actuelles et futures*] compare les températures de l'eau actuelle et future au PK 155,0 de la Romaine, à la sortie du canal de fuite de la Romaine-3.

Figure 17-5 : Température de l'eau au PK 155,0 de la Romaine (canal de fuite de la Romaine-3)
– Conditions actuelles et futures (nouvelle figure)



17.2.3 Secteur de la Romaine-2

17.2.3.1 Réservoir (PK 155,0-90,3)

Comme dans le cas des réservoirs de la Romaine 4 et de la Romaine 3, la température de l'eau du réservoir de la Romaine 2 présentera une stratification verticale en hiver et en été, avec une isothermie à 4 °C au printemps et à l'automne.

En hiver, la température de l'eau sera de 0 °C au point de contact entre l'eau et la glace. Au-dessous, il y aura une première couche de 10 à 15 m d'épaisseur, alimentée principalement par l'eau du réservoir de la Romaine 3, dont la température variera de 0,7 à 1,7 °C environ. Sous cette couche, la température de l'eau augmentera avec la profondeur : 1 °C entre 0,5 et 3 m, 3 °C entre 15 et 50 m, selon l'hiver, et de 3,5 à 3,9 °C dans la partie la plus profonde. À la fin d'avril ou au début de mai, la couverture de glace disparaîtra, et l'eau se réchauffera pour atteindre une température de 4 °C, uniforme sur la verticale.

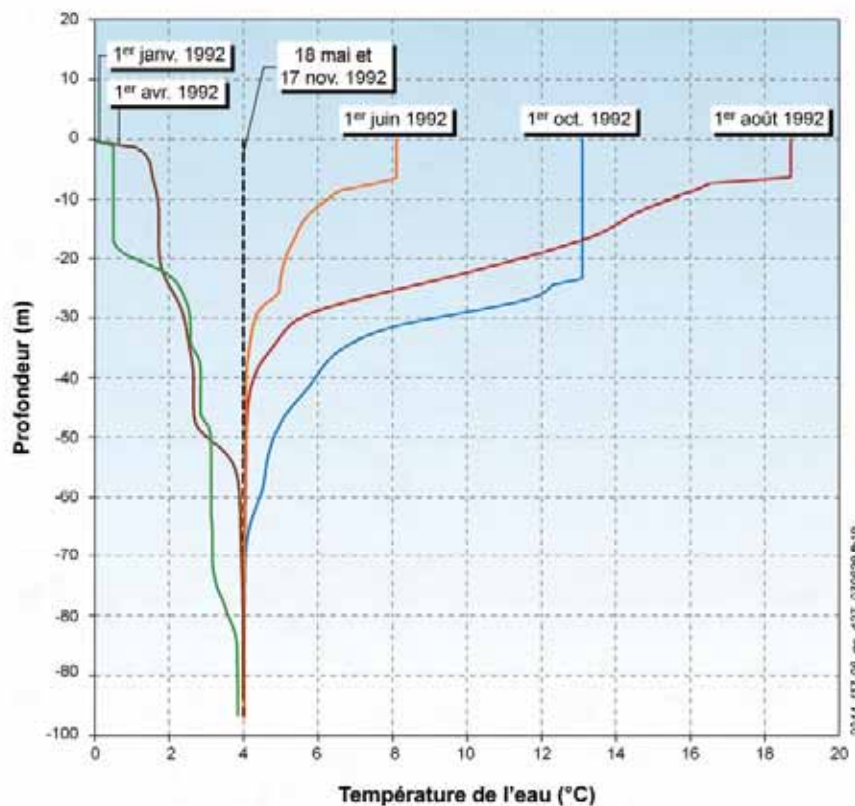
Après cette isothermie, le réchauffement se poursuivra et la stratification thermique estivale apparaîtra dès le début de juin. Durant la période la plus chaude, la température de l'eau sera relativement homogène dans la tranche supérieure de 6 à 10 m et culminera à la fin de juillet ou au début d'août à une valeur de 17 à 21 °C selon l'année. La moyenne de cette valeur de juin à septembre sera d'environ 16 °C. Sous la couche superficielle relativement uniforme, la température de l'eau ira en diminuant et se maintiendra entre 4 et 5 °C aux profondeurs de 30 m et plus.

Comme dans les réservoirs de la Romaine 4 et de la Romaine 3, de juin à septembre, des oscillations de masses d'eau causées par le vent pourront ramener la couche d'eau plus froide près de la surface et faire varier la température de l'eau du réservoir de la Romaine 2.

En septembre, le refroidissement de l'eau s'amorcera et s'accompagnera d'un approfondissement progressif de la couche superficielle du réservoir. L'eau atteindra une température de 4 °C, uniforme sur toute la profondeur, vers le 20 novembre. Après cette isothermie d'automne, le refroidissement de l'eau se limitera progressivement à une couche de plus en plus superficielle et ira en s'accéléralant avec la formation de la couverture de glace.

La figure 17-6 [*Réservoir de la Romaine-2 – Profils verticaux de température de l'eau*] montre les profils verticaux de température dans le réservoir projeté, à différentes périodes de l'année.

Figure 17-6 : Profils verticaux de température de l'eau du réservoir de la Romaine 2



17.2.3.2 Tronçon court-circuité (PK 90,3-83,7)

L'eau du tronçon court-circuité de la Romaine-2 proviendra des conduites intégrées à la base du coursier de l'évacuateur de crues, ou de l'évacuateur lui-même s'il y a déversement.

Au pied de l'évacuateur, l'eau se maintiendra au-dessus du point de congélation, entre 0,6 et 3 °C, de la mi-décembre à la mi-avril, avec une moyenne interannuelle de 1,4 à 1,7 °C et des fluctuations occasionnelles d'environ 0,5 °C. En parcourant le tronçon court-circuité, l'eau refroidira quelque peu et, de décembre à février, sa température s'établira près du point de congélation à la limite aval du tronçon.

Au printemps, le réchauffement de l'eau commencera un peu plus tôt, mais progressera plus lentement qu'en conditions actuelles. À partir de la fin de mai, l'eau restituée par l'évacuateur sera plus froide que celle de la rivière dans les conditions actuelles. À partir de la fin de mai également, l'eau présentera des fluctuations de température associées aux ondes internes du réservoir. Au pied de l'évacuateur, on pourra observer des valeurs transitoires de 4,5 à 10 °C au début de juin et de 5 à 15 °C à la fin de juin. En parcourant le tronçon court-circuité,

l'eau ira en se réchauffant et présentera de moins grandes fluctuations de température.

En été, la température de l'eau dans le tronçon court-circuité sera plus basse qu'en conditions actuelles et présentera une plage de variabilité plus grande. En général, au pied de l'évacuateur, l'écart par rapport aux conditions actuelles sera de 5 °C en juin, de 6 à 7 °C en juillet et de 4 °C en août ; cet écart variera d'année en année. À la fin d'août, la température de l'eau au pied de l'évacuateur culminera à 15 °C, soit environ 3 ou 4 °C de moins et un mois plus tard que dans les conditions actuelles. Des valeurs transitoires de 5 à 18 °C pourront également être atteintes à l'occasion en août. De juin à septembre, la température moyenne de l'eau sera d'environ 11 °C, soit 3,5 °C de moins qu'en conditions actuelles à cet endroit.

À partir de septembre, l'eau du tronçon court-circuité commencera à refroidir mais restera plus chaude qu'en conditions actuelles. Au pied de l'évacuateur, l'écart sera d'environ 1 à 2 °C en septembre et de 4 °C en octobre et novembre. La température d'hiver sera atteinte au début de décembre, à une date qui variera selon les années.

17.2.3.3 Canal de fuite (PK 83,7)

En hiver, de la mi-décembre à la mi-avril, l'eau restituée par le canal de fuite de la centrale se maintiendra au-dessus du point de congélation, entre 1 et 3 °C, avec une moyenne interannuelle d'environ 1,6 à 2 °C et des fluctuations occasionnelles d'environ 0,5 °C.

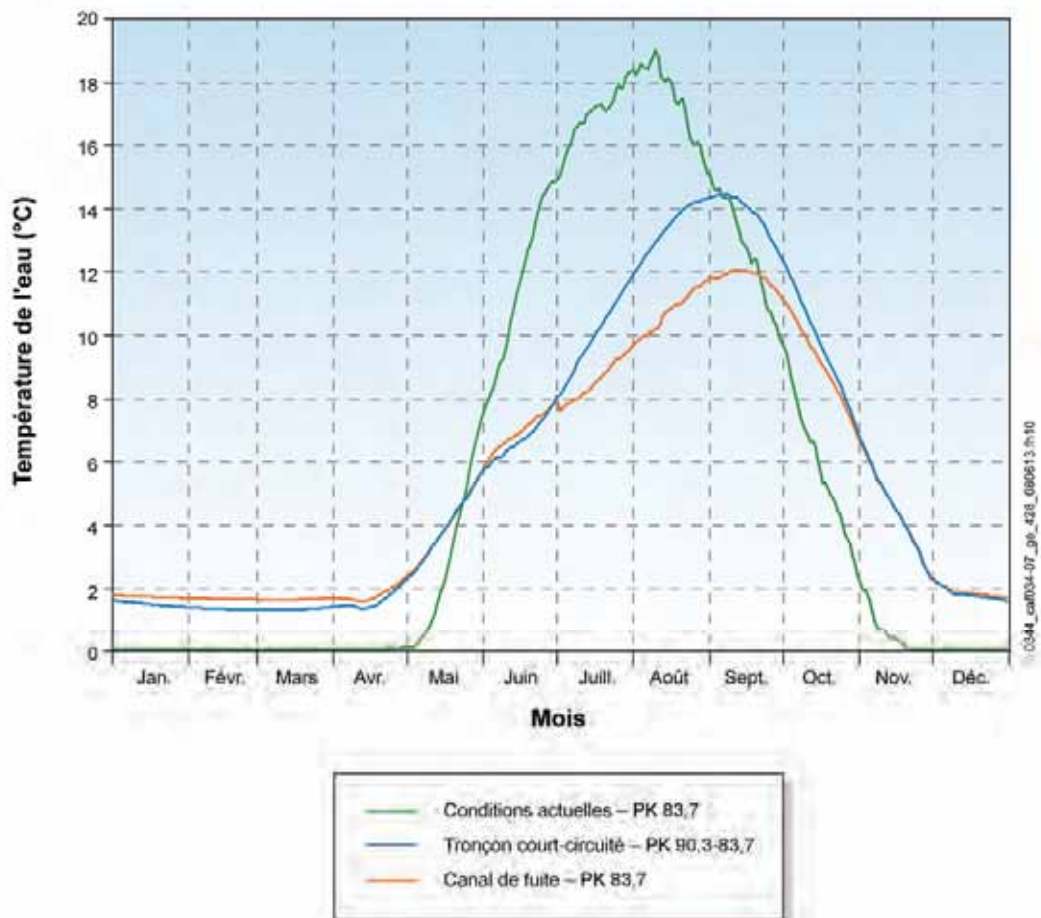
Au printemps, le réchauffement commencera un peu plus tôt qu'en conditions actuelles, mais progressera plus lentement. À partir de la fin de mai, l'eau restituée sera plus froide que l'eau de la rivière en conditions actuelles. À partir de la fin de mai également, l'eau présentera des fluctuations de température associées aux ondes internes du réservoir.

En été, la température de l'eau sera plus basse qu'en conditions actuelles et présentera une plage de variabilité plus grande. Généralement, l'écart par rapport aux conditions actuelles sera de 5 °C en juin, de 8 °C en juillet et de 7 °C en août ; cet écart variera d'année en année. À la mi-septembre, la température de l'eau du canal de fuite culminera autour de 12 °C, soit environ 6 °C de moins et un mois plus tard que dans les conditions actuelles. De juin à septembre, la température moyenne de l'eau sera d'environ 9 à 10 °C, soit 5 °C de moins qu'en conditions actuelles. À la sortie du canal de fuite, on observera des valeurs transitoires de 4,5 à 9 °C au début de juin, de 5 à 12 °C à la fin de juin et de 6 à 17 °C de juillet à septembre.

À partir du milieu de septembre, l'eau commencera à refroidir tout en restant plus chaude que dans les conditions actuelles. L'écart sera de 3 à 4 °C en octobre et novembre.

La figure 17-7 [Température de l'eau au PK 83,7 de la Romaine (canal de fuite de la Romaine-2) – Conditions actuelles et futures] compare les températures de l'eau actuelle et future au PK 83,7 de la Romaine, à la sortie du canal de fuite de la Romaine-2.

Figure 17-7 : Température de l'eau au PK 83,7 de la Romaine (canal de fuite de la Romaine-2) – Conditions actuelles et futures (nouvelle figure)



17.2.4 Secteur de la Romaine-1

17.2.4.1 Réservoir (PK 81,8-52,5)

Le réservoir de la Romaine 1 sera principalement alimenté par le réservoir de la Romaine 2, mais il bénéficiera également d'un apport important de la rivière Romaine Sud-Est lorsque celle-ci sera en crue. La moyenne mensuelle du débit de la Romaine Sud-Est pour le mois de mai est d'environ 50 m³/s.

Dans le tronçon compris entre la sortie du canal de fuite de la Romaine-2 (PK 83,7) et le PK 62, la vitesse d'écoulement de l'eau empêchera la stratification thermique, et le régime thermique sera similaire à celui du PK 83,7. En hiver, la température de l'eau baissera d'amont en aval : elle s'établira entre 1,6 et 2 °C au PK 83,7 et entre 0,5 et 2 °C au PK 62, selon le mois. La température de l'eau descendra jusqu'à 0°C au moment de froids plus intenses. À l'inverse, de mai et à septembre, l'eau se réchauffera en moyenne de 0,5 à 1,5 °C entre les PK 83,7 et 62.

Dans la partie du réservoir de la Romaine 1 qui se trouve entre les PK 62 et 52,5, il y aura une couche superficielle de 15 à 20 m d'épaisseur, alimentée par l'eau provenant de la centrale de la Romaine-2, dont la température variera entre 0 et 1,3 °C environ en fonction des conditions météorologiques des journées et des semaines précédentes. Durant l'hiver, de l'eau restera captive dans les 10 à 15 m les plus profonds du réservoir, à une température variant entre 1,8 et 3,7 °C d'une année à l'autre.

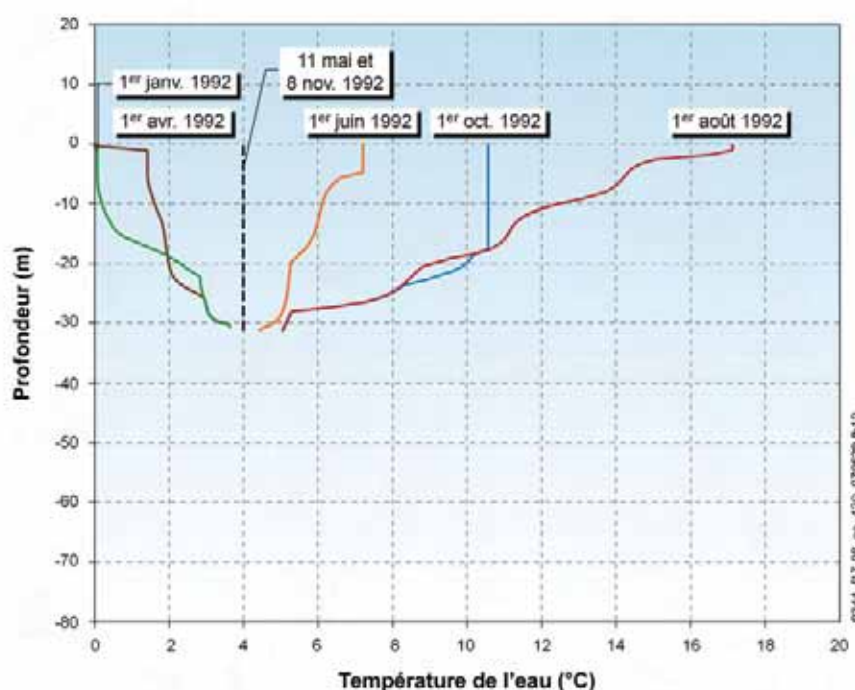
Au printemps, le réchauffement du réservoir correspondra au réchauffement de l'eau au PK 62, décrit ci-dessus. Le réchauffement débutera en avril. En mai, le réservoir deviendra isotherme pour une période prolongée pendant laquelle la température de l'eau passera d'environ 2,5 °C à environ 6,5 °C au PK 62. Il y aura une légère stratification près du fond qui isolera l'eau la plus profonde de l'eau en transit.

En juin, une certaine stratification thermique apparaîtra sous l'influence d'eau plus chaude en provenance de la centrale de la Romaine-2 et de la rivière Romaine Sud-Est. Durant l'été (de juin à septembre), l'eau qui traversera le réservoir occupera la couche superficielle de 15 à 20 m ; sa température passera d'environ 8 °C en moyenne au 1^{er} juin à 15 ou 16 °C au début d'août, puis baissera à environ 11 à 12 °C à la fin de septembre. L'eau sous-jacente restera captive, et sa température évoluera peu. Le réservoir de la Romaine 1 ne présentera pas d'ondes internes importantes pour la température de l'eau, contrairement aux autres réservoirs de la Romaine. En été, l'eau très près de la surface pourrait se réchauffer davantage, à l'occasion.

L'isothermie automnale débutera lorsque la température de l'eau s'établira entre 7 et 10 °C vers la fin d'octobre et se maintiendra à une température de 2,5 à 3 °C jusqu'aux premières périodes froides de la fin de novembre. La stratification thermique hivernale apparaîtra ensuite.

La figure 17-8 [Réservoir de la Romaine 1 – Profils verticaux de température de l'eau] montre les profils verticaux de température du réservoir projeté, à différentes périodes de l'année.

Figure 17-8 : Profils verticaux de température de l'eau du réservoir de la Romaine 1



17.2.4.2 Tronçon en aval de la centrale de la Romaine-1 (PK 51,5-0)

L'eau en aval de la centrale de la Romaine-1 proviendra du débit turbiné par la centrale et, parfois, du débit relâché par l'évacuateur de crues. La température de l'eau sera la même peu importe la provenance de l'eau.

En hiver, normalement, la température moyenne de l'eau variera entre 0,6 et 1,8 °C entre décembre et avril. Durant les hivers plus rigoureux, elle variera entre 0,1 et 1,3 °C, tandis que pendant les hivers cléments elle variera entre 1,4 et 2,8 °C.

La température de l'eau passera d'environ 3 °C au début de mai à 7 °C au début de juin, puis de 10 à 11 °C à la fin de juin. En été, la température de l'eau culminera autour de 13 °C en moyenne à la mi-août, soit environ 6 °C de moins et

environ une semaine plus tard que dans les conditions actuelles. La moyenne de la température de l'eau de juin à septembre sera d'environ 11,5 °C, comparativement à 14,5 °C en conditions actuelles. La température de l'eau ne variera pas aussi subitement qu'en aval des autres centrales. Une partie des fluctuations prévues immédiatement en aval de la centrale de la Romaine-1 résulteront des fluctuations de la température de l'eau du réservoir de la Romaine 2, amorties par le réservoir de la Romaine 1.

En septembre, le refroidissement de l'eau s'accroîtra, mais restera plus lent qu'en conditions actuelles. À partir de la mi-septembre en moyenne, l'eau issue du réservoir sera plus chaude que celle de la rivière en conditions actuelles. La température de l'eau passera sous 11 °C au début d'octobre, puis sous 6 °C au début de novembre, pour atteindre les conditions d'hiver à la fin de novembre.

D'amont en aval, la température de l'eau se rapprochera des conditions actuelles. Les températures de l'air plus élevées et le rayonnement solaire réchaufferont l'eau en été, alors que l'eau relativement chaude issue de la centrale en hiver refroidira vers l'aval, sous l'effet de l'air froid.

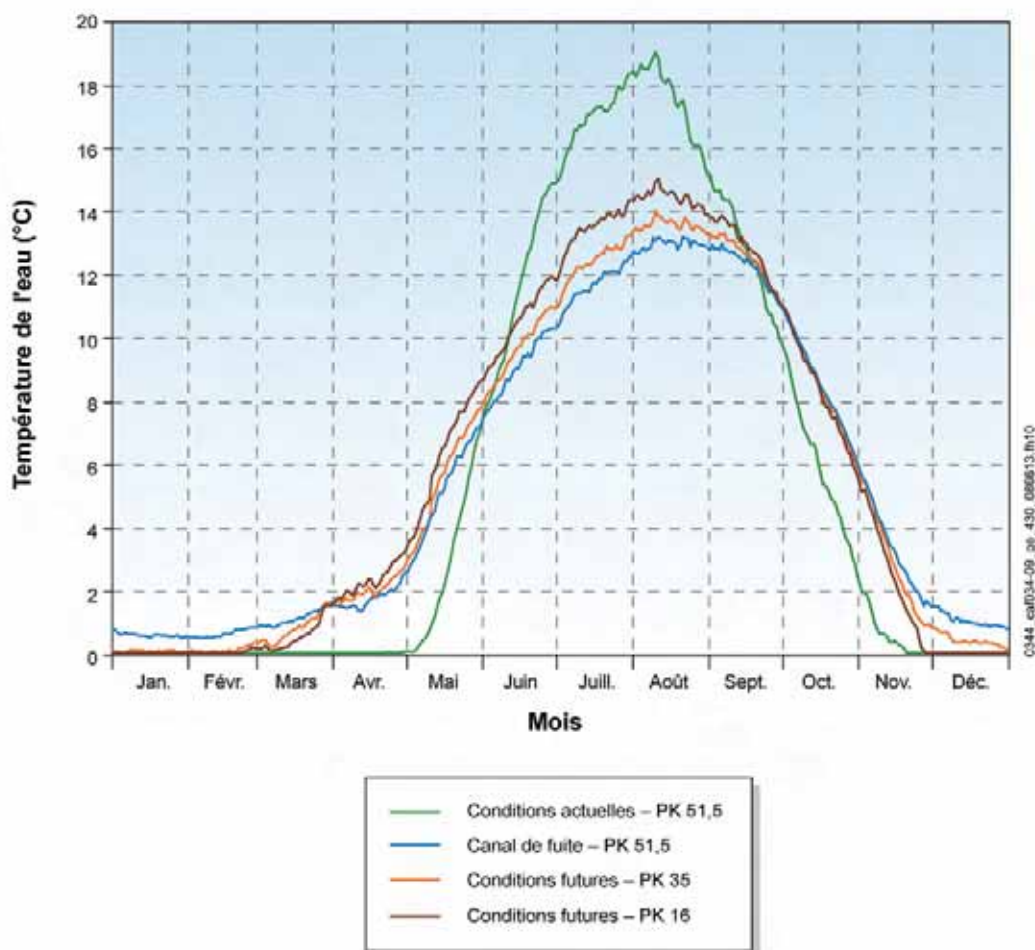
Dans les conditions futures, en janvier, le point de congélation sera habituellement atteint entre les PK 33 et 43 de la Romaine, selon la rigueur des conditions ambiantes et la température de l'eau à la sortie de la centrale de la Romaine-1. Au PK 35, la température moyenne de l'eau s'établira au point de congélation la plupart des années entre la fin de décembre et la fin de février ; au PK 16, elle restera au point de congélation la plupart des années du début de décembre à la mi-mars.

Au printemps, le réchauffement de l'eau débutera six semaines plus tôt que dans les conditions actuelles aux PK 16 et 35. Au début de mai, la température moyenne de l'eau dans ce tronçon sera supérieure d'environ 4 °C. Le réchauffement progressera cependant plus lentement, de sorte que les moyennes de température en conditions futures et actuelles se rejoindront autour de 7 °C le dernier jour de mai. Pour le reste du printemps et de l'été, l'eau sera plus froide qu'en conditions actuelles.

En été, la température de l'eau culminera en moyenne à peu près au même moment que dans les conditions actuelles, mais à une valeur inférieure de 5 °C. La moyenne de la température de l'eau de juin à septembre sera d'environ 12 °C au PK 35 et d'environ 13 °C au PK 16, soit respectivement 2,5 °C et 2 °C de moins que la moyenne de 14,5 °C en conditions actuelles. La température moyenne de septembre sera à peu près la même que dans les conditions actuelles, mais elle refroidira plus lentement de sorte que les températures d'octobre et de novembre seront plus élevées de 2 °C à 2,5 °C.

La figure 17-9 [Température de l'eau en aval de la centrale de la Romaine-1 – Conditions actuelles et futures] compare les températures de l'eau actuelle et future au PK 51,5 de la Romaine, à la sortie du canal de fuite de la Romaine-1.

Figure 17-9 : Température de l'eau en aval de la centrale de la Romaine-1 – Conditions actuelles et futures (nouvelle figure)



17.3 Modifications liées à la période d'exploitation transitoire

17.3.1 Exploitation de l'aménagement de la Romaine-2 seul et exploitation des aménagements de la Romaine-2 et de la Romaine-1

17.3.1.1 Réservoir de la Romaine 2 (PK 155,0-90,3)

De l'automne 2014 à l'automne 2016, l'aménagement de la Romaine-2 sera exploité en l'absence des réservoirs de la Romaine 3 et de la Romaine 4.

Durant cette période transitoire, le réservoir de la Romaine 2 sera le seul réservoir présent sur la Romaine. Il sera principalement alimenté par la rivière elle-même, non régularisée.

Le régime thermique du réservoir de la Romaine 2 pendant la période transitoire ressemblera à celui qui est prévu après la mise en exploitation des quatre centrales du complexe. Les deux régimes seront caractérisés par une stratification thermique en hiver et en été (voir la section 17.2 [*Modifications liées à la présence et à l'exploitation des aménagements*]). Quelques différences méritent toutefois d'être signalées.

En hiver, la température de l'eau de la rivière Romaine et des autres affluents du réservoir sera voisine du point de congélation et le débit de ces affluents sera en étiage. En conséquence, il y aura une couverture de glace sur l'ensemble du réservoir, y compris à la tête du réservoir. La température de l'eau sera de 0 °C au point de contact entre l'eau et la glace. Sous cette couche, la température de l'eau augmentera rapidement avec la profondeur et on retrouvera de l'eau plus chaude que 3 °C à des profondeurs de 20 m et plus. En période d'eau libre (sans couverture de glace), une température de 4 °C, uniforme sur la verticale, sera atteinte entre le milieu et la fin de mai. Le régime thermique estival sera semblable à celui qui sera obtenu par l'exploitation des quatre centrales. Le réservoir de la Romaine 2 présentera une couche superficielle relativement chaude sous laquelle se trouvera de l'eau devenant de plus en plus froide avec la profondeur ; aux profondeurs de 30 m et plus, la température de l'eau se maintiendra entre 4 °C et 5 °C.

17.3.1.2 Tronçon court-circuité de la Romaine-2 (PK 90,3-83,7)

La température de l'eau dans le tronçon court-circuité de la Romaine-2 sera semblable à ce qui est prévu après la mise en service du complexe. Toutefois, la température de l'eau en hiver sera d'environ 0,2 °C plus froide, mais elle demeurera au-dessus du point de congélation pendant toute la durée de l'hiver. En été, l'eau sera un peu plus chaude qu'avec les quatre aménagements ; elle atteindra une température de 16 °C, soit environ 2 ou 3 °C de moins que dans les conditions actuelles. Les variations de la température de l'eau qui surviennent au moment de grands vents, lorsque la couche d'eau plus froide du réservoir est ramenée près de la surface, se produiront dès la mise en service de la centrale de la Romaine-2.

17.3.1.3 Rivière Romaine en aval de la centrale de la Romaine-2 (PK 83,7-0)

La température de l'eau dans le canal de fuite de la Romaine-2 sera semblable, en période transitoire, à la température qui prévaudra pendant l'exploitation de la totalité du complexe. Toutefois, la température de l'eau en hiver sera d'environ 0,2 °C plus froide, mais elle demeurera au-dessus du point de congélation pendant

toute la durée de l'hiver. En été, la température culminera à 13,5 °C, soit une valeur un peu plus élevée qu'avec les quatre centrales ; cette température est d'environ 4 ou 5 °C plus basse que dans les conditions actuelles. Les variations de la température de l'eau qui surviennent au moment de grands vents, lorsque la couche d'eau plus froide du réservoir est ramenée près de la surface, continueront de se produire.

Le réchauffement de l'eau à partir du début d'avril et son refroidissement à partir de septembre se produiront au même rythme qu'avec les quatre aménagements.

Plus on avancera vers l'embouchure de la rivière, plus la température de l'eau se rapprochera des conditions actuelles. En hiver, l'eau de ce tronçon se refroidira vers l'aval. L'évolution de la température de l'eau et de la couverture de glace est décrite à la section 18.3 [*Régime des glaces / Modifications liées à la période d'exploitation transitoire*] portant sur le régime des glaces. Après la fonte de la couverture de glace, au début d'avril, jusqu'en septembre, l'eau se réchauffera vers l'aval. Au PK 50, la température atteindra en moyenne 13 °C le 1^{er} juillet et 14,5 °C le 1^{er} août. L'eau se réchauffera d'en moyenne 0,5 °C au PK 35.

17.3.2 Exploitation des aménagements de la Romaine-2 et de la Romaine-1

La centrale de la Romaine-1 entrera en service pendant l'hiver 2016-2017, durant lequel on procédera également au remplissage du réservoir de la Romaine 3. Le régime thermique durant cette période d'exploitation à deux centrales sera pratiquement le même qu'après la mise en service des quatre centrales. Tout au plus, l'eau restituée par la centrale de la Romaine-2 sera légèrement plus froide en hiver et légèrement plus chaude en été, mais les écarts ne dépasseront pas 1 °C.

17.3.3 Exploitation des aménagements de la Romaine-3, de la Romaine-2 et de la Romaine-1

Le complexe de la Romaine comptera trois centrales en exploitation pendant trois années (de 2017 à 2019). Durant cette période, le régime thermique de la Romaine dans le réservoir de la Romaine 3 et en aval sera semblable à celui qui prévaudra lorsque les quatre aménagements seront en service.

17.4 Modifications liées à la période de construction

Les activités de construction ne modifieront pas de façon notable le régime thermique de la Romaine. En dehors de la période de crue, le rehaussement du niveau d'eau à l'entrée des galeries de dérivation n'est pas suffisant pour qu'une stratification thermique se produise. La température de l'eau ne sera donc pas modifiée du fait de la dérivation. Le rehaussement du niveau pourra être plus important en crue, mais il s'agit de la période où les plans d'eau sont isothermes.

Le rehaussement du niveau n'aura donc pas d'effet sur la température de l'eau sortant des galeries de dérivation.

**CA-34.2 Modifications aux chapitres 7 et 8
de l'étude sectorielle sur le régime thermique**

7 Régime thermique des aménagements Romaine-4 et Romaine-3

7.1 Réservoir Romaine-4

7.1.1 Description

La création du réservoir de Romaine 4 provoquera un rehaussement du niveau d'eau d'environ 80 m au-dessus du niveau actuel de la rivière Romaine, au site du barrage. L'exutoire principal du réservoir est la prise d'eau de la centrale. Elle est reliée au réservoir par une tranchée à surface libre dont la profondeur à l'embouchure varie entre environ 10 m et 25 m selon le niveau du réservoir. Globalement, le temps de renouvellement de l'eau du réservoir sera d'environ six mois. La vitesse d'écoulement moyenne y sera lente.

7.1.2 Tableaux et diagrammes

La Planche 6 et le Tableau 12 présentent la température de l'eau de la nappe superficielle flottant sur la partie profonde du réservoir.

Les valeurs présentées pour la température de l'eau de la nappe superficielle sont sujettes à une certaine caution. En été (entre l'isothermie du printemps et celle de l'automne), cette nappe se déplace sous l'effet du vent et laisse de l'eau plus froide apparaître en surface. Ainsi, en un point donné du réservoir, la température de l'eau peut s'écarter de celle du tableau; dans ce cas, elle est plus froide. Ainsi, la moyenne ressentie en un point fixe de la berge sera plus froide que la valeur donnée au tableau parce qu'une telle moyenne sera calculée sur une durée présentant des intervalles où la température de l'eau est proche de la moyenne, et d'autre où la température de l'eau est plus froide.

La Planche 6 présente également quelques profils verticaux de la température de l'eau pour une année-type.

La Planche 7 présente la température de l'eau au sein du réservoir Romaine-4 pour trois années désignées comme *chaude*, *médiane* ou *froide*.

La désignation de certaines années comme étant *chaude*, *médiane* ou *froide* est basée sur la température de l'eau obtenue par calcul pour le canal de fuite de la centrale de Romaine-2 de mai à novembre. Les années ont été choisies par inspection des diagrammes de la Planche 14.

Rapport HQ-DPPE-HG-RA-2006-0034-03
Dossier HQ-DPPE-HG-DS-2004-0017-07-31

Les années ainsi retenues sont:

<u>Désignation</u>	<u>Année</u>	<u>Remarque</u>
<u>Année chaude</u>	<u>1999</u>	<u>La température de l'eau au canal de fuite de la centrale Romaine-2 y est la plus chaude de toutes les années sur toute la durée de la période de mai à novembre sauf pour octobre, où l'année 2000 a été la plus chaude.</u>
<u>Année médiane</u>	<u>1997</u>	<u>La température de l'eau du canal de fuite de RO-2 y a collé à la médiane à $\pm 0,5$ °C sur toute l'année.</u>
<u>Année froide</u>	<u>1990</u>	<u>La température de l'eau y est la plus froide de toutes les années de mai à novembre sauf pour octobre, où 1993 est plus froid d'environ 1 °C.</u>

La Planche 8 présente la température de l'eau aux exutoires du réservoir Romaine-4.

Sur les diagrammes de température de l'eau de la Planche 8 :

- le trait gras, à tirets, et noir est le tracé de la médiane journalière sur la période représentée (1984 – 2003);
- le trait gras, continu et bleu foncé est la moyenne journalière;
- les traits fins, continus, en bleu pâle sont les séries annuelles de la valeur journalière sans prise en compte de la présence d'ondes internes devant la prise d'eau;
- les traits fins, à tirets, en noir qui enveloppent les autres par le bas et par le haut sont les minima et maxima instantanés que la température de l'eau aurait pu atteindre si la présence d'ondes internes avait causé un déplacement vertical du profil vertical de la température de l'eau devant le seuil du canal d'amenée avec une amplitude de 3 m (6 m crête-à-crête) en présence d'un couvert de glace et de 8 m (16 m crête-à-crête) durant le reste de l'année.

Le Tableau 12 présente les moyennes mensuelles de la température de l'eau ainsi que la moyenne estivale, calculée à l'aide des mois de juin à septembre inclusivement.

Le tableau présente la médiane plutôt que la moyenne. Il a été fait pour permettre de loger plus d'information en quelques lignes. La médiane et la moyenne présentent la même valeur à quelques dixièmes de °C près. Le choix de retenir la médiane est quelque peu arbitraire.

Rapport HQ-DPPE-HG-RA-2006-0034-03
Dossier HQ-DPPE-HG-DS-2004-0017-07-31

7.1.3 Régime thermique

Dans le réservoir Romaine-4, la température de l'eau présentera une stratification verticale de type dimyctique, c'est-à-dire avec une stratification thermique en hiver, une isothermie printanière à 4 °C, une stratification thermique en été et une seconde isothermie à 4 °C à l'automne.

Durant l'hiver, il y aura un couvert de glace sur l'ensemble du réservoir. Son épaisseur culminera en mars à 0,8 à 1 m. La température de l'eau sera de 0 °C au contact entre l'eau et la glace. Au-dessous, la température de l'eau augmente avec la profondeur; elle atteint 3 °C vers 20 à 50 m de profondeur selon l'hiver et de 3,3 à 3,8 °C dans la partie la plus profonde. En mai, l'eau se réchauffera rapidement et une température de 4 °C, uniforme sur la verticale, sera de nouveau atteinte avant la fin de mai.

Après cette isothermie, le réchauffement se poursuivra et s'accompagnera de l'apparition de la stratification thermique estivale. Durant la période la plus chaude, la température de l'eau sera relativement homogène sur la tranche supérieure de 10 m et culminera en fin de juillet ou au début d'août à une valeur de 16 à 20 °C selon l'année. La moyenne de cette valeur sur la période des mois de juin à septembre sera d'environ 15 °C. Sous la couche superficielle relativement uniforme, la température de l'eau diminue lorsque la profondeur augmente et se maintient à entre 4 et 5 °C aux profondeurs de 40 m et plus.

Durant la période de juin à septembre, les variations d'intensité et de direction du vent ont pour effet de déplacer horizontalement la couche superficielle d'eau du réservoir. Ceci engendre des inhomogénéités de l'épaisseur de la couche superficielle. Les inhomogénéités se propagent sous forme d'ondes internes. Ceci entraîne des fluctuations de la température de l'eau qui s'observe entre la surface et une profondeur de 20 à 30 m. De l'eau dont la position d'équilibre se trouve à des profondeurs de 10 à 30 m peut faire surface de sorte que la température observable devient à ce moment nettement plus froide que celle de l'eau superficielle.

En septembre, le refroidissement de l'eau s'amorce et s'accompagne d'un approfondissement progressif de la couche superficielle du réservoir. L'atteinte de la température de 4 °C, uniforme sur toute la profondeur, survient vers le 1er novembre en moyenne. Après cette isothermie d'automne, le refroidissement de l'eau se limite progressivement à une couche de plus en plus superficielle et s'accélère tandis que la formation du couvert de glace s'amorce. Lorsque le couvert de glace est complet, en fin de novembre ou au début de décembre, on retrouve la situation d'hiver déjà décrite plus haut.

Rapport HQ-DPPE-HG-RA-2006-0034-03
Dossier HQ-DPPE-HG-DS-2004-0017-07-31

7.2 Tronçon court-circuité par l'aménagement de la Romaine 4 (PK 190,3 à 191,9)

7.2.1 Description

Le barrage se trouvant au PK 191,9 et le canal de fuite de la centrale se trouvant au PK 190,3, il reste entre les deux un tronçon court-circuité de 1,6 km qui se trouve hors du trajet principal du débit de la Romaine. L'eau de ce tronçon de rivière proviendra de l'évacuateur de crue. Elle passera par les vannes principales lorsqu'il devra y avoir déversement, et par l'ouvrage de débit réservé intégré à l'évacuateur de crue pour le reste du temps. Dans les deux cas, l'eau du réservoir emprunte un canal d'amenée formée en tranchée à surface libre dont la profondeur varie entre approximativement entre 2 et 16 m selon le niveau du réservoir.

7.2.2 Régime thermique

La Planche 8 présente la température de l'eau passant par l'évacuateur en tant que débit réservé et en tant que débit évacué, les limites minimales et maximales.

En hiver, au pied de l'évacuateur, l'eau se maintiendra légèrement au-dessus du point de congélation, entre 0,5 et 1 °C de la mi-novembre à la mi-avril; elle présentera des fluctuations occasionnelles qui la feront baisser à la moitié et monter au double de sa valeur habituelle d'un hiver donné. En parcourant le tronçon court-circuité, l'eau se refroidira quelque peu; en décembre, janvier et février, elle se refroidira suffisamment pour se retrouver près du point de congélation avant de quitter le tronçon.

Au printemps, le réchauffement de l'eau commencera un peu plus tôt qu'en rivière mais il progressera plus lentement et il atteindra à peu près la même température au début de juin. À partir du début de juin, l'eau présentera des fluctuations de température associées aux ondes internes du réservoir. Des valeurs transitoires de 5 à 15 °C pourront se présenter à la mi-juin.

En été, la température de l'eau dans le tronçon court-circuité ressemblera à celle de l'état naturel en termes de moyennes mais elle présentera une plage de variabilité plus grande. La moyenne de température de l'eau culminera vers 17 °C en été en fin de juillet et au début d'août, comme dans les conditions actuelles. Des valeurs transitoires atteignant 7 à 20 °C pourront également se présenter à l'occasion. De juin à septembre, la température moyenne de l'eau sera d'environ 13 °C, ce qui est à toute fin la même température qu'à l'état naturel à cet endroit.

À partir de septembre, l'eau du tronçon court-circuité se refroidira un peu plus lentement qu'à l'état naturel. Au pied de l'évacuateur, l'eau sera de 1 à 2 °C plus chaude qu'à l'état naturel en septembre et octobre. La température d'hiver est atteinte avec la formation du couvert de glace sur le réservoir, en moyenne à la mi novembre, à une date qui varie selon les années.

7.3 Canal de fuite de l'aménagement de la Romaine-4 (PK 190,3)

7.3.1 Description

L'eau émise par le canal de fuite de la centrale au PK 190,3 est soutirée du réservoir par un canal d'amenée construit en tranchée dans la berge du réservoir; elle provient d'un éventail de profondeurs qui met à contribution l'eau superficielle du réservoir ainsi que l'eau à mi-profondeur. La température de l'eau provenant de la centrale présente alors une valeur supérieure au point de congélation en hiver, et inférieure à celle de l'eau superficielle du réservoir en été.

7.3.2 Régime thermique

La Planche 8 présente la température moyenne de l'eau sortant de la future centrale, les limites minimales et maximales.

En hiver, l'eau tirée du réservoir présentera une température de 1 à 1,5 °C avec des fluctuations d'environ 0,5 °C par rapport à la valeur habituelle d'un hiver donné. Il est possible que la température de l'eau atteigne 2 °C lors de certains hivers.

Au printemps, le réchauffement de l'eau débute à la fin d'avril ou au début de mai. À la fin de mai, la température atteint de 5 à 8 °C et elle commence à présenter des fluctuations occasionnelles entre 4,5 et 11 °C. La température de l'eau émise augmente progressivement jusqu'à la mi-août. En août, la moyenne journalière interannuelle culmine à environ 12,5 °C; les moyennes mensuelles d'août se distribuent autour de 12 °C, entre environ 9,5 °C et 13,5 °C (valeurs arrondies tirées du Tableau 12). Elle peut présenter des fluctuations de quelques heures à plusieurs jours à des valeurs s'étendant entre 6 et 18 °C. Sur l'intervalle de juin à septembre, la moyenne interannuelle sera voisine de 10,5 °C.

Supprimé : 7

Supprimé : 10

Supprimé : atteint alors de 12 à 15 °C en moyenne et

Supprimé : multi

Supprimé : 11

Le refroidissement automnal se fait principalement sentir à partir de la mi-septembre alors que la température de l'eau se trouve entre 11 et 14 °C et peut fluctuer entre 8 et 16 °C. Les fluctuations deviennent rares en septembre puis disparaissent en octobre. Au cours du refroidissement automnal, l'eau émise est en moyenne un peu plus chaude que l'eau de la rivière; la valeur d'hiver est atteinte vers la mi novembre, à une date qui varie selon les années.

Supprimé : en moyenne à

7.4 Réservoir Romaine-3

7.4.1 Description

La création du réservoir Romaine-3 entraîne le rehaussement du plan d'eau d'environ 78 m en son point le plus profond. Comme pour le réservoir Romaine-4, décrit plus haut, l'exutoire principal du réservoir est la prise d'eau de la centrale qui est reliée au réservoir

Rapport HQ-DPPE-HG-RA-2006-0034-03
Dossier HQ-DPPE-HG-DS-2004-0017-07-31

par une tranchée à surface libre dont la profondeur varie entre environ 13 et 25 m selon le niveau du réservoir. Globalement, le temps de renouvellement de l'eau du réservoir Romaine-3 est de trois mois et la vitesse d'écoulement moyenne y est lente.

7.4.2 Tableaux et diagrammes

La Planche 9 présente la température de l'eau au sein du réservoir Romaine-3 pour trois années choisies en fonction de la température moyenne de l'eau aux exutoires en juillet.

La Planche 10 présente les profils verticaux de température dans le futur réservoir Romaine-3, à différentes périodes de l'année, pour quelques dates d'une année-type.

La Planche 11 présente la température de l'eau aux exutoires du réservoir Romaine-3.

Le Tableau 13 présente les moyennes mensuelles et d'été (juin à septembre inclusivement) de la température de l'eau dans le réservoir (nappe superficielle et nappe profonde) et aux deux exutoires.

7.4.3 Régime thermique

Comme pour le réservoir Romaine-4, la température de l'eau du réservoir Romaine-3 présentera une stratification verticale de type dimyctique, c'est-à-dire avec une stratification thermique en hiver, une isothermie printanière à 4 °C, une stratification thermique en été et une seconde isothermie à 4 °C à l'automne.

Durant l'hiver, il y aura un couvert de glace sur l'ensemble du réservoir sauf à la limite d'amont où arrive l'eau chaude de Romaine-4 et près de la prise d'eau de la centrale. La circulation de l'eau provenant de Romaine-4 pourra entraîner l'apparition de zones de glace mince et d'ouvertures de faible étendue dans le réservoir Romaine-3. Ailleurs, l'épaisseur du couvert de glace culminera en mars à 0,6 à 1 m. La température de l'eau sera de 0 °C au contact entre l'eau et la glace. Au-dessous, la température de l'eau augmentera avec la profondeur. Elle atteindra 1 °C à faible profondeur (de 0,5 à 3 m). Elle atteindra 3 °C à une profondeur pouvant varier selon les années entre 15 et 50 m selon l'hiver. Elle atteindra de 3,5 à 3,9 °C dans la partie la plus profonde.

Supprimé : dans le réservoir

En mai, le couvert de glace disparaîtra et l'eau se réchauffera jusqu'à l'atteinte de la température de 4 °C, uniforme sur la verticale. Après cette isothermie, le réchauffement se poursuivra et s'accompagnera de l'apparition de la stratification thermique estivale dès le début de juin.

Durant la période la plus chaude, la température de l'eau de la nappe superficielle du réservoir sera relativement homogène sur la tranche supérieure de 10 m et culminera en fin de juillet ou au début d'août à une valeur de 17 à 21 °C selon l'année. La moyenne de cette valeur sur la période des mois de juin à septembre sera d'environ 15 °C. Sous la couche superficielle relativement uniforme, la température de l'eau diminue lorsque la profondeur augmente et se maintient à entre 4 et 5 °C aux profondeurs de 40 m et plus.

Supprimé : 15

Supprimé : 19

Supprimé : 14 à

Rapport HQ-DPPE-HG-RA-2006-0034-03
Dossier HQ-DPPE-HG-DS-2004-0017-07-31

Comme pour le réservoir Romaine-4, durant la période de juin à septembre, les variations d'intensité et de direction du vent ont pour effet de déplacer horizontalement la couche superficielle d'eau du réservoir. Ceci engendre des fluctuations de son épaisseur dans le réservoir. Les fluctuations d'épaisseur de la couche superficielle se propagent sous forme d'ondes internes et entraînent des fluctuations de la température de l'eau qui s'observe aux profondeurs inférieures à environ 25 m. De l'eau dont la position d'équilibre se trouve à des profondeurs de 10 à 30 m peut faire surface de sorte que la température observable devient à ce moment nettement plus froide que celle de l'eau superficielle.

En septembre, le refroidissement de l'eau s'amorce et s'accompagne d'un approfondissement progressif de la couche superficielle du réservoir. L'atteinte de la température de 4 °C, uniforme sur toute la profondeur, survient vers le 15 novembre en moyenne. Après cette isothermie d'automne, le refroidissement de l'eau se limite progressivement à une couche de plus en plus superficielle et s'accélère tandis que la formation du couvert de glace s'amorce. Lorsque le couvert de glace est complet, en fin de novembre ou au début de décembre, on retrouve la situation d'hiver déjà décrite plus haut.

7.5 Tronçon court-circuité par l'aménagement de la Romaine-3 (PK 155,0 à 158,4)

7.5.1 Description

Le barrage se trouvant au PK 158,4 et le canal de fuite de la centrale se trouvant au PK 155, il reste entre les deux un tronçon court-circuité de 3,4 km qui se trouve hors du trajet principal du débit de la Romaine. L'eau de ce tronçon de rivière proviendra de l'évacuateur de crue. Elle passera par les vannes principales lorsqu'il devra y avoir déversement, et par l'ouvrage de débit réservé intégré à l'évacuateur de crue pour le reste du temps. Dans les deux cas, l'eau du réservoir emprunte un canal d'amenée formée en tranchée à surface libre dont la profondeur varie entre approximativement entre 5 et 17 m selon le niveau du réservoir.

7.5.2 Régime thermique

En hiver, au pied de l'évacuateur, l'eau se maintiendra au-dessus du point de congélation, entre 0,5 et 1,5 °C de la mi décembre à la mi avril, elle présentera des fluctuations occasionnelles d'environ $\pm 0,5$ °C. En parcourant le tronçon court-circuité, l'eau se refroidira quelque peu; en décembre, janvier et février, elle se refroidira suffisamment pour se retrouver près du point de congélation avant de quitter le tronçon.

Au printemps, le réchauffement de l'eau commencera un peu plus tôt qu'en rivière mais il progressera plus lentement et il atteindra à peu près la même température en fin de mai. À partir de la fin de mai, l'eau présentera des fluctuations de température associées aux

Rapport HQ-DPPE-HG-RA-2006-0034-03
Dossier HQ-DPPE-HG-DS-2004-0017-07-31

ondes internes du réservoir. Des valeurs transitoires de 6 à 14 °C pourront se présenter à partir de la mi-juin.

En été, la température de l'eau dans le tronçon court-circuité sera en moyenne environ 2 °C plus froide que celle de l'état naturel; elle présentera une plage de variabilité plus grande. La moyenne de température de l'eau culminera vers 15 °C à la mi août, ce qui sera environ 2 °C plus froid et environ deux semaines plus tard que dans les conditions actuelles. Des valeurs transitoires atteignant 8 à 18 °C pourront également se présenter à l'occasion en août. La moyenne estivale (de juin à septembre) de la température de l'eau sera d'environ 12,5 °C, ce qui est moins que 1 °C plus froid qu'à l'état naturel à cet endroit.

Supprimé : D
Supprimé : ,
Supprimé : moyenne
Supprimé : environ

À partir de septembre, l'eau du tronçon court-circuité se refroidira un peu plus lentement qu'à l'état naturel. Au pied de l'évacuateur, elle sera environ 2 °C plus chaude que celle de la rivière à l'état naturel en septembre, octobre et novembre. La température d'hiver est atteinte avec la formation du couvert de glace sur le réservoir, en moyenne à la fin de novembre ou au début de décembre, à une date qui varie selon les années.

7.6 Canal de fuite de l'aménagement de la Romaine-3 (PK 155,0)

7.6.1 Description

L'eau émise par le canal de fuite de la centrale au PK 155,0 est soutirée du réservoir par un canal d'amenée construit en tranchée dans la berge du réservoir; elle provient d'un éventail de profondeurs qui met à contribution l'eau superficielle du réservoir ainsi que l'eau à mi-profondeur. La température de l'eau provenant de la centrale présente alors une valeur supérieure au point de congélation en hiver, et inférieure à celle de l'eau superficielle du réservoir en été.

7.6.2 Régime thermique

En hiver, l'eau tirée du réservoir maintiendra au-dessus du point de congélation, entre 0,7 et 1,7 °C de la mi décembre à la mi avril; elle présentera des fluctuations occasionnelles d'environ ±0,7 °C. Il est possible que la température de l'eau se maintienne près de 2 °C lors de certains hivers.

Supprimé : Le calcul a montré que la température de l'eau issue de la centrale est très voisine de celle qui provient de l'évacuateur, en termes de moyennes mensuelles et en termes de variabilité sous l'effet des ondes internes du réservoir.

Supprimé : à environ
Supprimé : 14
Supprimé : à partir de la mi-juin
Supprimé : En
Supprimé : été,
Supprimé : en moyenne
Supprimé : ; elle présentera
Supprimé : La
Supprimé : 15
Supprimé : 2

Au printemps, le réchauffement de l'eau commencera un peu plus tôt qu'en rivière mais il progressera plus lentement et il atteindra à peu près la même température en fin de mai. À partir de la fin de mai, l'eau présentera des fluctuations de température associées aux ondes internes du réservoir. À la mi-juin, la température moyenne sera voisine de 9 à 10 °C et des valeurs transitoires de 6 à 13 °C pourront se présenter,

La moyenne d'été de la température de l'eau du canal de fuite sera environ 2 °C plus froide que celle de l'état naturel. Les valeurs journalières présenteront une plage de variabilité plus grande. En moyenne la valeur journalière de la température de l'eau culminera vers 13 °C à la mi août, ce qui sera environ 4 °C plus froid et environ deux semaines plus tard

Rapport HQ-DPPE-HG-RA-2006-0034-03
Dossier HQ-DPPE-HG-DS-2004-0017-07-31

que dans les conditions actuelles. Des valeurs transitoires atteignant 8 à 18 °C pourront également se présenter à l'occasion en août. La moyenne d'été (juin à septembre) de la température de l'eau sera d'environ 11 °C, ce qui est environ 2 °C plus froid qu'à l'état naturel à cet endroit.

Supprimé : De juin à septembre.

Supprimé : moyenne

Supprimé : 12

Supprimé : 1

À partir de septembre, l'eau du canal de fuite se refroidira un peu plus lentement qu'à l'état naturel. Au pied de l'évacuateur, elle sera environ 2 °C plus chaude que celle de la rivière à l'état naturel en septembre, et environ 3 °C plus chaude en octobre et novembre. La température d'hiver est atteinte au canal de fuite de Romaine-3 avec la formation du couvert de glace sur la partie profonde du réservoir, vers le début de décembre, à une date qui varie selon les années.

Supprimé : le

Supprimé : en moyenne à la fin de novembre ou

Supprimé : au

Rapport HQ-DPPE-HG-RA-2006-0034-03
Dossier HQ-DPPE-HG-DS-2004-0017-07-31

8 Régime thermique de l'aménagement Romaine-2 et de son aval

Ce chapitre porte sur le régime thermique à Romaine-2 et en aval.

8.1 Réservoir Romaine-2

8.1.1 Description

La création du réservoir Romaine-2 entraîne le rehaussement du plan d'eau de près de 95 m en son point le plus profond. Globalement, le temps de renouvellement de l'eau du réservoir Romaine-2 est de cinq mois et la vitesse d'écoulement moyenne y est lente.

L'exutoire principal du réservoir est la prise d'eau de la centrale qui est reliée au réservoir par un canal d'amenée qui est une tranchée à surface libre. La profondeur du canal varie entre environ 24 et 29 m selon le niveau du réservoir.

8.1.2 Tableaux et diagrammes

La Planche 12 présente les profils verticaux de température dans le futur réservoir Romaine-2 pour quelques dates d'une année-type.

La Planche 13 présente la température de l'eau en fonction du temps sous forme d'isothermes au sein du réservoir Romaine-2 pour trois années; les années ont été choisies en fonction de la température moyenne de l'eau aux exutoires en juillet.

Le Tableau 14 présente les moyennes mensuelles et estivales (juin à septembre) de la température de l'eau dans le réservoir.

8.1.3 Régime thermique

Comme pour les réservoirs Romaine-4 et Romaine-3, la température de l'eau du réservoir Romaine-2 présentera une stratification verticale de type dimyctique, c'est-à-dire avec une stratification thermique en hiver, une isothermie printanière à 4 °C, une stratification thermique en été et une seconde isothermie à 4 °C à l'automne.

Rapport HQ-DPPE-HG-RA-2006-0034-03
Dossier HQ-DPPE-HG-DS-2004-0017-07-31

Durant l'hiver, il y aura un couvert de glace sur l'ensemble du réservoir sauf à la limite d'amont où arrive l'eau chaude de Romaine-3 et près de la prise d'eau de la centrale. La circulation de l'eau de Romaine-3 dans le réservoir Romaine-2 entraînera l'apparition de nombreuses zones de glace mince et d'ouvertures de faible étendue. Ailleurs, l'épaisseur du couvert de glace culminera en mars à 0,6 à 0,8 m. La température de l'eau sera de 0 °C au contact entre l'eau et la glace. Au-dessous, il y aura une première couche de 10 à 15 m d'épaisseur, principalement occupée par l'eau arrivant de Romaine-3, et dont la température variera de 0,6 à 1,8 °C environ. Au-dessous de celle-ci, la température de l'eau augmentera avec la profondeur. Elle atteindra 3 °C à une profondeur pouvant varier selon les années entre 15 et 50 m. Elle atteindra de 3,5 à 3,9 °C dans la partie la plus profonde.

En fin d'avril ou au début de mai, le couvert de glace disparaîtra et l'eau se réchauffera jusqu'à l'atteinte de la température de 4 °C, uniforme sur la verticale. Après cette isothermie, le réchauffement se poursuivra et s'accompagnera de l'apparition de la stratification thermique estivale dès le début de juin.

Durant l'été, la température de l'eau sera relativement homogène sur la tranche supérieure de 6 à 10 m et culminera en fin de juillet ou au début d'août à une valeur de 17 à 21 °C selon l'année. La moyenne de cette valeur sur la période des mois de juin à septembre sera d'environ 16 °C. Sous la couche superficielle relativement uniforme, la température de l'eau diminue lorsque la profondeur augmente et se maintient à entre 4 et 5 °C aux profondeurs de 30 m et plus.

Comme pour les réservoirs Romaine-4 et Romaine-3, durant la période de juin à septembre, les variations d'intensité et de direction du vent ont pour effet de déplacer horizontalement la couche superficielle d'eau du réservoir. Ceci engendre des fluctuations de son épaisseur dans le réservoir. Les fluctuations d'épaisseur de la couche superficielle se propagent sous forme d'ondes internes et entraînent des fluctuations de la température de l'eau qui s'observe aux profondeurs inférieures à environ 25 m. De l'eau dont la position d'équilibre se trouve à des profondeurs de 10 à 30 m peut faire surface de sorte que la température observable devient à ce moment nettement plus froide que celle de l'eau superficielle. En septembre, le refroidissement de l'eau s'amorce et s'accompagne d'un approfondissement progressif de la couche superficielle du réservoir.

Durant l'automne, l'atteinte de la température de 4 °C, uniforme sur toute la profondeur, survient vers le 20 novembre en moyenne. Après cette isothermie d'automne, le refroidissement de l'eau se limite progressivement à une couche de plus en plus superficielle et s'accélère tandis que la formation du couvert de glace s'amorce. En fin de novembre ou au début de décembre, on retrouve la situation d'hiver déjà décrite plus haut.

Rapport HQ-DPPE-HG-RA-2006-0034-03
Dossier HQ-DPPE-HG-DS-2004-0017-07-31

8.2 Évacuateur de crue et tronçon court-circuité de Romaine-2 (PK 83,7 à 90,3)

8.2.1 Description

Le barrage Romaine-2 se trouve au PK 90,3 alors que le canal de fuite de la centrale se trouve au PK 83,7. Entre eux, l'ancien lit de la rivière forme un tronçon court-circuité qui se trouve désormais hors du trajet principal du débit de la Romaine. Ce trajet effectue quelques détours de sorte que sa longueur est de 6,6 km.

Le trajet court-circuité sera alimenté en permanence par un débit réservé provenant de conduites vannées intégrées à la base du coursier de l'évacuateur de crues; en présence de crues, le débit du tronçon court-circuité proviendra des vannes principales de l'évacuateur.

L'eau du réservoir parvient à l'évacuateur par un canal d'amenée dont la profondeur varie entre approximativement 18 et 23 m selon le niveau du réservoir.

8.2.2 Tableaux et diagrammes

La Planche 14 présente la température de l'eau aux exutoires du réservoir Romaine-2, incluant celle de l'évacuateur.

Le Tableau 14 présente les moyennes mensuelles et estivales (juin à septembre) de la température de l'eau aux exutoires.

8.2.3 Régime thermique, seuil du canal d'amenée de RO-2 à 215 m

Au pied de l'évacuateur, en hiver, de la mi décembre à la mi avril, la température de l'eau se maintiendra entre 0,6 et 3°C. Les moyennes mensuelles de janvier à mars varient d'une année à l'autre autour d'une médiane. La valeur de cette médiane varie entre 1,2 °C (février et mars), et 1,8 °C (janvier). Pour un hiver donné, la température de l'eau varie de façon progressive et peut présenter des fluctuations occasionnelles d'environ ±0,5 °C. En parcourant le tronçon court-circuité, l'eau se refroidira quelque peu; en décembre, janvier et février, elle se refroidira suffisamment pour se retrouver près du point de congélation à la confluence du tronçon et du cours principal de la Romaine. Le tronçon sera libre de glace sur une bonne partie de son parcours.

Supprimé : 4

Supprimé : 7

Au printemps, l'eau provenant de l'évacuateur commencera à se réchauffer un peu plus tôt que dans les conditions actuelles mais le réchauffement progressera plus lentement. À partir de la fin de mai, l'eau provenant de l'évacuateur sera plus froide que dans les conditions actuelles. À partir de la fin de mai également, l'eau présentera des fluctuations de température associées aux ondes internes du réservoir. Au pied de l'évacuateur, des valeurs transitoires de 4,5 à 10 °C pourront se présenter au début de juin, et de 5 à 13 °C à la fin de juin. Durant son parcours le long du tronçon court-circuité, l'eau se rapprochera

Supprimé : 15

Rapport HQ-DPPE-HG-RA-2006-0034-03
Dossier HQ-DPPE-HG-DS-2004-0017-07-31

d'un équilibre dynamique avec les conditions ambiantes; rendu à la confluence avec le cours principal, elle sera plus chaude et présentera de moins grandes fluctuations qu'au pied de l'évacuateur.

En été, la température de l'eau dans le tronçon court-circuité sera plus froide que celle des conditions actuelles et elle présentera une plage de variabilité plus grande. De façon typique, au pied de l'évacuateur, l'écart avec les conditions actuelles sera de 4 à 5 °C en juin, 6 à 7 °C en juillet et 4 °C en août; cet écart variera d'année en année. À la fin d'août, la température de l'eau du pied de l'évacuateur culminera vers 15 °C, ce qui sera environ 3 à 4 °C plus froid et environ un mois plus tard que dans les conditions actuelles. Des valeurs transitoires atteignant 5 à 18 °C pourront également se présenter à l'occasion en août. La moyenne de la température de l'eau sur l'été (de juin à septembre) sera d'environ 11 °C, ce qui est environ 3,5 °C plus froid que dans les conditions actuelles à cet endroit.

Supprimé : 12

Supprimé : 2

À partir de septembre, l'eau du tronçon court-circuité commencera à se refroidir mais restera plus chaude qu'en conditions actuelles. Au pied de l'évacuateur, la moyenne mensuelle de septembre sera environ 1 à 2 °C plus chaude que celle de la rivière à l'état naturel en septembre, 4 °C en octobre et en novembre. La température d'hiver est atteinte au début de décembre, à une date qui variera selon les années.

Supprimé : 4 à 5 °C

8.3 Canal de fuite de la centrale Romaine-2 (PK 83,7)

8.3.1 Description

La centrale Romaine-2 tire de l'eau du réservoir par un canal d'amenée construit en tranchée dans la berge du réservoir. Le canal d'amenée rejoint le réservoir par un seuil dont la cote est à 215 m. L'eau tirée par la centrale provient donc de la colonne d'eau se trouvant à l'amont immédiat du canal d'amenée. Sa température sera influencée par la stratification thermique de l'eau du réservoir, telle qu'elle se présente devant le canal d'amenée. C'est cette même eau qui est ensuite restituée au canal de fuite de la centrale, au PK 83,7.

Supprimé : ff
Rappel - Cette section porte sur le cas où le seuil du canal d'amenée de Romaine-2 est à la cote de 215 m.

8.3.2 Tableaux et diagrammes

La Planche 14 présente la température de l'eau aux exutoires du réservoir Romaine-2, incluant celle du canal de fuite.

Le Tableau 14 présente les moyennes mensuelles et estivales (juin à septembre) de la température de l'eau aux exutoires.

Rapport HQ-DPPE-HG-RA-2006-0034-03
Dossier HQ-DPPE-HG-DS-2004-0017-07-31

8.3.3 Régime thermique

En hiver, au canal de fuite, de la mi décembre à la mi avril, l'eau se maintiendra au-dessus du point de congélation, entre 1 et 3°C avec une moyenne interannuelle d'environ 1,8 à 2 °C; elle présentera des fluctuations occasionnelles d'environ $\pm 0,5$ °C.

Au printemps, le réchauffement de l'eau ressemblera à celui de l'eau de l'évacuateur; il commencera un peu plus tôt qu'en rivière et il progressera plus lentement. À partir de la fin de mai, l'eau du canal de fuite sera plus froide que celle de la rivière dans les conditions actuelles. À partir de la fin de mai également, l'eau présentera des fluctuations de température associées aux ondes internes du réservoir.

En été, la température de l'eau du canal de fuite sera plus basse que celle des conditions actuelles et elle présentera une plage de variabilité plus grande; elle sera aussi un peu plus basse qu'à l'évacuateur. La moyenne estivale (juin à septembre) sera de 9 à 10 °C, ce qui est de 4 à 5 °C plus bas que la valeur en rivière dans les conditions actuelles. Du point de vue de la moyenne mensuelle, l'écart avec les conditions actuelles sera de -5 °C en juin, -8 °C en juillet et -7 °C en août; cet écart variera d'année en année. En valeur journalière, la médiane culminera vers 12 °C en septembre, ce qui est environ 6 °C plus froid et environ 1 mois plus tard qu'en conditions actuelles en rivière. Au canal de fuite, des valeurs transitoires de 4,5 à 9 °C pourront se présenter au début de juin, et de 5 à 12 °C à la fin de juin et de 6 à 17 °C de juillet à septembre.

À partir du milieu de septembre, l'eau du canal de fuite commencera à se refroidir; ce refroidissement étant plus lent qu'en conditions actuelles, l'eau du canal de fuite deviendra plus chaude que celle des conditions actuelles. L'écart avec les conditions actuelles de la rivière sera d'environ 4 °C en octobre et en novembre. La température d'hiver est atteinte au début de décembre, à une date qui varie selon les années.

Supprimé : La moyenne mensuelle des mois d'août et de septembre se distribuera autour d'une médiane d'environ 12 °C.

Supprimé : -7

Supprimé : 6

Supprimé : La moyenne sur les quatre mois de juin à septembre se distribuera autour d'une valeur médiane d'environ 10,5 °C, ce qui est environ 4 °C plus froid que dans les conditions actuelles à cet endroit.

Supprimé : 3,5

Supprimé : jusqu'à 5 °C

8.4 Tronçon fluvial du réservoir Romaine-1

8.4.1 Description

Le réservoir Romaine-1 s'étend sur 33,2 km, du canal de fuite de la centrale Romaine-2 situé au PK 83,7 au barrage de Romaine-1 situé au PK 50,5. Le réservoir Romaine-1 est alimenté en eau principalement par le réservoir Romaine-2. L'affluent Romaine-Sud-Est ne contribue à une part significative du débit que durant la crue car dans cette situation, le débit à Romaine-2 est diminué de façon à ne pas avoir à le déverser sans production hydroélectrique à Romaine-1; la moyenne mensuelle du débit de mai de la Romaine-Sud-Est est d'environ 50 m³/s.

Le tronçon fluvial du réservoir Romaine-1 occupe les 22 km situés entre le PK 83,7 et le PK 62. Les conditions de l'écoulement (vitesse, nombre de Froude) y sont de type fluvial et aucune stratification thermique n'y est prévue.

Rapport HQ-DPPE-HG-RA-2006-0034-03
Dossier HQ-DPPE-HG-DS-2004-0017-07-31

8.4.2 Tableaux et diagrammes

La Planche 15 présente la température de l'eau dans le tronçon fluvial des PK 83,7 à 62 se trouvant à l'amont du réservoir Romaine-1. La Planche 15 présente également le tronçon fluvial situé à l'aval de Romaine-1, qui est décrit à la section 8.7 ci-dessous.

Le Tableau 15 présente les moyennes mensuelles et estivale (juin à septembre) de la température de l'eau au PK 62 qui est la limite d'aval du tronçon fluvial de Romaine-1.

8.4.3 Régime thermique

Dans le tronçon fluvial des PK 83,7 à 62, la température de l'eau passe progressivement de celle du canal de fuite de Romaine-2, déjà décrite plus haut, à celle du PK 62.

L'hiver est pris ici comme étant les mois de décembre à avril. En hiver, la médiane des moyennes mensuelles passe, selon le mois, de 1,8 à 2 °C au PK 83,7 à entre 0,5 et 2 °C au PK 62 (voir le Tableau 15). La température de l'eau descend au point de congélation à l'occasion des grands froids. Le tronçon fluvial ne présente habituellement pas de couvert de glace même s'il peut y avoir de la glace de rive. Par temps plus froid, l'eau atteint fréquemment le point de congélation peu avant d'arriver au PK 62; par temps très doux, elle conserve une température voisine de celle du PK 83,7 (voir la Planche 15). En janvier, typiquement, l'eau se refroidit d'environ 1,5°C durant son transit du PK 83,7 au PK 62. Ce refroidissement décroît en février, mars et avril car les conditions ambiantes deviennent progressivement moins rigoureuses.

Au printemps, le réchauffement de l'eau s'amorce en mai. De mai à août, au PK 62, la température de l'eau est en moyenne un peu plus chaude qu'au PK 83,7; l'eau se réchauffera en moyenne de 0,5 à 1,5 °C selon le mois. Septembre est un mois d'équilibre où l'eau reste à peu près à la même température le long du tronçon fluvial. En octobre et novembre, le refroidissement de l'eau du PK 62 par rapport au PK 83,7 s'accroît et atteint environ 1 °C en fin de novembre. Le régime d'hiver est établi en décembre.

Supprimé : l'écart moyen varie entre

8.5 Tronçon en lac du réservoir Romaine-1

8.5.1 Description

Le tronçon en lac du réservoir Romaine-1 occupe les 11 km d'aval de ce réservoir, du PK 62 au PK 50,5.

La profondeur et la largeur en eau y sont plus grandes qu'en amont et plus typiques de celles d'un réservoir. À l'amont immédiat du barrage Romaine-1 la profondeur atteint 31,7 m, correspondant au relèvement du niveau de l'eau de la cote 50,6 m dans les conditions actuelles à la cote de 82,3 m au niveau maximum d'exploitation. Le temps de renouvellement global est évalué à 6 jours et la vitesse d'écoulement en réservoir est non-

Rapport HQ-DPPE-HG-RA-2006-0034-03
Dossier HQ-DPPE-HG-DS-2004-0017-07-31

négligeable. Une certaine stratification thermique d'hiver et d'été se manifesterait bien qu'elle sera moins prononcée que dans les autres réservoirs du complexe Romaine.

8.5.2 Tableaux et diagrammes

La Planche 16 montre les profils verticaux de température dans le réservoir Romaine-1 pour quelques dates d'une année-type.

La Planche 17 présente la température de l'eau au sein du réservoir Romaine-1 pour les trois années qui ont été retenues plus haut pour le cas du réservoir Romaine-2.

Le Tableau 15 présente les moyennes mensuelles et estivales (juin à septembre) de la température de l'eau au PK 62 et dans les nappes superficielle (les 4 m près de la surface) et profonde (de 15 m de profondeur au fond) du réservoir.

8.5.3 Régime thermique

En hiver, sur le tronçon en lac, il y aura un couvert de glace érodé présentant des zones de glace mince d'étendue variable. Il y aura une couche superficielle de 15 à 20 m d'épaisseur qui sera occupée par l'eau traversant le réservoir, et dont la température variera de 0 à 1,3 °C environ, en fonction des conditions ambiantes des jours et semaines précédentes. Dans les 10 à 15 m les plus profonds du réservoir, il y aura de l'eau dont la température variera d'une année à l'autre entre 1,8 et 3,7 °C.

Au printemps, le réchauffement de l'eau du réservoir Romaine-1 reflète directement celui de l'eau qui arrive par le PK 62, déjà décrit ci-dessus. Il débute en avril; en mai, le réservoir reste isotherme de façon prolongée tandis que la température de l'eau passe d'environ 2,5 °C à environ 6,5 °C au PK 62; il y a une légère stratification près du fond qui isole l'eau la plus profonde de l'eau en transit.

En juin, une certaine stratification thermique apparaît; elle est due à l'arrivée d'eau plus chaude en provenance de RO-2 et de l'affluent Romaine-Sud-Est. Durant l'été (juin à septembre), l'eau qui traverse le réservoir occupe les 15 à 20 m superficiels. On peut en suivre l'évolution sur la Planche 16 et la Planche 17. Sa température passe d'environ 8 °C en moyenne au premier juin à environ 15 °C au début d'août, puis 11 à 12 °C à la fin de septembre. L'eau sous-jacente se renouvelle plus lentement et sa température n'évolue que peu.

Épisodiquement, en juillet et août, il se forme néanmoins une couche superficielle plus chaude soit par baisse du mélange vertical dû à une accalmie du vent, soit par réchauffement par le soleil et le contact de l'air.

Dans le réservoir Romaine-1, les ondes internes ont moins d'effet sur la température de l'eau des exutoires que dans les autres réservoirs de la Romaine à cause de la profondeur de la couche d'eau en transit et de la faible emprise au vent que présente le plan d'eau.

Supprimé : 7
Supprimé : à 18
Supprimé : à environ
Supprimé : reste captive

Supprimé : Le
Supprimé : ne présente pas d'
Supprimé : importantes
Supprimé : pour
Supprimé : , contrairement aux

Rapport HQ-DPPE-HG-RA-2006-0034-03
Dossier HQ-DPPE-HG-DS-2004-0017-07-31

L'isothermie automnale débute à une température de l'eau de 7 à 10 °C vers la fin d'octobre. La température de 4°C sera atteinte en moyenne à la mi-novembre. L'isothermie se maintient jusqu'aux premières périodes froides de la fin de novembre à une température de 2,5 à 3 °C. La stratification thermique hivernale apparaît ensuite telle que décrite plus haut.

Supprimé : Épisodiquement, en juillet et août, il se forme néanmoins une couche superficielle plus chaude soit par baisse du mélange vertical dû à une accalmie du vent, soit par réchauffement par le soleil et le contact de l'air. ¶

8.6 Exutoires du réservoir Romaine-1

8.6.1 Description

Le réservoir Romaine-1 présente deux exutoires:

- le canal d'amenée de la centrale dont le seuil au réservoir est à la cote de 77 m et dont le débit rejoint le canal de fuite de la centrale Romaine-1;
- le canal d'amenée de l'évacuateur de crue, dont le seuil au réservoir est à la cote de 85 m.

En situation normale, l'évacuateur est complètement fermé et le débit à son pied est nul.

Supprimé : seule la centrale laisse passer un débit significatif

8.6.2 Tableaux et diagrammes

La Planche 18 présente le cycle annuel de la température de l'eau du canal de fuite de la centrale Romaine-1. La température de l'eau au pied de l'évacuateur n'y est présentée que pour les quelques épisodes où un certain débit a été évacué, selon le scénario de production qui a été utilisé pour la présente étude.

Supprimé : aux exutoires du réservoir

Le Tableau 15 présente les moyennes mensuelles et estivales (juin à septembre) de la température de l'eau aux deux exutoires.

8.6.3 Régime thermique au canal de fuite

En hiver (de décembre à avril), dans les conditions actuelles, l'évacuateur de crues est normalement fermé, la température de l'eau est à peu près zéro (Tableau 15). En conditions futures, de décembre à avril, la médiane de la moyenne mensuelle varie entre 0,6 et 1,8 °C selon le mois. Il peut y avoir des mois d'hivers particulièrement froids du point de vue de la température de l'eau et la moyenne mensuelle varierait alors entre 0,1 et 1,3 °C selon le mois; lors de mois d'hivers particulièrement doux, elle varierait entre 1,4 et 2,8 °C selon le mois.

En mai et juin, le réchauffement de l'eau procède. Selon le cycle de la médiane de la Planche 18, la température médiane de l'eau passe d'environ 3 °C au début de mai à 7 °C au début de juin, et à 10 à 11 °C en fin de juin.

Rapport HQ-DPPE-HG-RA-2006-0034-03
Dossier HQ-DPPE-HG-DS-2004-0017-07-31

En été, la médiane de la température de l'eau culmine à la mi août vers 13 °C en moyenne, ce qui est environ 6 °C plus froid et environ une semaine plus tard que dans les conditions actuelles. La moyenne d'été de la température de l'eau (de juin à septembre) est d'environ 11,5 °C, ce qui est environ 3 °C plus bas que la moyenne de 14,5 °C environ dans les conditions actuelles. La stratification thermique estivale du réservoir Romaine-1 est insuffisante pour qu'il y ait de fortes fluctuations de température aux exutoires. Une partie des fluctuations qui apparaissent à l'aval immédiat de Romaine-1 sont une répercussion atténuée des fluctuations de température de l'eau apparues à Romaine-2 et laminées par Romaine-1; à cela s'ajoutent les effets météorologiques sur le réservoir Romaine-1 lui-même, principalement dans sa partie fluviale. La Planche 18 présente une enveloppe de variabilité qui a été calculée en supposant une amplitude d'oscillations de la thermocline d'été de 8 m (16 m crête à crête) qui est trop élevée pour le cas de Romaine-1 et qui donne ici un portrait un peu exagéré de la variabilité aux exutoires. En septembre, le refroidissement de l'eau s'accroît mais il est plus lent qu'en rivière.

Supprimé : 14
Supprimé : 5
Supprimé : deux
Supprimé : s
Supprimé : e 12
Supprimé : 2,5

À partir de la mi-septembre en moyenne, l'eau issue du réservoir apparaît comme plus chaude que celle de la rivière en conditions actuelles parce qu'elle se refroidit plus lentement. La température de l'eau franchit les 11 °C en début d'octobre, puis 6 °C en début de novembre et les conditions d'hiver sont atteintes en fin de novembre.

Supprimé : 7

8.6.4 Régime thermique à l'évacuateur de crue

La plupart du temps, l'évacuateur a un débit nul. La plupart des évacuations auront lieu lors de la crue printanière, en mai et juin, et en fin d'automne. Lors de ces situations, il y a peu de stratification dans le réservoir, et la température de l'eau est la même aux deux exutoires, à une fraction de °C près. Il est rare qu'il entre en opération en hiver et en été. Lorsque cela se produit, l'eau émise par l'évacuateur est environ 0,1 °C plus chaude en hiver et de 0,5 à 1 °C plus froide en été que l'eau émise par la centrale.

Supprimé : Dans cette

La Planche 18 et le Tableau 15 ne présentent pas de cycle annuel ou de moyennes mensuelles de la température de l'eau pour l'évacuateur. Vu l'intermittence des déversement et leur absence en hiver dans le scénario de débit, le calcul de moyennes et médianes y a peut de valeur. Dans l'hypothèse d'un déversement à un moment quelconque de l'année, suite par exemple à une panne de la centrale, il est acceptable de supposer que la température de l'eau émise par l'évacuateur serait assez voisine de celle de la centrale pour qu'on la décrive à l'aide du diagramme et du tableau associé à la centrale.

Supprimé : Les diagrammes et tableaux ont été calculés en supposant qu'il y avait toujours un débit de quelques m³/s sinon la température de l'eau y serait indéfinie. Ceci a cependant pour résultat d'attribuer à cet exutoire une valeur de température de l'eau un peu plus froide en été et un peu plus chaude en hiver que ce qu'on y trouverait en présence d'ouverture des vannes de l'évacuateur. Cela permet d'évaluer simplement que l'utilisation de l'évacuateur ne modifierait pas grandement le régime thermique à l'aval immédiat de Romaine-1

8.7 Rivière Romaine en aval de Romaine-1

8.7.1 Tableaux et diagrammes

La Planche 15 (déjà introduite plus haut pour le tronçon fluvial du réservoir Romaine-1) présente la température de l'eau dans la rivière Romaine entre Romaine-1 et le PK 13 de la rivière.

Rapport HQ-DPPE-HG-RA-2006-0034-03
Dossier HQ-DPPE-HG-DS-2004-0017-07-31

Le Tableau 16 présente les moyennes mensuelles et estivales (juin à septembre) de la température de l'eau aux PK 50,5, 35 et 16.

8.7.2 Régime thermique

En allant vers l'aval, l'écart entre la température de l'eau des conditions futures et actuelles ira en diminuant. Ainsi, en conditions futures, en s'éloignant de Romaine-1 vers l'aval, l'eau se réchauffera en été et se refroidira en hiver.

Supprimé : coulant

En hiver, au PK 35, l'eau reste habituellement au point de congélation de la mi-décembre à la mi-février. Au PK 16, elle reste habituellement au point de congélation du début de décembre à la mi-mars. Habituellement, le point de congélation atteint sa position la plus en amont en janvier, entre les PK 38 et 48. Les conditions de glace sont couvertes par l'étude conjointe sur le couvert de glace (Réf. 4).

Au printemps, aux PK 16 et 35, le réchauffement de l'eau débute de six semaines plus tôt que dans les conditions actuelles. Au début de mai, en moyenne, la température de l'eau dépasse celle des conditions actuelles par 3 à 4 °C. Le réchauffement progresse cependant plus lentement de sorte que les moyennes de la température de l'eau des conditions futures et actuelles se rejoignent vers 7 °C le dernier jour de mai. Par la suite, et jusqu'en septembre, l'eau est plus froide en conditions futures qu'en conditions actuelles.

Supprimé : aux PK 16 et 35

Supprimé : environ

En été, la température de l'eau culmine en moyenne à peu près au même moment que dans les conditions actuelles à une valeur qui est de 5 °C plus basse. La moyenne de la température de l'eau sur les mois de juin à septembre sera d'environ 12 °C au PK 35 et d'environ 13 °C au PK 16, ce qui est respectivement 2,5 °C et 1,5 °C plus bas que la moyenne de 14,5 °C évaluée pour les conditions actuelles. La température moyenne de septembre sera à peu près la même que dans les conditions actuelles alors que celles d'octobre et de novembre seront de 2 °C à 2,5 °C plus chaudes que celles des conditions actuelles.

Supprimé : 3 à 4

Supprimé : 1,5

Durant l'automne, le refroidissement de l'eau progresse plus lentement que dans les conditions actuelles et se traduit par un écart de 2 à 3 °C en octobre et au début de novembre, où l'eau des conditions futures est plus chaude que celle des conditions actuelles. Le point de congélation sera atteint vers la première semaine de décembre au PK 35 et vers la fin de novembre au PK 16. Par la suite, le régime thermique d'hiver est celui qui a déjà été décrit plus haut.

Supprimé : le dernier jour

Dans l'ensemble, l'évolution saisonnière de la température de l'eau du tronçon situé à l'aval de l'aménagement Romaine-1 présente une courbe en cloche qui débute plus tôt, est plus basse et se termine plus tard dans les conditions futures que dans les conditions actuelles.

Le calcul des degrés-jours de fonte de la température de l'eau aux PK 51 et PK 16 donne les valeurs suivantes :

PK 51

PK 16

Rapport HQ-DPPE-HG-RA-2006-0034-03
Dossier HQ-DPPE-HG-DS-2004-0017-07-31

conditions futures	<u>2123 °C-j</u>	<u>2232 °C-j</u>
conditions actuelles	<u>2050 °C-j</u>	2040 °C-j

Supprimé : 2216

Ce calcul a été effectué avec les valeurs mensuelles de la médiane du Tableau 16 pour les conditions futures et pour les conditions actuelles du PK 16; chaque valeur est pondérée par le nombre de jours du mois. On obtient à peu près le même résultat en utilisant la moyenne mensuelle (qui n'est pas inscrite au tableau).

L'écart entre les valeurs en conditions futures et en conditions actuelles est suffisamment petit pour qu'on puisse en retenir que le total des degrés-jours de fonte est peu modifié par la présence de l'aménagement.

Supprimé : Un résultat similaire s'obtient pour le PK 35. ¶

Supprimé : ces

Supprimé : deux valeurs

Tableau 1 Principales caractéristiques hydrologiques et hydrauliques des aménagements de la Romaine selon la variante 1-BC, du point de vue de l'Étude du régime thermique

Aménagement		RO-1	RO-2		RO-3	RO-4
Paramètre	Unités		Seuil à 215 m	Seuil à 206 m		
Position du barrage	km	52,5	90,5	158,6	191,8	
Position de la confluence du canal de fuite avec la rivière	km	50,5	83,7	155,0	190,3	
Position de la confluence du canal d'évacuation avec la rivière	km	50,5	90,3	158,4	191,9	
Longueur du tronçon court-circuité	km	-	6,6	3,4	1,6	
Débit d'équipement des centrales	m ³ /s	485	453	372	307	
Débit module au barrage	m ³ /s	289,4	271,5	223,3	184,5	
Débit garanti du tronçon court-circuité	m ³ /s	2,92	2,72	2,24	1,84	
Cote du fond du réservoir	m	50,6	146	287	382	
Niveau maximum d'exploitation	m	82,3	243,8	365,8	458,6	
Niveau minimum d'exploitation – Cond. Perm.	m	81,3	238,8	352,8	442,15	
Niveau minimum d'exploitation – Cond. Trans.	m	81,3	224,8	-	-	
Marnage maximal – Conditions permanentes	m	1,5	5	13	16,45	
Marnage maximal – Conditions transitoires	m	1,5	19	-	-	
Superficie au niveau maximum d'exploitation	km ²	12,6	85,8	38,6	142,2	
Superficie au niveau minimum d'exploitation	km ²	11,2	81,0	34,5	77,4	
Cote du seuil du canal d'amenée de la centrale	m	77	215 206	340	430	
Cote du seuil du canal d'amenée de l'évacuateur	m	65	223,3	348	438,3	
Largeur du seuil du canal d'amenée de la centrale	m	75	38	22	25	
Largeur du seuil du canal d'amenée de l'évacuateur	m	67	90 (50 en canal)	50	55	
Volume total au maximum d'exploitation	hm ³	147	3719	1878	2710	
Volume total au minimum d'exploitation	hm ³	129	3301	1403	948	
Temps de renouvellement de l'eau selon le débit module	j	6	158	97	170	

Rapport HQ-DPPE-HG-RA-2006-0034-03
Dossier HQ-DPPE-HG-DS-2004-0017-07-31

Tableau 12 Aménagement Romaine-4. Moyennes mensuelles de la température de l'eau.

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Été
Nappe superficielle													
Médiane	0,3	0,4	0,5	0,9	4,9	11,7	17,6	17,9	14,1	8,0	1,9	0,3	15,2
Basse	0,3	0,3	0,4	0,5	3,2	9,1	15,1	16,1	12,3	5,7	0,7	0,3	13,9
Haute	0,5	0,5	0,7	1,8	7,8	14,8	18,4	20,1	16,7	9,3	3,4	0,6	16,9
Nappe profonde													
Médiane	3,1	3,1	3,1	3,1	4,1	4,8	5,4	6,1	6,4	5,5	3,4	3,0	5,7
Basse	2,5	2,6	2,6	2,7	3,4	4,5	4,8	5,6	5,8	4,8	2,6	2,5	5,3
Haute	3,4	3,4	3,4	3,3	4,2	5,6	6,1	7,0	7,2	6,0	3,7	3,5	6,4
Canal de fuite de la centrale													
Médiane	1,0	1,0	0,9	1,2	4,3	7,8	10,0	12,1	11,7	7,3	2,2	1,1	10,3
Basse	0,6	0,6	0,7	0,8	3,1	6,5	9,0	9,7	10,1	5,2	0,9	0,6	9,0
Haute	2,1	1,9	1,7	1,9	5,3	9,5	11,5	13,4	13,9	8,4	3,3	2,0	11,7
Évacuateur de crue													
Médiane	0,5	0,5	0,6	1,0	4,5	8,9	13,0	15,8	13,3	7,5	1,9	0,6	12,6
Basse	0,4	0,4	0,5	0,5	3,1	6,9	9,8	14,1	11,7	5,4	0,7	0,4	11,1
Haute	1,8	1,4	1,1	1,8	6,2	12,8	15,2	17,2	15,9	8,8	3,3	1,7	14,7
Rivière Romaine en conditions actuelles au PK 153													
Médiane	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	10,7	15,6	15,7	10,8	5,5	0,9	0,0	13,0
Basse	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	8,9	12,6	13,9	8,7	4,4	0,0	0,0	11,9
Haute	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	13,3	16,5	17,5	13,9	7,5	2,2	0,0	14,9

Notes:

- Fréquemment, la nappe superficielle ne recouvre pas le réservoir au complet.
- En hiver, les valeurs observables pourraient s'écarter de $\pm 50\%$ de la moyenne sur 4 m de profondeur qui est présentée ici.
- La précision de la valeur de la moyenne est évaluée à environ $\pm 0,5$ °C en hiver et à environ $\pm 1,5$ °C en été.
- La valeur d'été est la moyenne des mois de juin, juillet, août et septembre de chacune des années.
- Le nombre de chiffres après la virgule n'est pas une indication de la précision.

Rapport HQ-DPPE-HG-RA-2006-0034-03
Dossier HQ-DPPE-HG-DS-2004-0017-07-31

Tableau 13 Aménagement Romaine-3. Moyennes mensuelles de la température de l'eau.

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Été
Nappe superficielle													
Médiane	0,8	0,8	0,8	1,1	4,0	10,8	17,3	18,0	14,2	8,8	4,1	0,8	15,0
Basse	0,5	0,5	0,6	0,7	3,0	8,7	15,5	15,7	12,3	6,9	2,0	0,4	13,7
Haute	1,2	1,4	1,4	1,8	6,7	15,0	18,6	19,4	16,7	9,9	5,5	1,3	16,8
Nappe profonde													
Médiane	3,2	3,3	3,3	3,3	3,7	5,2	5,7	6,1	6,4	6,4	4,4	3,3	5,8
Basse	2,5	2,6	2,6	2,6	3,3	4,6	5,0	5,3	5,5	5,8	3,5	2,5	5,2
Haute	3,8	3,8	3,8	3,7	4,2	6,0	6,6	6,9	7,1	6,8	5,3	3,8	6,6
Canal de fuite de la centrale													
Médiane	1,3	1,3	1,3	1,6	3,8	8,3	10,7	12,7	12,6	8,3	4,0	1,3	11,1
Basse	0,8	0,8	0,9	1,1	3,0	7,2	9,8	10,2	11,0	6,4	2,3	0,8	9,7
Haute	1,8	1,7	1,8	2,1	5,0	10,1	11,7	13,9	14,3	9,2	5,2	2,1	12,3
Évacuateur de crue													
Médiane	1,0	0,9	0,9	1,0	3,8	9,0	12,7	14,8	13,4	8,4	3,9	1,0	12,5
Basse	0,6	0,6	0,7	0,6	2,9	7,6	10,6	12,5	11,7	6,5	2,1	0,6	11,0
Haute	1,5	1,7	1,7	1,8	5,8	12,7	16,0	17,6	15,8	9,3	5,2	1,9	14,8
Rivière Romaine en conditions actuelles au PK 153													
Médiane	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	10,7	15,6	15,7	10,8	5,5	0,9	0,0	13,0
Basse	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	8,9	12,6	13,9	8,7	4,4	0,0	0,0	11,9
Haute	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	13,3	16,5	17,5	13,9	7,5	2,2	0,0	14,9

Notes:

- Fréquemment, la nappe superficielle ne recouvre pas le réservoir au complet.
- En hiver, les valeurs observables pourraient s'écarter de $\pm 50\%$ de la moyenne sur 4 m de profondeur qui est présentée ici.
- La précision de la valeur de la moyenne est évaluée à environ $\pm 0,5$ °C en hiver et à environ $\pm 1,5$ °C en été.
- La valeur d'été est la moyenne des mois de juin, juillet, août et septembre de chacune des années.
- Le nombre de chiffres après la virgule n'est pas une indication de la précision.

Rapport HQ-DPPE-HG-RA-2006-0034-03
Dossier HQ-DPPE-HG-DS-2004-0017-07-31

Tableau 14 Réservoir Romaine-2. Moyennes mensuelles et estivale de la température de l'eau.

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Été
Nappe superficielle.													
Médiane	1,0	1,0	1,1	1,3	4,1	12,3	18,6	18,9	15,2	10,4	4,8	0,9	16,2
Basse	0,5	0,7	0,7	0,9	3,3	10,7	16,6	16,8	13,7	8,1	2,5	0,3	15,1
Haute	1,5	1,5	1,5	2,1	6,7	16,4	19,7	20,4	17,5	11,5	6,5	1,5	17,7
Nappe profonde.													
Médiane	3,4	3,4	3,4	3,4	4,0	4,6	5,1	5,5	5,8	5,4	4,6	3,5	5,2
Basse	3,1	3,0	3,0	3,0	3,7	4,4	4,7	5,0	5,1	5,0	3,8	3,1	4,9
Haute	3,9	3,9	3,9	3,9	4,1	5,0	5,4	5,9	6,2	5,9	5,1	4,0	5,6
Centrale Romaine-2, canal de fuite.													
Médiane	1,7	1,6	1,6	1,7	3,9	6,8	8,4	10,8	11,9	9,2	4,5	1,9	9,5
Basse	1,2	1,1	1,1	1,4	3,2	6,3	7,1	8,2	9,9	7,3	2,9	1,1	7,9
Haute	2,6	2,2	2,1	2,4	4,4	7,9	10,0	12,3	13,2	10,2	6,1	2,9	10,8
Évacuateur de crue de Romaine-2.													
Médiane	1,4	1,2	1,3	1,5	3,9	6,4	9,7	13,3	13,8	9,9	4,6	1,8	10,8
Basse	0,7	0,7	0,8	1,1	3,2	5,4	8,0	11,7	12,8	7,7	2,9	0,8	9,7
Haute	2,8	2,2	1,7	2,1	4,3	8,8	11,7	14,4	15,2	10,9	6,1	3,1	12,5
Rivière Romaine au PK 51. Conditions actuelles.													
Médiane	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	10,9	17,1	17,5	12,7	5,7	0,6	0,0	14,3
Basse	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	8,6	15,0	16,1	10,5	4,2	0,0	0,0	13,4
Haute	0,0	0,0	0,0	0,1	5,3	13,7	18,2	19,6	15,6	8,2	1,5	0,0	16,2

Notes:

- Fréquemment, la nappe superficielle ne recouvre pas le réservoir au complet.
 - En hiver, les valeurs observables pourraient s'écarter de $\pm 50\%$ de la moyenne sur 4 m de profondeur qui est présentée ici.
 - La précision de la valeur de la moyenne est évaluée à environ $\pm 0,5$ °C en hiver et à environ $\pm 1,5$ °C en été.
 - La valeur d'été est la moyenne des mois de juin, juillet, août et septembre de chacune des années.
- Le nombre de chiffres après la virgule n'est pas une indication de la précision.

Rapport HQ-DPPE-HG-RA-2006-0034-03
Dossier HQ-DPPE-HG-DS-2004-0017-07-31

Tableau 15 Réservoir Romaine-1. Moyennes mensuelles et estivale de la température de l'eau.

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Été
Réservoir Romaine-1, PK 62.													
Médiane	0,6	0,7	1,2	2,0	4,4	7,9	10,1	11,4	12,0	9,0	4,0	1,0	10,3
Basse	0,1	0,3	0,9	1,6	3,7	7,0	9,1	10,7	10,0	6,9	1,9	0,2	9,4
Haute	1,4	1,3	1,7	2,8	5,2	8,8	11,1	12,9	13,3	9,7	5,5	2,1	11,4
Nappe superficielle du réservoir Romaine-1.													
Médiane	0,5	0,5	0,9	1,8	5,6	10,5	13,8	15,0	13,5	9,0	3,4	0,8	13,1
Basse	0,0	0,2	0,6	1,2	4,6	9,1	12,1	13,8	11,7	7,0	1,4	0,2	12,3
Haute	1,1	1,0	1,3	3,0	7,2	11,5	14,7	15,9	15,6	10,0	5,3	1,8	14,2
Nappe profonde du réservoir Romaine-1.													
Médiane	2,3	2,1	2,0	2,3	4,5	6,5	8,5	10,1	10,4	8,4	3,9	2,4	9,0
Basse	1,7	1,6	1,5	1,9	3,9	5,9	7,1	7,4	7,4	6,6	2,8	1,7	7,0
Haute	2,9	2,8	2,6	3,0	5,0	8,4	10,4	11,9	12,3	9,4	5,5	3,1	10,7
Centrale Romaine-1, canal de fuite - PK 50,5 de la Romaine.													
Médiane	0,6	0,6	1,1	1,8	5,2	9,0	11,7	13,0	12,4	8,6	3,3	1,0	11,4
Basse	0,1	0,3	0,8	1,3	4,4	8,2	10,6	12,1	10,8	6,6	1,5	0,3	10,9
Haute	1,4	1,1	1,5	2,9	6,0	9,9	12,5	14,0	14,2	9,6	5,0	2,0	12,4
Rivière Romaine au PK 51. Conditions actuelles.													
Médiane	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	10,9	17,1	17,5	12,7	5,7	0,6	0,0	14,3
Basse	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	8,6	15,0	16,1	10,5	4,2	0,0	0,0	13,4
Haute	0,0	0,0	0,0	0,1	5,3	13,7	18,2	19,6	15,6	8,2	1,5	0,0	16,2

Notes:

- Fréquemment, la nappe superficielle ne recouvre pas le réservoir au complet.
- En hiver, les valeurs observables pourraient s'écarter de ±50% de la moyenne sur 4 m de profondeur qui est présentée ici.
- La précision de la valeur de la moyenne est évaluée à environ ±0,5 °C en hiver et à environ ±1,5 °C en été.
- La valeur d'été est la moyenne des mois de juin, juillet, août et septembre de chacune des années.
- Le nombre de chiffres après la virgule n'est pas une indication de la précision.

Rapport HQ-DPPE-HG-RA-2006-0034-03
Dossier HQ-DPPE-HG-DS-2004-0017-07-31

Tableau 16 Rivière Romaine en aval de l'aménagement Romaine-1. Moyennes mensuelles et estivale de la température de l'eau.

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Été
PK 50,5 de la rivière Romaine - Centrale Romaine-1, canal de fuite - Conditions futures.													
Médiane	0,6	0,6	1,1	1,8	5,2	9,0	11,7	13,0	12,4	8,6	3,3	1,0	11,4
Basse	0,1	0,3	0,8	1,3	4,4	8,2	10,6	12,1	10,7	6,6	1,5	0,3	10,9
Haute	1,4	1,1	1,5	2,9	6,0	9,9	12,5	14,0	14,2	9,6	5,0	2,0	12,4
PK 35 de la rivière Romaine - Conditions futures.													
Médiane	0,1	0,2	1,0	2,3	5,8	9,6	12,4	13,7	12,6	8,5	3,0	0,5	11,9
Basse	0,0	0,1	0,6	1,7	4,9	8,7	11,1	12,6	11,0	6,6	1,2	0,1	11,3
Haute	0,4	0,6	1,4	3,1	6,6	10,4	13,5	14,4	14,5	9,6	4,7	1,2	12,9
PK 16 de la rivière Romaine - Conditions futures.													
Médiane	0,1	0,1	0,9	2,9	6,6	10,4	13,6	14,5	12,8	8,3	2,7	0,2	12,8
Basse	0,0	0,0	0,4	2,1	5,6	9,4	11,8	13,2	11,3	6,5	0,9	0,1	11,9
Haute	0,2	0,5	1,5	3,5	7,4	11,3	14,8	15,4	14,8	9,5	4,3	0,5	13,5
PK 51 de la rivière Romaine - Conditions actuelles.													
Médiane	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	10,9	17,1	17,5	12,7	5,7	0,6	0,0	14,3
Basse	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	8,6	15,0	16,1	10,5	4,2	0,0	0,0	13,4
Haute	0,0	0,0	0,0	0,1	5,3	13,7	18,2	19,6	15,6	8,2	1,5	0,0	16,2
PK 16 de la rivière Romaine - Conditions actuelles.													
Médiane	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	10,5	16,8	17,4	12,8	6,1	0,7	0,0	14,4
Basse	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	8,1	14,8	16,1	10,7	4,5	0,0	0,0	13,2
Haute	0,0	0,0	0,0	0,1	5,1	13,3	18,0	19,5	15,7	8,5	1,7	0,0	16,0

- Les valeurs qualifient les moyennes mensuelles calculées sur une période de 20 années.
- Le nombre de chiffres après la virgule n'est pas une indication de la précision absolue; il sert à indiquer les tendances.
- La précision de la médiane est évaluée à environ $\pm 50\%$ de décembre à avril et à environ $\pm 1,5^\circ\text{C}$ le reste de l'année.
- L'été représente ici la moyenne des valeurs de juin, juillet, août et septembre d'une année donnée.

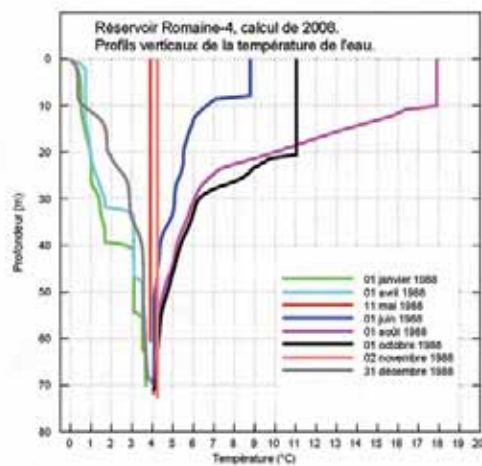
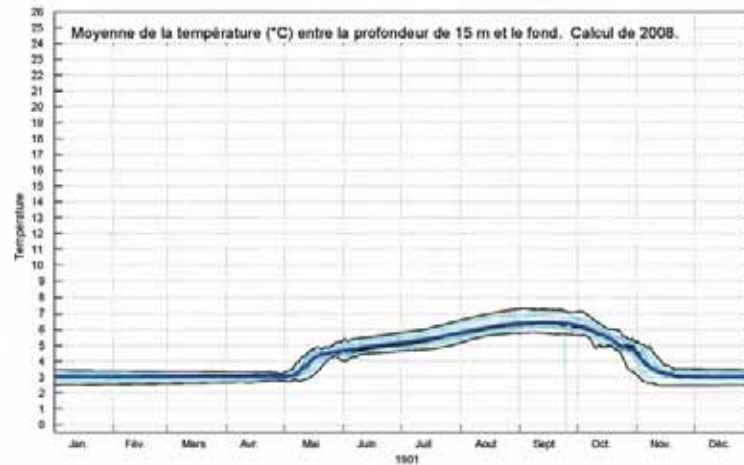
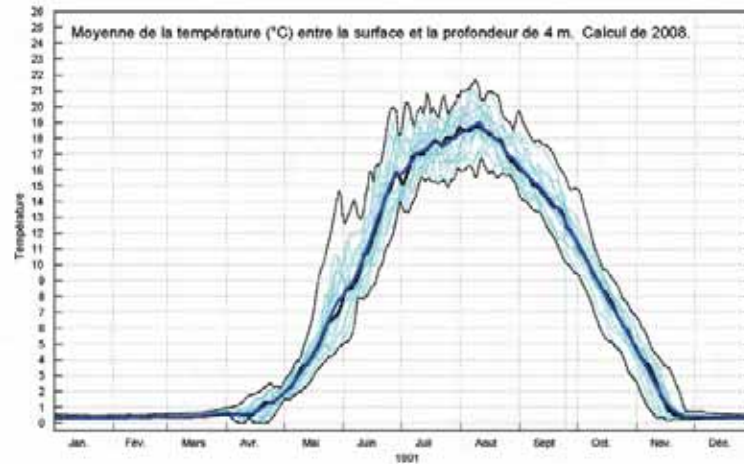


Planche 6.
 Réservoir Romaine-4. Profils verticaux instantanés et séries temporelles de température de l'eau dans le réservoir.

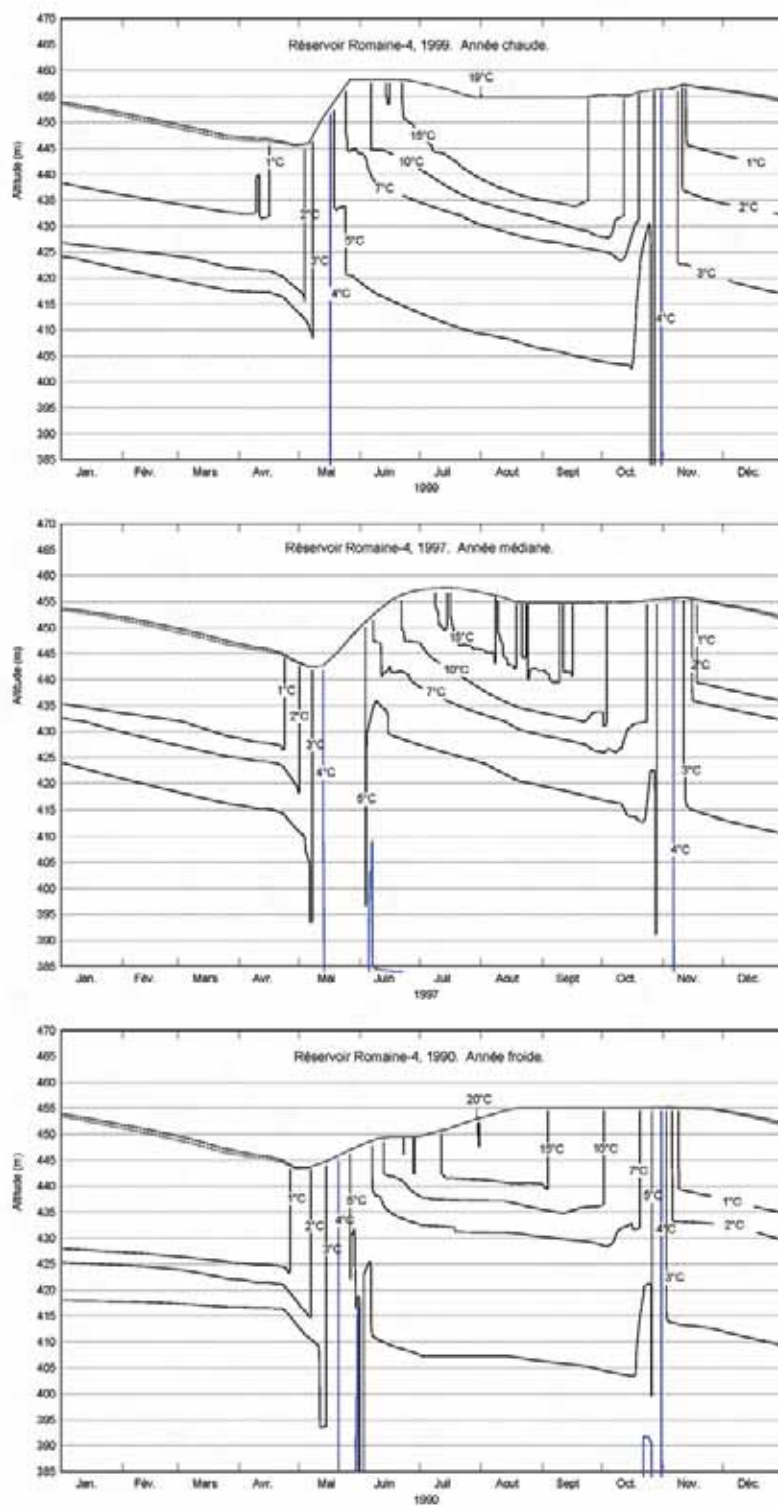


Planche 7.
Réservoir Romaine-4. Isothermes dans le réservoir pour trois années-type.

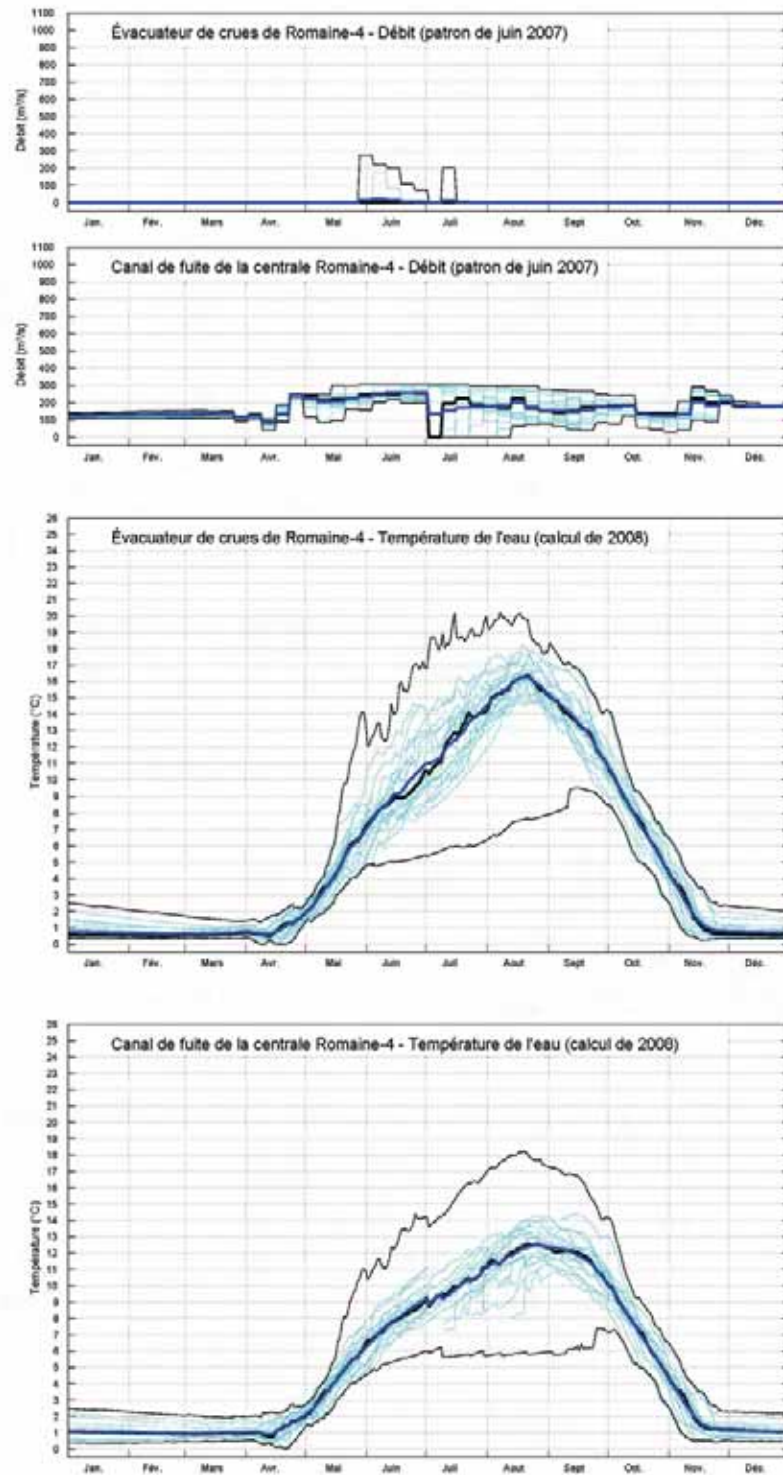


Planche 8.
Réservoir Romaine-4. Température de l'eau et débit aux exutoires.

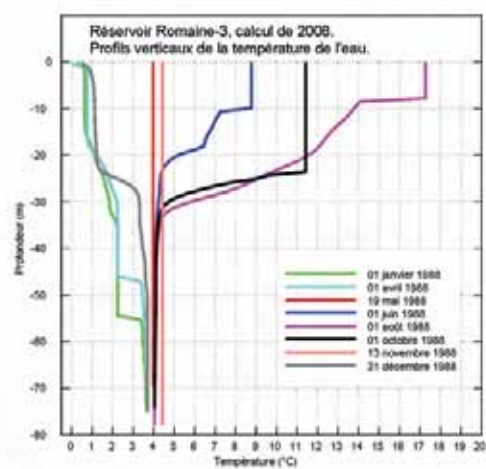
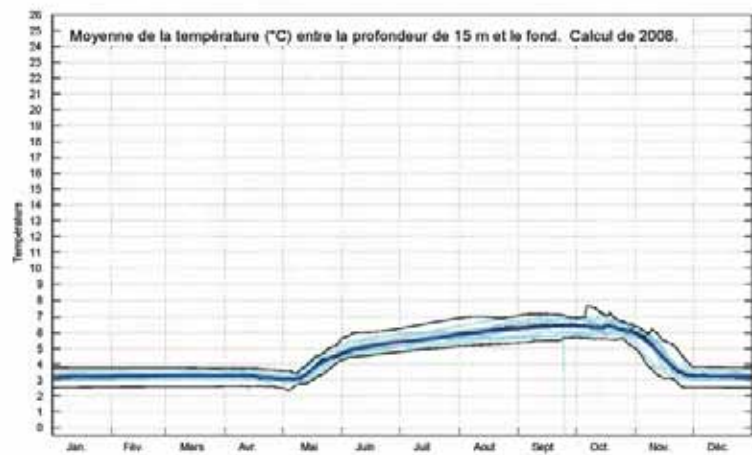
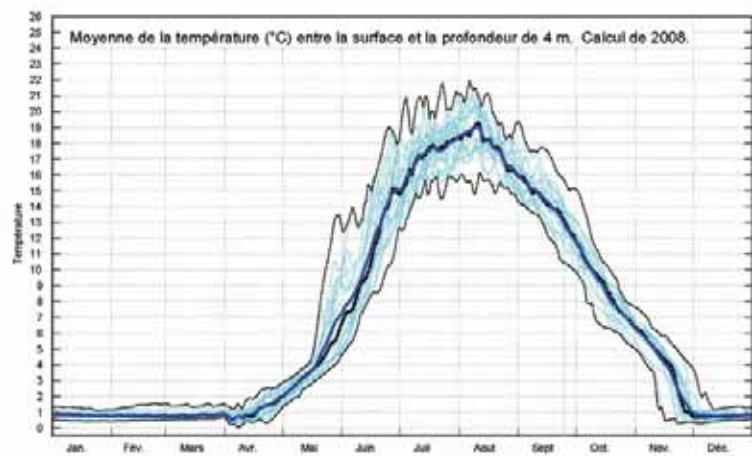


Planche 9.
Réservoir Romaine-3. Profils verticaux instantanés et séries temporelles de température de l'eau dans le réservoir.

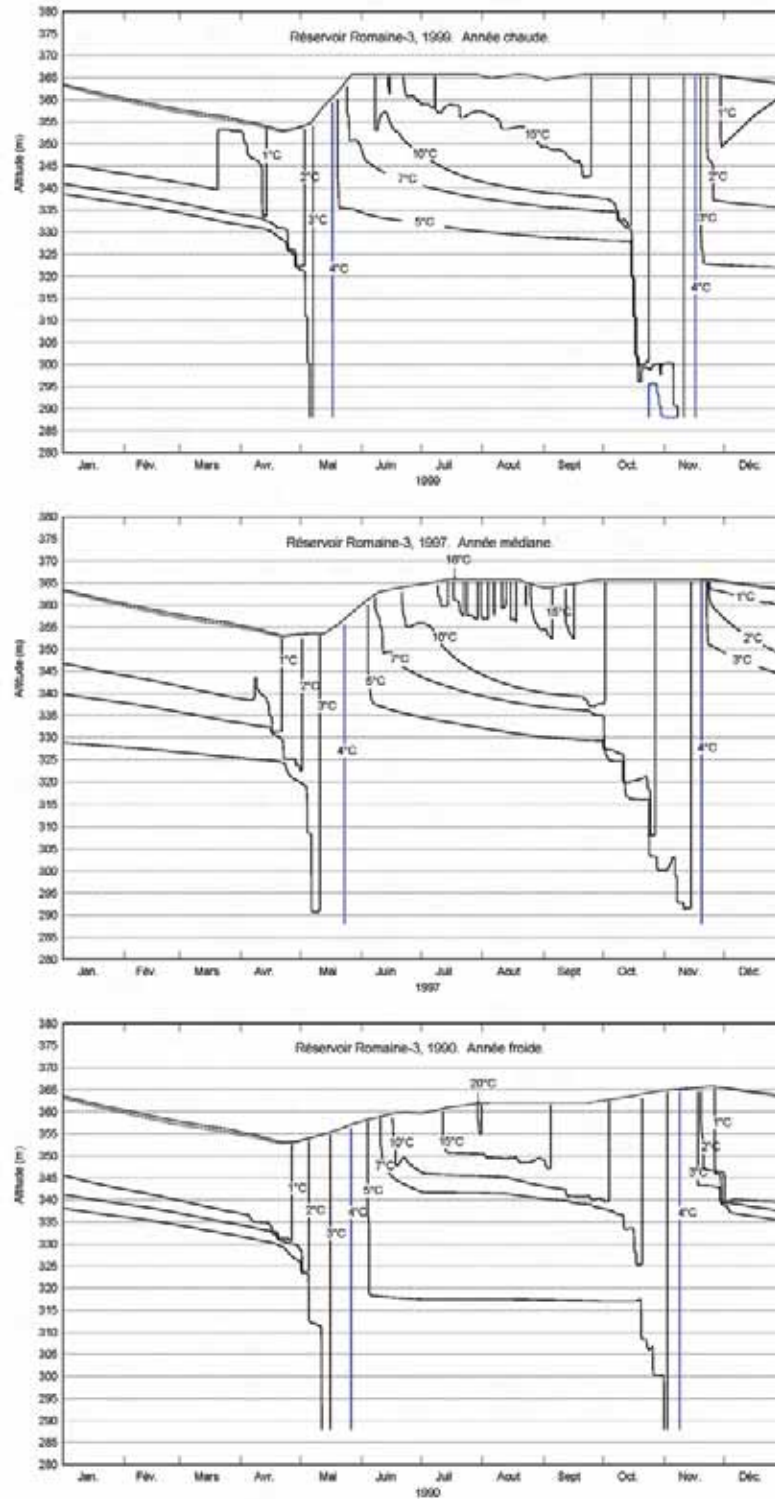


Planche 10.
Réservoir Romaine-3. Isothermes dans le réservoir pour trois années-type.

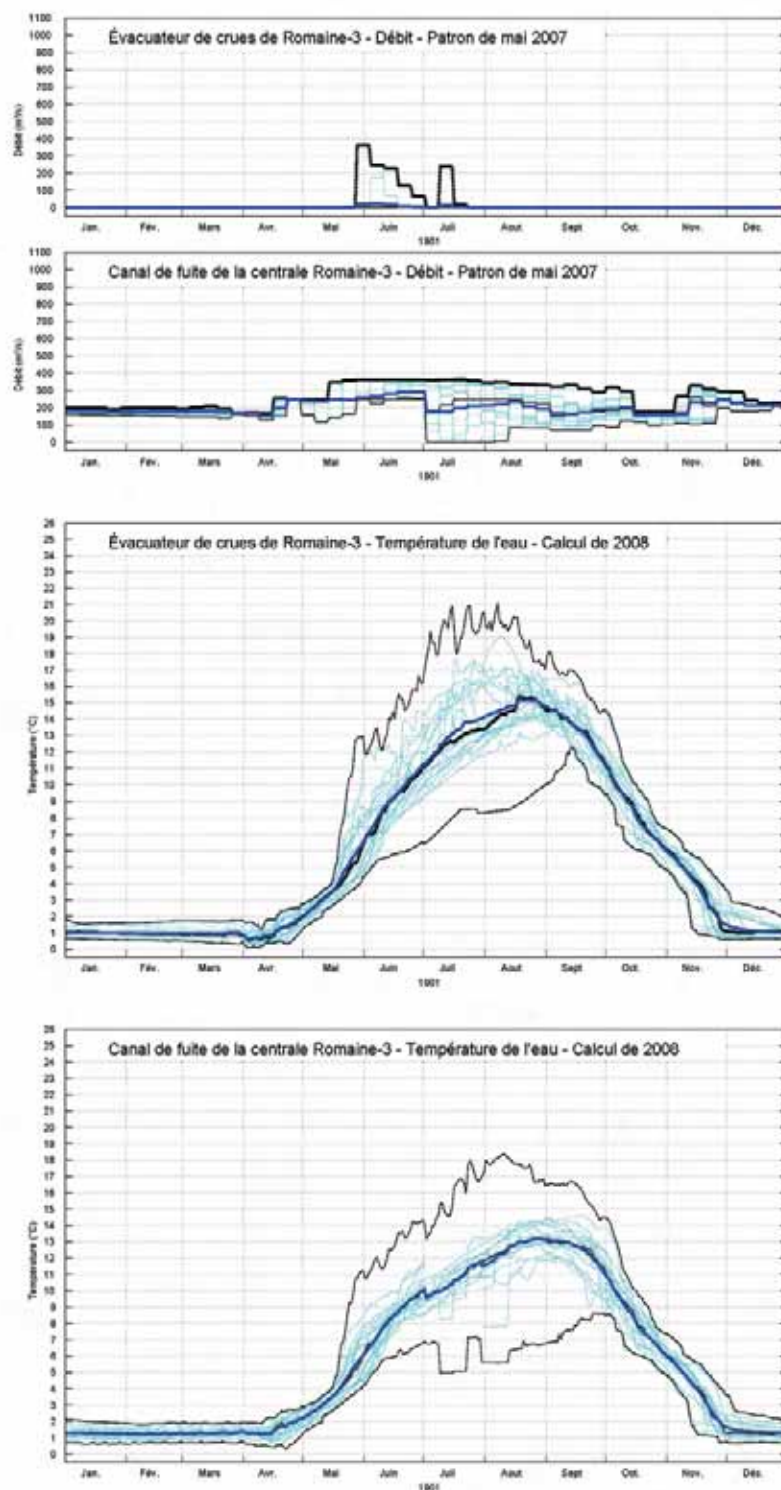


Planche 11.
Réservoir Romaine-3. Température de l'eau et débit aux exutoires.

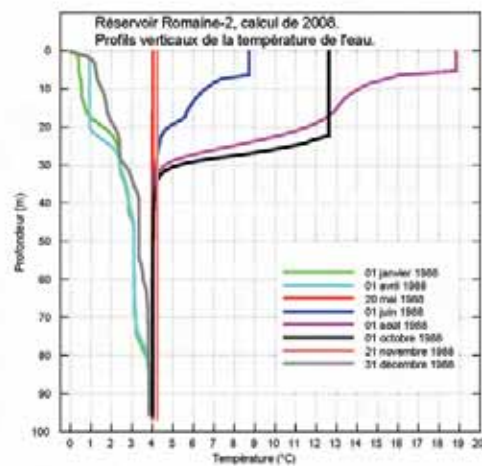
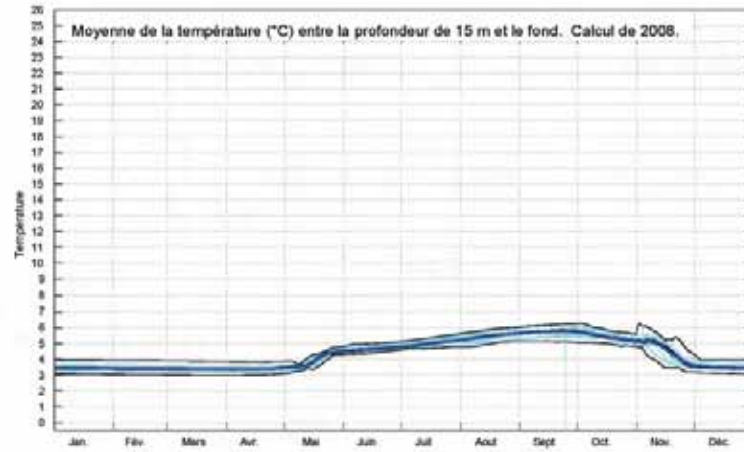
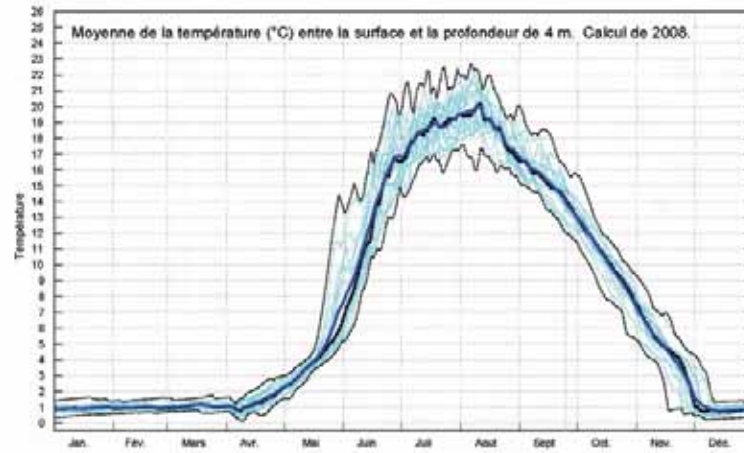


Planche 12.
Réservoir Romaine-2. Profils verticaux instantanés et séries temporelles de température de l'eau dans le réservoir.

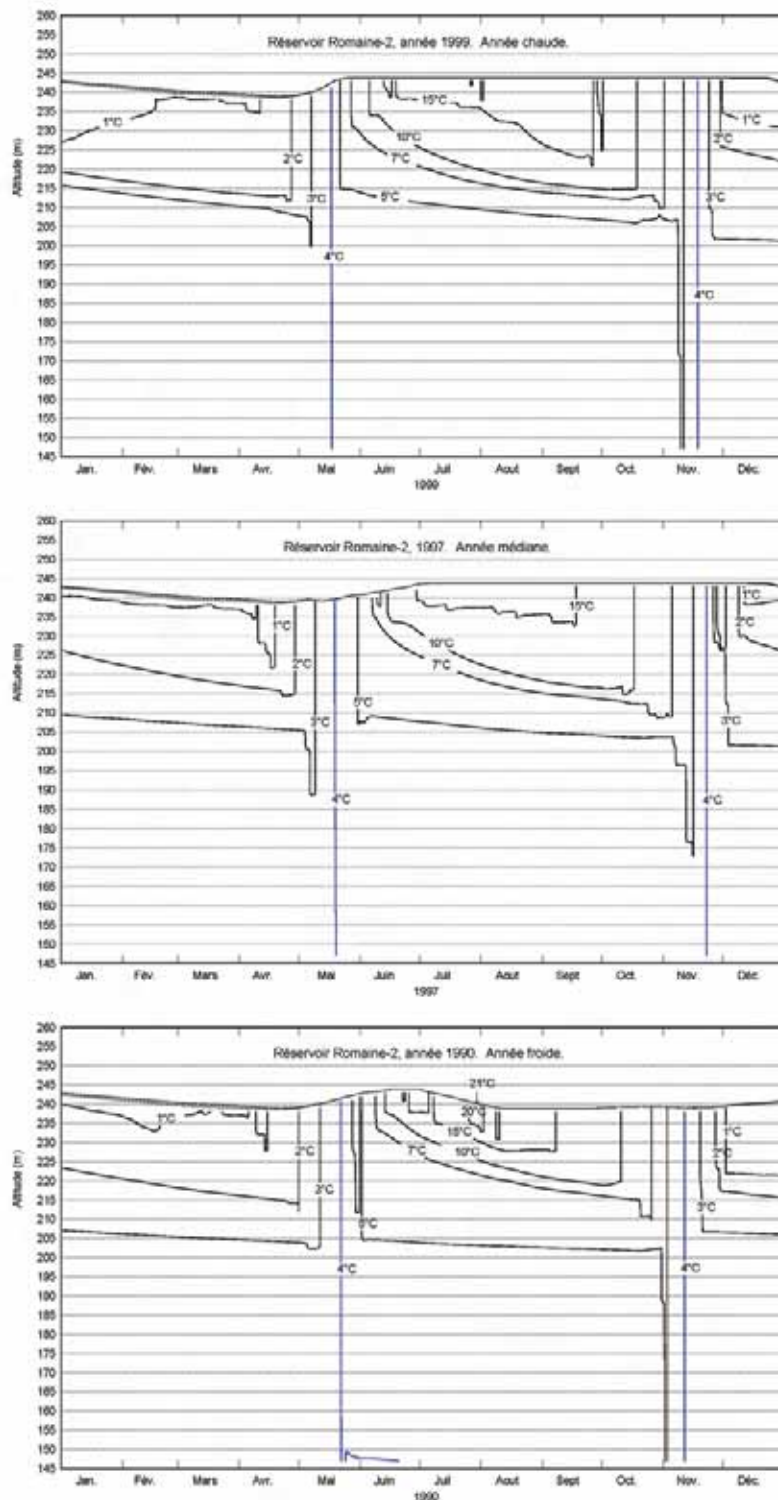


Planche 13.
Réservoir Romaine-2. Isothermes dans le réservoir pour trois années-type.

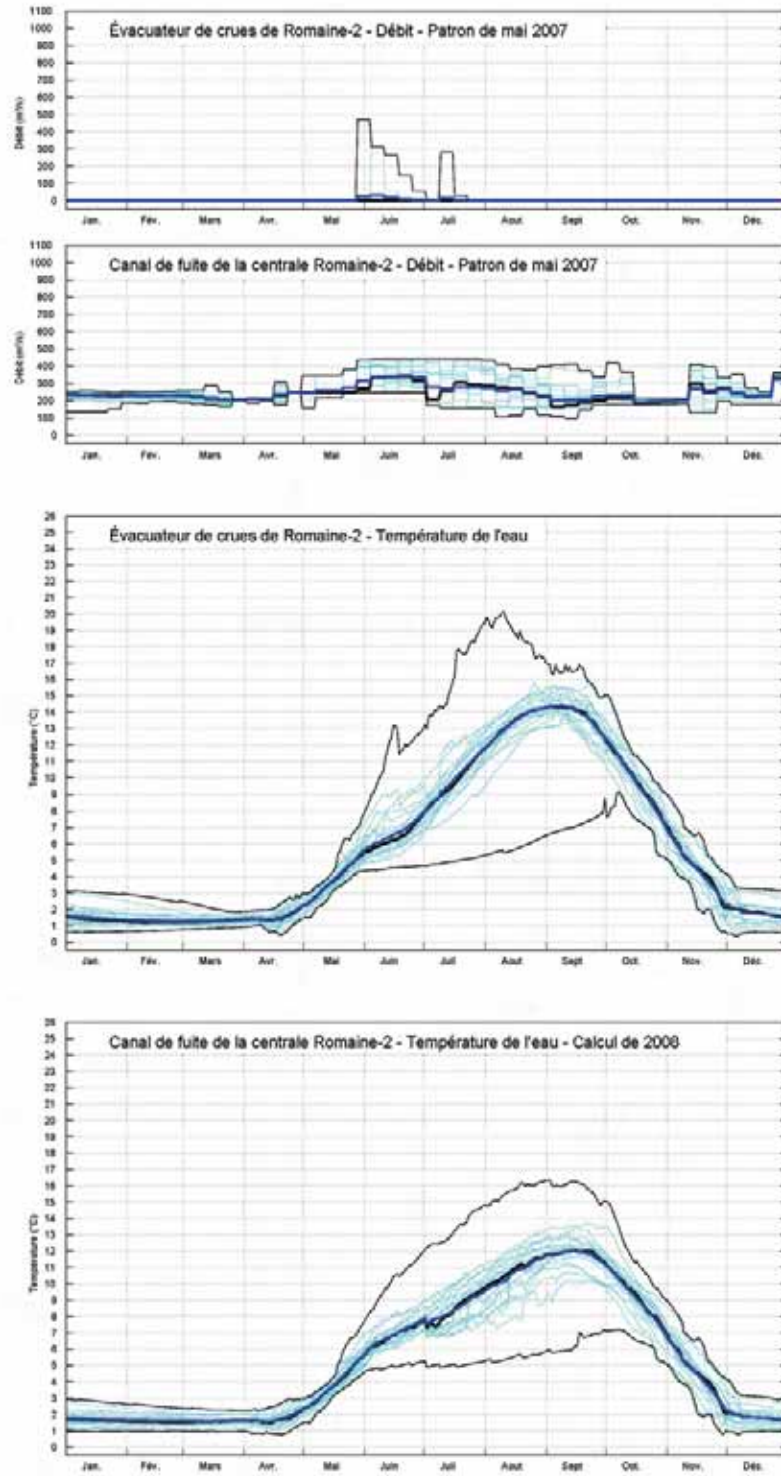


Planche 14.
Réservoir Romaine-2. Température de l'eau et débit aux exutoires.

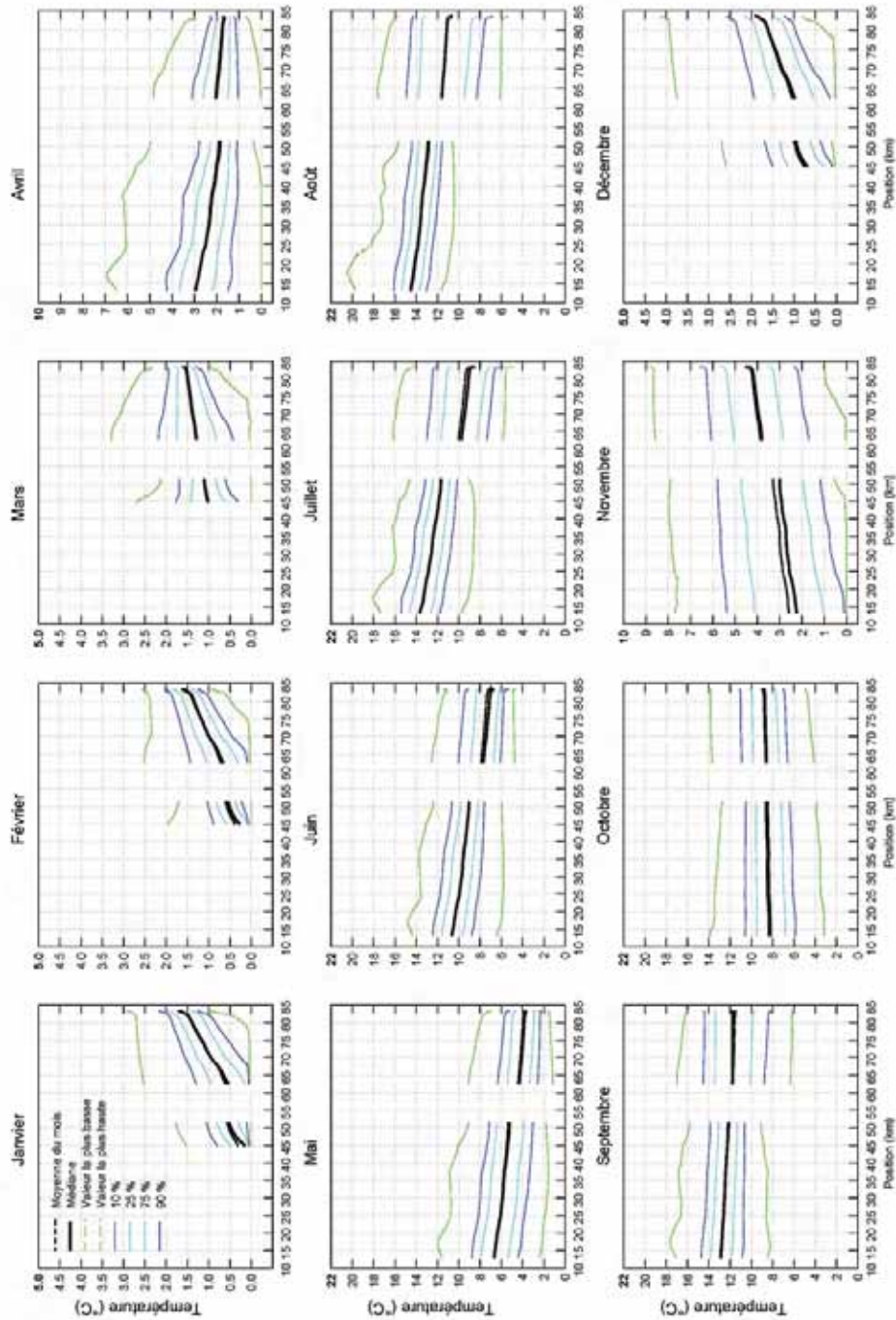


Planche 15.
Rivière Romaine, cas RO2-215m. Tronçons fluviaux situés entre la centrale Romaine-2 et le PK 13.
Profils longitudinaux mensuels de la température de l'eau.

Bilan hyrique de mai 2007. Calcul de 2008. Les résultats de Mike Ice n'ont pas encore été intégrés ici (dec. à mars, PK 45 et 74)

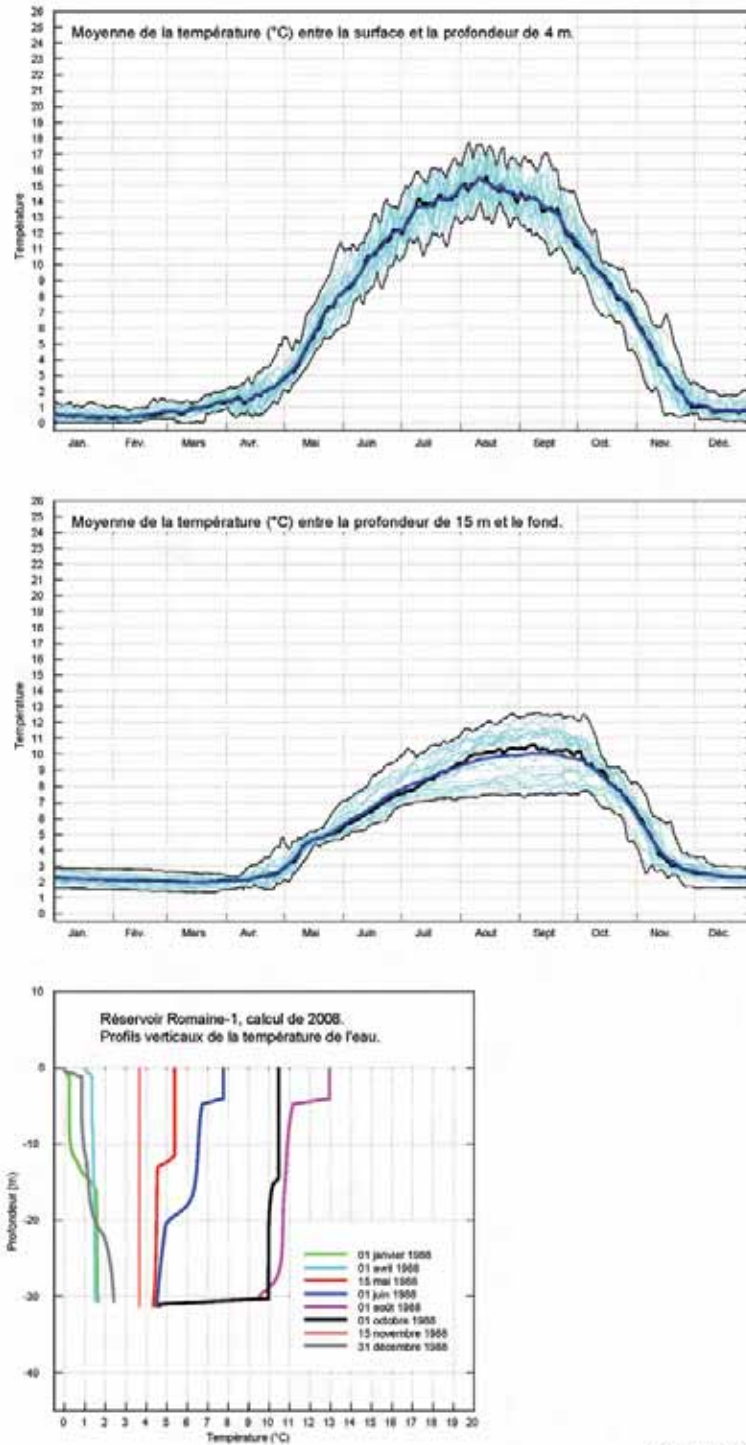


Planche 16.
 Réservoir Romaine-1. Profils verticaux instantanés et séries temporelles de température de l'eau dans le réservoir.

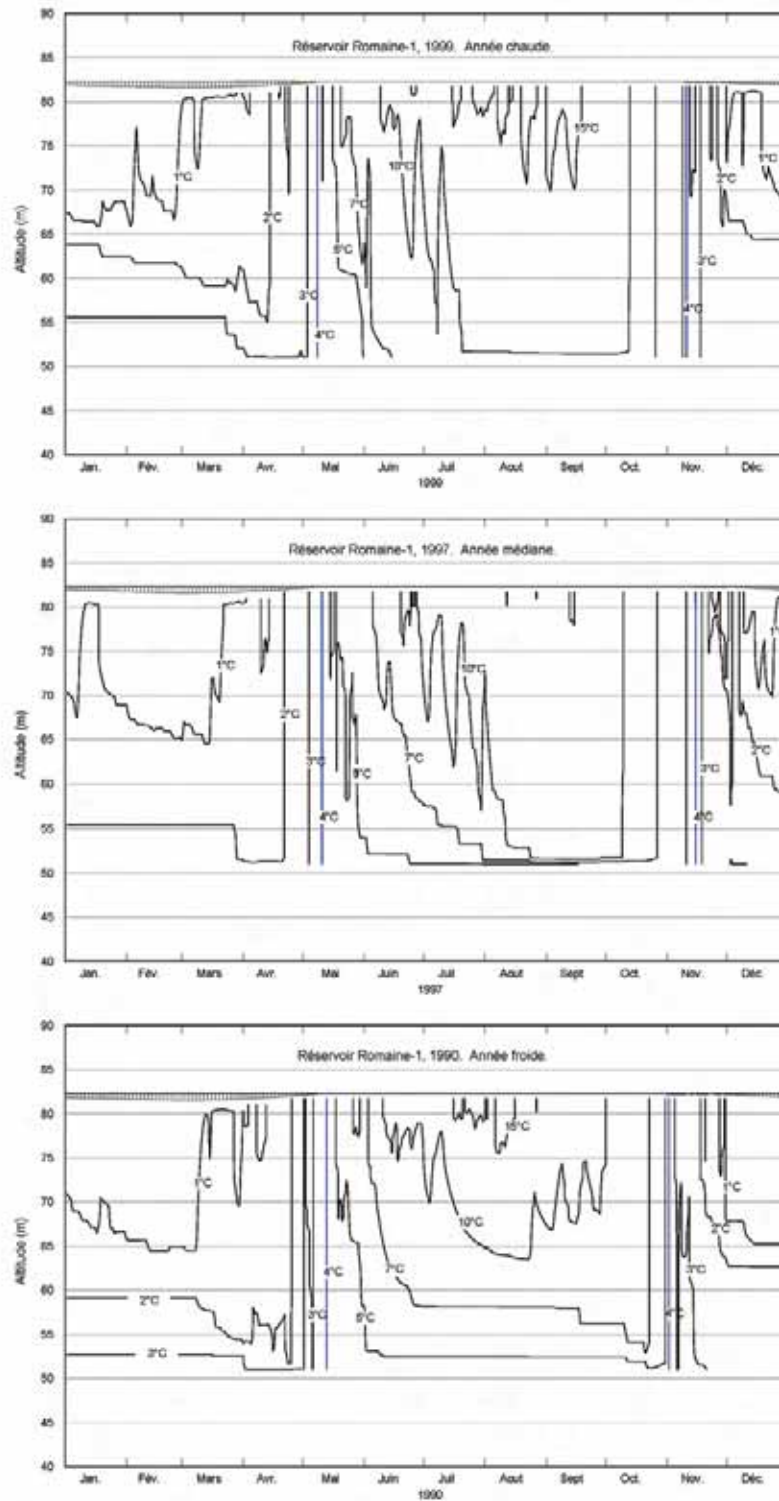


Planche 17.
Réservoir Romaine-1. Isothermes dans le réservoir pour trois années-type.

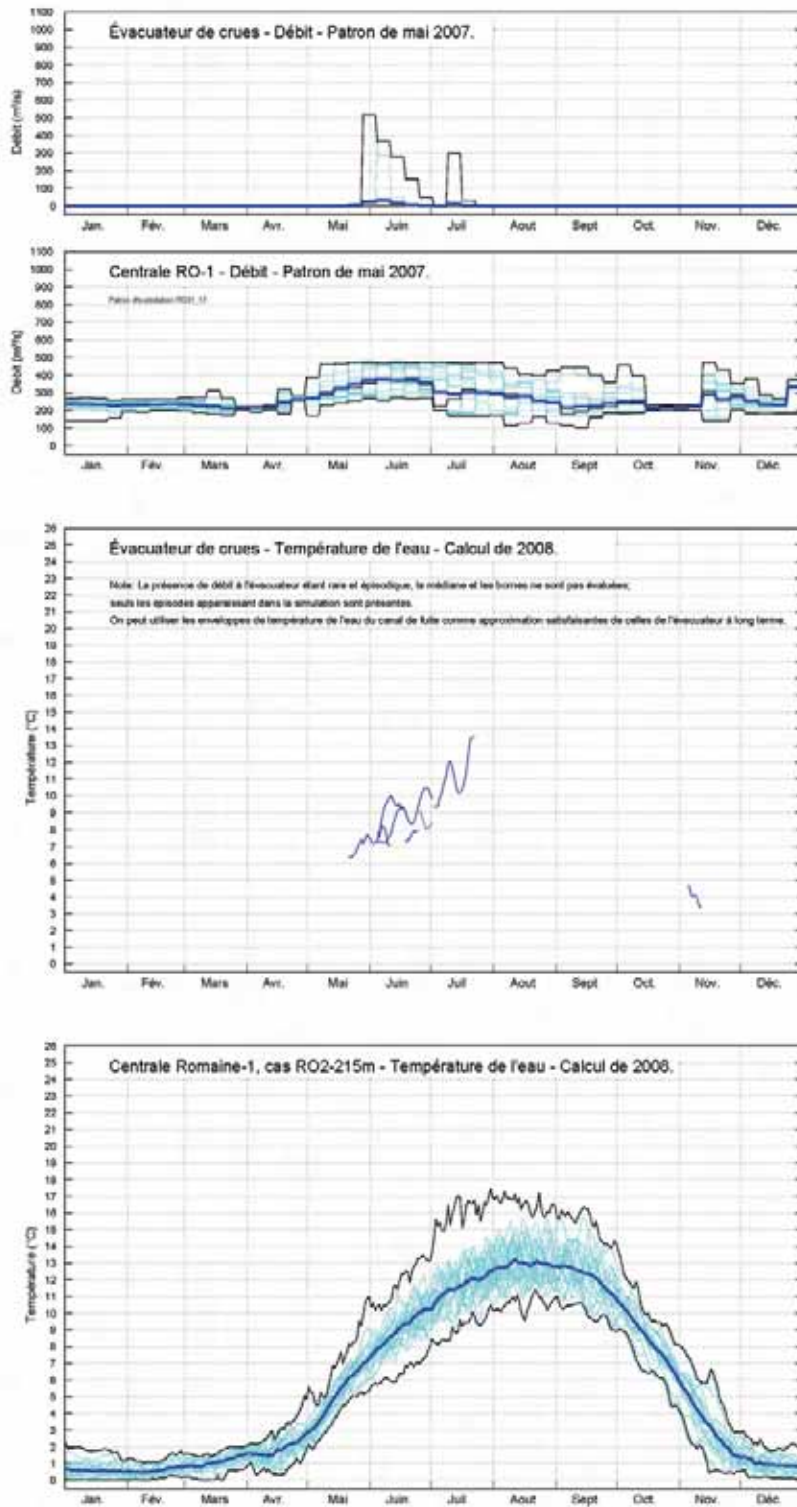


Planche 18.
 Réservoir Romaine-1. Température de l'eau et débit aux exutoires.