

3

Méthode d'évaluation des impacts

3.1.1 Analyse des impacts

La méthode d'évaluation des impacts repose sur les quatre domaines de connaissance suivants :

- **Connaissance technique du projet** — Il s'agit de bien comprendre les caractéristiques techniques des ouvrages à aménager et de déterminer les activités et les méthodes de construction inhérentes au projet. La gestion des débits et des niveaux d'eau doit également être définie. La compréhension des composantes techniques permet de déterminer les sources d'impact sur le milieu environnant. Les différentes sources d'impact du projet ont été décrites à la section 1.8.
- **Connaissance du milieu** — L'acquisition des données pertinentes se fait à partir de l'information existante et d'inventaires spécifiques pour les milieux physique, biologique et humain. Cet exercice permet de connaître en détail le milieu concerné et d'en dégager les éléments les plus sensibles ou qui font l'objet de préoccupations spécifiques.
- **Connaissance des préoccupations, des intérêts et des enjeux environnementaux liés au projet** — La communication et les relations avec le milieu permettent de découvrir les préoccupations, les intérêts et les enjeux environnementaux propres au projet. La connaissance de ces éléments permet de mieux cibler les composantes qui doivent faire l'objet d'une évaluation plus détaillée des impacts et de mieux évaluer l'impact du projet sur les composantes valorisées.
- **Enseignements de la surveillance et du suivi environnementaux de projets antérieurs** — La surveillance et le suivi permettent de définir la nature et l'importance de certains impacts pour différents projets, et de mieux juger de l'efficacité des mesures d'atténuation utilisées.

Sur la base des connaissances techniques acquises, les sources d'impact du projet ont été identifiées et ont permis de cibler les composantes du milieu qui pourraient être touchées. La description sommaire de la zone d'étude présentée au chapitre 2 a permis de dégager les principaux enjeux environnementaux du projet. Pour ces composantes du milieu suscitant des préoccupations particulières, des inventaires plus détaillés ont été effectués.

Cette connaissance plus approfondie de chaque composante pouvant être touchée est complétée par une évaluation des impacts prévus, selon la méthode décrite ci-après.

L'évaluation des impacts anticipés s'effectue en fonction de trois critères, soit l'intensité de l'impact, son étendue et sa durée. Elle tient compte des mesures d'atténuation courantes applicables pendant les travaux, dont la liste est présentée en annexe, et des mesures d'atténuation particulières appliquées au projet.

L'intensité de l'impact fait référence à l'ampleur des changements perturbant l'intégrité, la fonction et l'utilisation de chacune des composantes du milieu touchées par le projet. Son appréciation doit tenir compte du contexte écologique ou social du milieu concerné et de la valorisation de la composante.

L'intensité d'un impact peut être :

- **Forte** — L'intensité est forte lorsque l'impact détruit la composante, met en cause son intégrité ou entraîne un changement majeur de sa répartition générale ou de son utilisation dans le milieu.
- **Moyenne** — L'intensité est moyenne lorsque l'impact modifie la composante touchée sans mettre en cause son intégrité ou son utilisation, ou entraîne une modification limitée de sa répartition générale dans le milieu.
- **Faible** — L'intensité est faible lorsque l'impact altère faiblement la composante mais ne modifie pas véritablement sa qualité, sa répartition générale ou son utilisation dans le milieu.

L'étendue¹ de l'impact fait référence à la superficie touchée et à la portion de la population affectée.

L'étendue d'un impact peut être :

- **Régionale** — L'étendue est régionale si un impact sur une composante est ressenti dans un grand territoire ou affecte une grande portion de sa population.
- **Locale** — L'étendue est locale si un impact sur une composante est ressenti sur une portion limitée de la zone d'étude ou de sa population.
- **Ponctuelle** — L'étendue est ponctuelle si un impact sur une composante est ressenti dans un espace réduit et circonscrit ou par quelques individus.

[1] Dans le cas du paysage, l'évaluation du critère de l'étendue diffère. Il réfère plutôt au degré de perception (fort, moyen ou faible) de l'équipement ou de l'ouvrage en cause. Ce jugement de la qualité de la relation entre l'observateur et le paysage tient compte de trois paramètres interdépendants, soit l'exposition visuelle, la sensibilité de l'observateur et le rayonnement de l'impact. La méthode d'évaluation des impacts sur le paysage est présentée à l'annexe A.

La durée de l'impact concerne la période pendant laquelle les effets seront ressentis dans le milieu.

La durée d'un impact peut être :

- **Longue** — La durée est longue lorsque l'impact est ressenti de façon continue ou discontinue sur une période excédant 5 ans. Il s'agit souvent d'un impact à caractère permanent et irréversible.
- **Moyenne** — La durée est moyenne lorsque l'impact est ressenti de façon temporaire, continue ou discontinue, pendant les phases de construction ou d'exploitation. Il s'agit d'impacts dont la durée est supérieure à 1 an mais inférieure à 5 ans.
- **Courte** — La durée est courte lorsque l'impact est ressenti de façon temporaire, continue ou discontinue, pendant les phases de construction ou d'exploitation. Il s'agit d'impacts dont la durée est de quelques jours à quelques mois.

L'intégration de ces trois critères dans une grille d'analyse (voir le tableau 3-1) permet en dernier lieu de déterminer l'importance de l'impact. L'importance de l'impact peut être majeure, moyenne, mineure ou négligeable. La distinction entre mineure et négligeable relève du jugement des spécialistes. Soulignons que les répercussions sur le milieu physique sont davantage considérées comme des modifications que comme des impacts. Les effets de ces modifications constituent des impacts sur les composantes biologiques et humaines. L'importance des impacts positifs n'a pas été précisée.

Aux fins de l'examen du projet par les autorités fédérales, seuls les impacts majeurs sont considérés importants. Les autres sont inclus dans la classe « non importants » au sens de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (LCÉE).

3.1.2 Mesures d'atténuation courantes

Les mesures d'atténuation courantes présentées à l'annexe B sont tirées d'un recueil de clauses environnementales normalisées produites en 2001 par Hydro-Québec en vue de leur intégration aux documents d'appel d'offres. Cette liste exhaustive regroupe l'ensemble des mesures d'atténuation courantes les plus susceptibles d'être appliquées dans le cadre du projet de régularisation des crues du bassin versant du lac Kénogami.

Tableau 3-1 – Grille d'évaluation de l'importance des impacts

Intensité	Étendue	Durée	Importance
Forte	Régionale	Longue	Majeure
		Moyenne	Majeure
		Courte	Moyenne
	Locale	Longue	Majeure
		Moyenne	Moyenne
		Courte	Moyenne
	Ponctuelle	Longue	Moyenne
		Moyenne	Moyenne
		Courte	Mineure ou négligeable
Moyenne	Régionale	Longue	Majeure
		Moyenne	Moyenne
		Courte	Moyenne
	Locale	Longue	Moyenne
		Moyenne	Moyenne
		Courte	Mineure ou négligeable
	Ponctuelle	Longue	Moyenne
		Moyenne	Mineure ou négligeable
		Courte	Mineure ou négligeable
Faible	Régionale	Longue	Moyenne
		Moyenne	Moyenne
		Courte	Mineure ou négligeable
	Locale	Longue	Moyenne
		Moyenne	Mineure ou négligeable
		Courte	Mineure ou négligeable
	Ponctuelle	Longue	Mineure ou négligeable
		Moyenne	Mineure ou négligeable
		Courte	Mineure ou négligeable

4

Modifications du milieu physique

4.1 Régime hydrologique, hydrodynamique et faciès fluviaux

4.1.1 Description des conditions actuelles

Le bassin versant du lac Kénogami couvre une superficie de 3 390 km². Il prend sa source dans la réserve faunique des Laurentides, étant alimenté essentiellement par les rivières Cyriac et Pikauba, ainsi que les affluents de cette dernière, la rivière aux Écorces et la Petite rivière Pikauba. Jusqu'au lac Kénogami, le bassin s'étend sur quelque 85 km de longueur. La pente est forte mais régulière du sud vers le nord, avec des sommets culminant à près de 950 m dans la partie méridionale. Le relief est très accidenté, avec plus de 50 % des terres au-dessus de 600 m. On n'y retrouve toutefois aucun plateau ou dépression lacustre important qui pourrait ralentir l'écoulement de l'eau.

La présence des montagnes augmente l'intensité des précipitations sur les flancs ascendants. Sous cet aspect, le bassin versant du lac Kénogami est l'une des rares régions du Québec soumise de façon importante à ces effets orographiques. Par ailleurs, comme les rivières qui alimentent le réservoir présentent une pente relativement forte, il en résulte que l'eau transite rapidement, ce qui contribue à accentuer l'intensité des crues. On retrouve un important gradient entre la partie nord et la partie sud du bassin versant, avec un maximum de précipitations totales annuelles (ou de neige totale annuelle) dans sa partie sud.

La rivière Pikauba, qui prend sa source dans le lac du même nom, est l'un des principaux affluents du lac Kénogami (voir la carte 2-1 à l'annexe E). Cette rivière coule du sud au nord, et la limite de son bassin versant se situe à environ 75 km au sud de son embouchure. Ses deux principaux affluents sont la rivière aux Écorces (PK 10,5) et la Petite rivière Pikauba (PK 25,7).

Il s'agit d'une rivière à forte pente (0,73 %) sur son cours inférieur, c'est-à-dire entre son embouchure (PK 0) et le PK 30. Dans sa partie médiane, entre le PK 30 et le PK 36, cette pente est réduite à 0,42 %. Au-delà de ce point, et jusqu'au PK 54, son profil est plutôt plat (pente de 0,04 %) ; voir la figure 2-2.

Le bassin versant situé en amont du barrage de la Pikauba a une forme longitudinale dans l'axe nord-sud et couvre une superficie totale de 751 km². Ce bassin versant est particulièrement montagneux, et on y retrouve des élévations de plus de 900 m. Le bassin versant du réservoir Pikauba représente environ 22 % de la superficie totale du bassin versant du lac Kénogami.

Les débits de la rivière Pikauba au PK 30,2 ont été calculés à partir de mesures prises à la station hydrométrique 061022 du ministère de l'Environnement (MENV) et à partir de la série d'apports non contrôlés du lac Kénogami (ANCPTENF). La station 061022 est située à 8,2 km en amont de la confluence de la rivière Apica et est jaugée depuis septembre 1969. La série d'apports ANCPTENF couvre la période de janvier 1913 à décembre 1999.

Le débit moyen annuel de la rivière Pikauba au PK 30,2 calculé sur la période de 1913 à 1999 est de 19,8 m³/s. À cet endroit, les débits mensuels indiquent un étiage hivernal survenant en mars, avec des moyennes de 3,9 m³/s, tandis que les maximums sont enregistrés en mai, avec des moyennes de 118,9 m³/s voir la figure 4-5, la figure 4-6 et la figure 4-7.

4.1.2 Modifications en phase de construction

Le réservoir Pikauba sera créé par la construction d'un barrage en remblai au PK 30,2 et de la digue B à quelques kilomètres au sud-est de ce point (voir la planche 2-1 à l'annexe D). La construction de la digue B requiert la dérivation de l'affluent PP-1 qui occupe la vallée de la digue B et qui se jette dans la Petite rivière Pikauba à environ 300 m en amont de la confluence avec la Pikauba au PK 25,7. Pour réaliser cette dérivation, un batardeau interceptera une partie du bassin versant de cet affluent et servira à créer un bief à la cote 410,5 d'une superficie d'environ 0,9 km². Ce dernier s'écoulera dans un canal qui redirigera les eaux de l'affluent PP-1 vers la rivière Pikauba au PK 32,5 (approximativement).

Ainsi, en phase de construction, un sous-bassin d'un peu moins de 16 km² sera amputé à la Petite rivière Pikauba et ajouté à la rivière Pikauba. La modification des débits des deux rivières sera négligeable. Pour la Petite rivière Pikauba, la réduction de débit ne concerne qu'une distance de 300 m, dans une zone qui est déjà sous l'influence de la rivière Pikauba. Pour la rivière Pikauba, l'augmentation de débit touche un peu moins de 7 km entre la sortie du canal de dérivation, au PK 32,5, et la confluence avec la Petite rivière Pikauba, au PK 25,7.

Toutefois, la construction entraîne la création d'un plan d'eau important en amont du batardeau de dérivation provisoire. Ce plan d'eau aura une superficie d'environ 0,9 km², avec une profondeur moyenne de plus de 2 m et un volume de 1,9 hm³ à la cote 410,5. Les plans d'eau de cette envergure sont plutôt rares dans la vallée immédiate de la rivière

Pikauba. Il faudra aussi s'assurer que les travaux de déboisement seront réalisés avant sa mise en eau.

Aucune autre activité du chantier n'aura d'influence sur les caractéristiques hydrologiques et hydrodynamiques des cours d'eau ou des plans d'eau de la zone d'étude.

4.1.3 Modifications en phase d'exploitation

Les principales caractéristiques du réservoir Pikauba sont présentées à la section 1.3.1 et au tableau 1-5. Rappelons toutefois que le niveau du réservoir sera maintenu aux environs de sa valeur maximale (418,4 m) pour la plus grande partie de l'année, sauf entre le début de janvier et la fin d'avril, où aura lieu la vidange préventive permettant le rabattement du niveau à sa valeur minimale de 400,5 m. Par la suite, la crue de printemps ramènera le niveau d'eau à la cote maximale normale.

Ce mode de gestion, qui permet d'atteindre les objectifs de gestion des crues et de stabilisation du niveau du lac Kénogami en été, déterminera un marnage annuel de près de 18 m et s'accompagnera de fréquentes variations du débit sortant. Les courbes enveloppes des niveaux et des débits sortant du réservoir sont présentés à la figure 4-1 et à la figure 4-2. La courbe enveloppe maximale ou minimale représente, pour chaque jour de l'année, la valeur maximale ou minimale mesurée au cours de la période simulée.

Figure 4-1 – Niveaux simulés (1913-1999) du réservoir Pikauba – Conditions normales

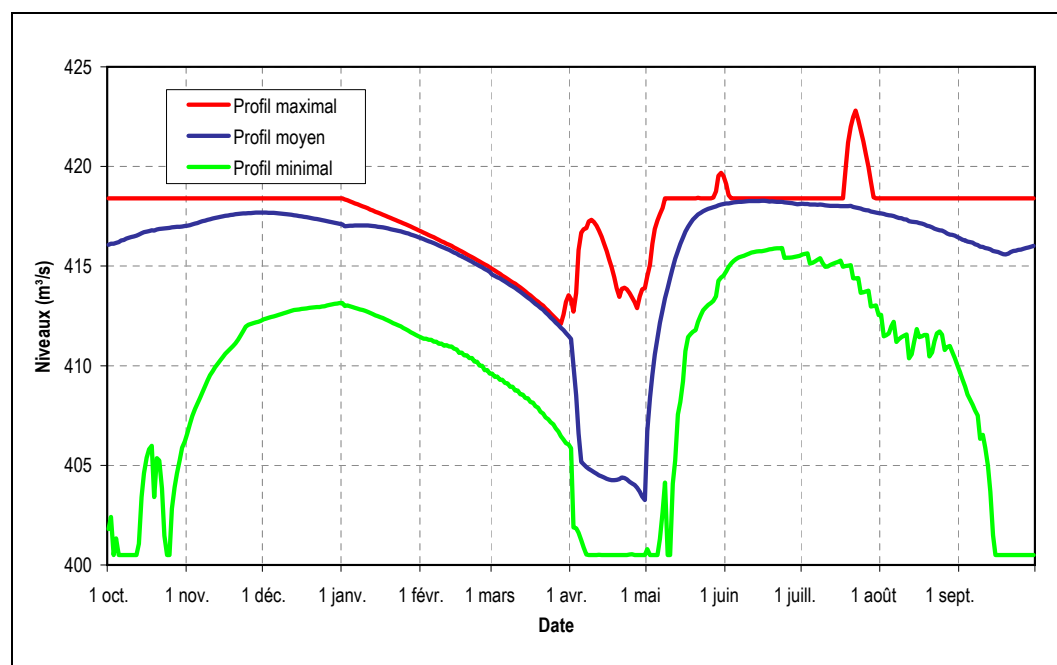
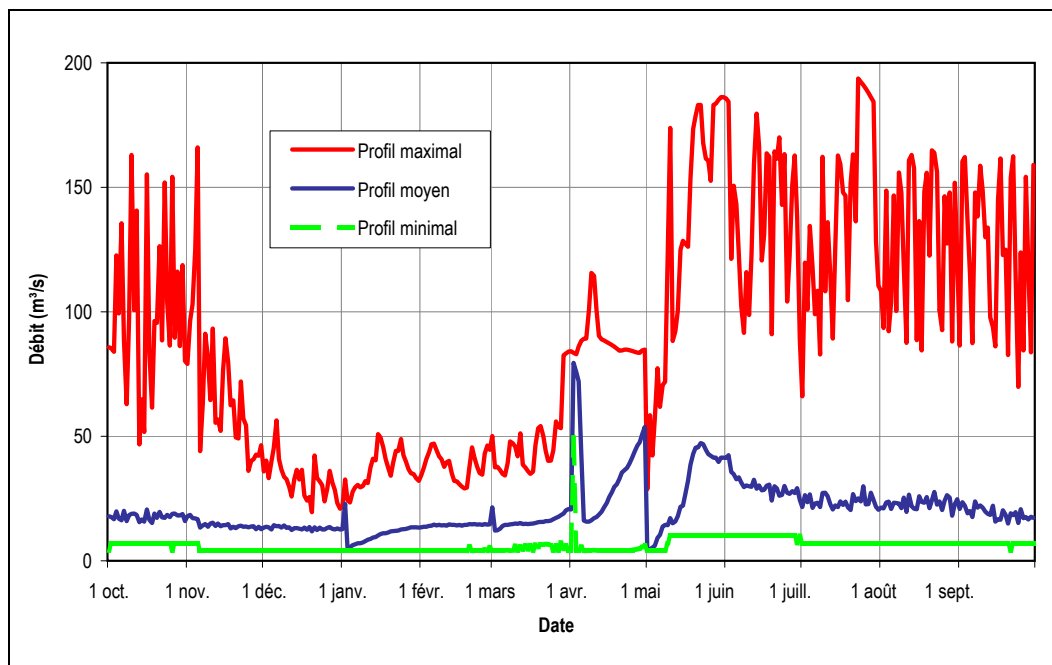


Figure 4-2 – Débits simulés (1913-1999) sortant du réservoir Pikauba – Conditions normales



Afin de pouvoir absorber les crues printanières, le niveau du réservoir Pikauba devra être ramené à la cote minimale de 400,5 m au 1^{er} mai de chaque année. Après le passage de la crue printanière, le niveau du réservoir sera ramené à la cote maximale d'exploitation de 418,4 m. Ce niveau a été établi par calcul et correspond au niveau maximal au-delà duquel la CMP d'été-automne ne pourrait être absorbée.

Le niveau maximal d'exploitation de 418,4 m sera maintenu jusqu'à la fin décembre, puis la vidange du réservoir commencera au début janvier afin de retourner à la cote minimale de 400,5 m au 1^{er} mai. Les débits sortants seront établis afin de respecter ces niveaux en plus de contraintes particulières quant au débit minimal de 42,5 m³/s aux ouvrages de régulation du lac Kénogami pour la production en aval et aux débits écologiques à assurer à l'aval du réservoir Pikauba à diverses périodes de l'année (voir la section 1.6.1).

Des simulations journalières de la gestion du bassin ont été effectuées pour vérifier les impacts de l'ajout du réservoir Pikauba en condition normale d'exploitation. Ces simulations ont montré que la crue printanière la plus forte se serait produite en mai 1972, avec une pointe de 348,6 m³/s. La figure 4-3 montre l'effet de laminage grâce à l'ajout du réservoir Pikauba. Le débit de pointe serait réduit de presque la moitié et serait ramené à 186,2 m³/s. Ces simulations ont également montré que l'étiage d'hiver le plus marqué se serait produit en avril 1970, avec un débit de 1,7 m³/s. La figure 4-4 montre l'effet de l'ajout du réservoir Pikauba sur les étiages de cette année. On y voit que durant presque la totalité des mois de janvier et de février, le débit minimal est de 11 m³/s en moyenne.

Figure 4-3 – Effet de l'aménagement du réservoir Pikauba sur les débits à la hauteur du barrage (PK 30,2) – Données de 1972

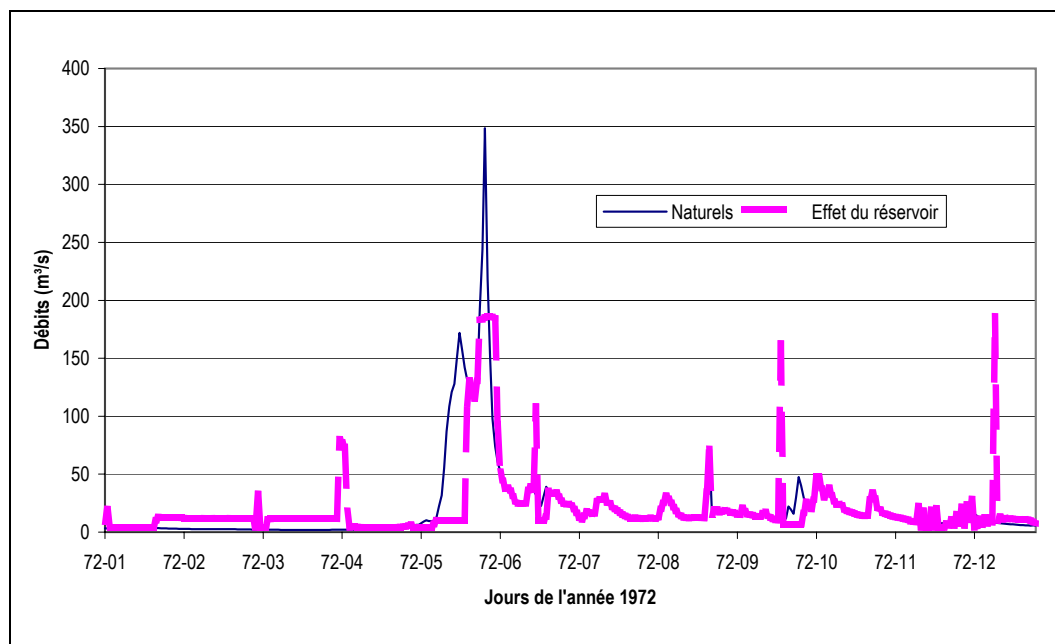
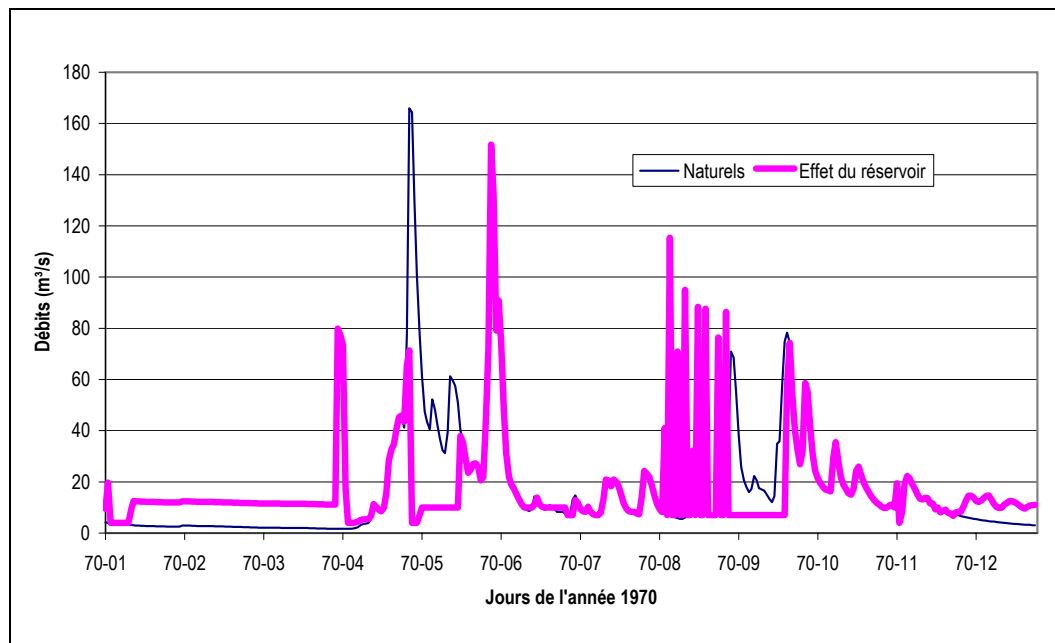


Figure 4-4 – Effet de la construction du réservoir Pikauba sur les débits à la hauteur du barrage (PK 30,2) – Données de 1970



À partir des simulations journalières, les débits minimal, moyen et maximal mensuels ont été calculés pour les conditions avant et après aménagement. Le tableau 4-1 montre les débits moyens mensuels calculés en certains point de la rivière Pikauba avant l'aménagement du réservoir Pikauba, alors que le tableau 4-2 montre les débits moyens mensuels aux mêmes endroits après aménagement. Ces résultats sont illustrés à la figure 4-5 pour les endroits situés immédiatement à l'amont et à l'aval de la confluence de la Petite rivière Pikauba (PK 25,7), et à l'embouchure de la rivière Pikauba dans le lac Kénogami.

Tableau 4-1 – Débits moyens mensuels en certains points de la rivière Pikauba avant aménagement

Lieu ou zone de confluence	Débits (m ³ /s)											
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Pikauba, station 061022 (PK 64,3)	4,3	3,4	3,5	14,7	39,8	19,4	13,5	11,4	11,3	13,2	10,3	6,3
Pikauba, réservoir Pikauba (PK 30,2)	7,1	5,8	6,8	27,4	60,7	30,2	21,4	17,8	19,0	20,9	17,1	9,9
Pikauba, amont Petite r. Pikauba (PK 25,7)	7,5	6,2	7,2	29,1	64,4	32,0	22,8	18,9	20,1	22,2	18,1	10,5
Petite r. Pikauba, amont confluence Pikauba	2,4	1,9	2,0	8,2	22,3	10,9	7,6	6,4	6,3	7,4	5,8	3,5
Pikauba, aval Petite r. Pikauba (PK 25,7)	10,0	8,1	9,2	37,3	86,7	42,9	30,3	25,3	26,5	29,6	23,9	14,0
Pikauba, confluence amont r. aux Écorces	10,2	8,3	9,4	38,1	88,6	43,8	31,0	25,8	27,0	30,2	24,4	14,3
R. aux Écorces ^a , confluence Pikauba (PK 10,5)	5,4	5,0	5,0	17,3	51,6	22,0	16,7	13,2	14,3	16,9	13,0	7,6
Pikauba, confluence aval r. aux Écorces	15,6	13,3	14,4	55,4	140,2	65,8	47,7	39,0	41,3	47,1	37,4	21,9
Pikauba, confluence lac Kénogami	15,9	13,6	14,7	56,5	143,1	67,2	48,7	39,9	42,2	48,1	38,2	22,4

a. Les données relatives à la rivière aux Écorces concernent la période 1969-2000. Toutes les autres données du tableau concernent la période 1913-2000.

Tableau 4-2 – Débits moyens mensuels en certains points de la rivière Pikauba après aménagement

Lieu ou zone de confluence	Débits (m ³ /s)											
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Pikauba, station 061022 (PK 64,3)	4,3	3,4	3,5	14,7	39,8	19,4	13,5	11,4	11,3	13,2	10,3	6,3
Pikauba, réservoir Pikauba (PK 30,2)	10,7	14,3	15,8	35,0	25,7	30,3	23,7	23,1	19,1	17,8	14,5	13,1
Pikauba, amont Petite r. Pikauba (PK 25,7)	11,0	14,6	16,2	35,9	28,2	31,1	24,3	23,7	19,6	18,2	14,9	13,5
Petite r. Pikauba, amont confluence Pikauba	2,4	1,9	2,0	8,2	22,3	10,9	7,6	6,4	6,3	7,4	5,8	3,5
Pikauba, aval Petite r. Pikauba (PK 25,7)	13,4	16,6	18,2	44,1	50,5	41,9	31,9	30,1	25,9	25,6	20,6	17,0
Pikauba, confluence amont r. aux Écorces	13,7	16,9	18,6	45,1	51,6	42,9	32,6	30,7	26,5	26,2	21,1	17,3
R. aux Écorces ^a , confluence Pikauba (PK 10,5)	5,4	5,0	5,0	17,3	51,6	22,0	16,7	13,2	14,3	16,9	13,0	7,6
Pikauba, confluence aval r. aux Écorces	19,1	21,9	23,6	62,3	103,2	64,8	49,3	44,0	40,7	43,0	34,1	25,0
Pikauba, confluence lac Kénogami	19,5	22,4	24,1	63,6	105,4	66,2	50,3	44,9	41,6	43,9	34,8	25,5

a. Les données relatives à la rivière aux Écorces concernent la période 1969-2000. Toutes les autres données du tableau concernent la période 1913-2000.

À l'examen de la figure 4-5, du tableau 4-1 et du tableau 4-2, on peut voir que l'aménagement du réservoir Pikauba permet l'augmentation des débits d'étiage l'hiver. Par exemple, au mois de février, le débit moyen passe de 6,2 m³/s à 14,6 m³/s au PK 25. Cette augmentation de 8,4 m³/s représente une augmentation relative de 135 % du débit moyen mensuel sur le tronçon situé entre le barrage (PK 30,2) et le point de confluence de la Petite rivière Pikauba (PK 25,7). Cependant, la Petite rivière Pikauba atténue cette augmentation relative, puisque le débit moyen passe de 8,1 m³/s à 16,6 m³/s au PK 25. Cette augmentation de 8,5 m³/s représente une augmentation relative de 105 %. Il en va de même tout le long de la rivière Pikauba jusqu'à son embouchure, l'écart relatif étant atténué par les apports du bassin intermédiaire et ceux de la rivière aux Écorces.

La figure 4-6 et la figure 4-7 montrent les débits minimaux et maximaux mensuels des simulations journalières aux mêmes points qu'à la figure 4-5. Les mêmes conclusions peuvent être tirées de ces figures quant à l'effet régulateur du réservoir et de la gestion proposée.

Figure 4-5 – Débits moyens mensuels en divers points de la rivière Pikauba avant et après aménagement

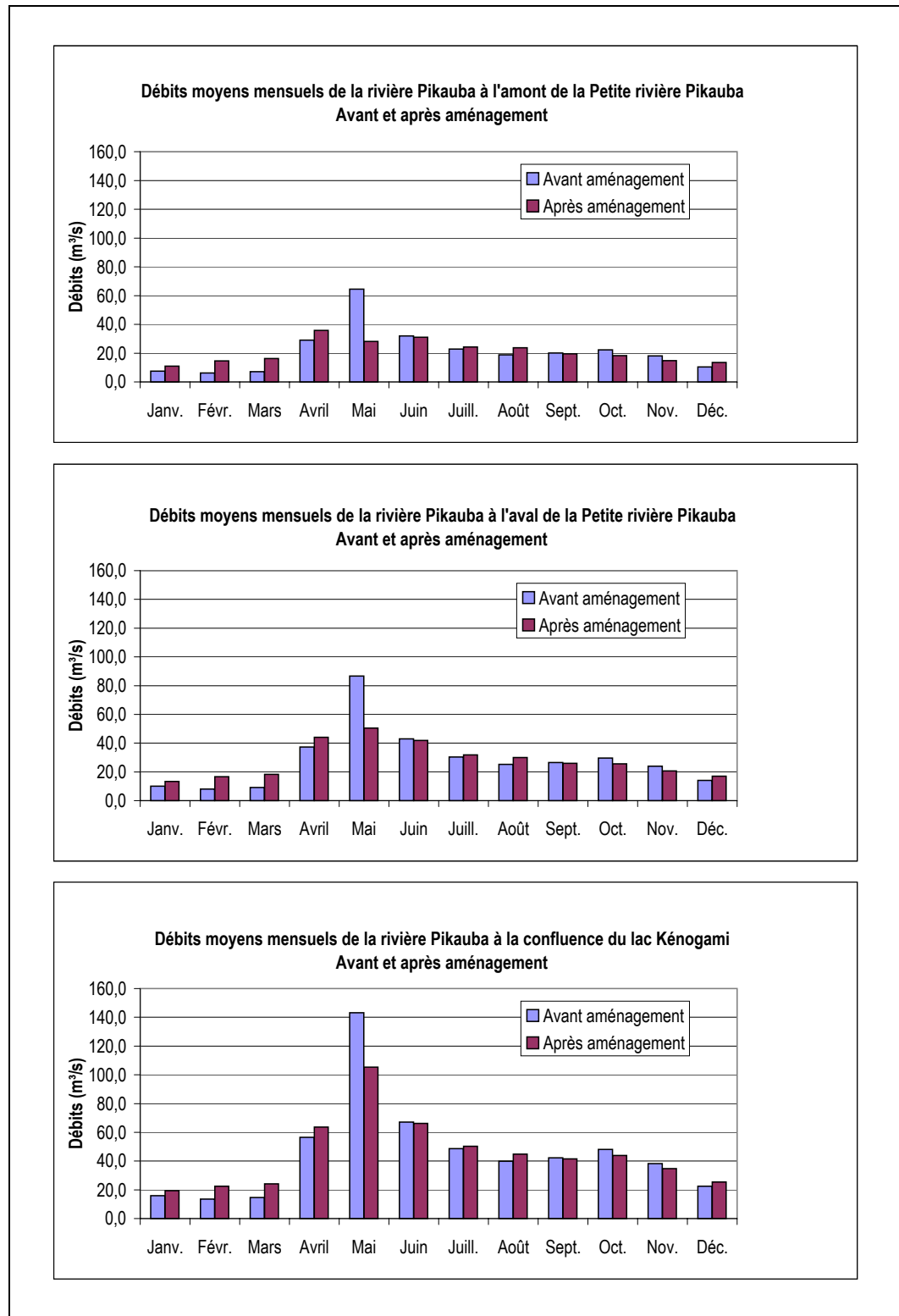


Figure 4-6 – Débits minimaux mensuels en divers points de la rivière Pikauba avant et après aménagement

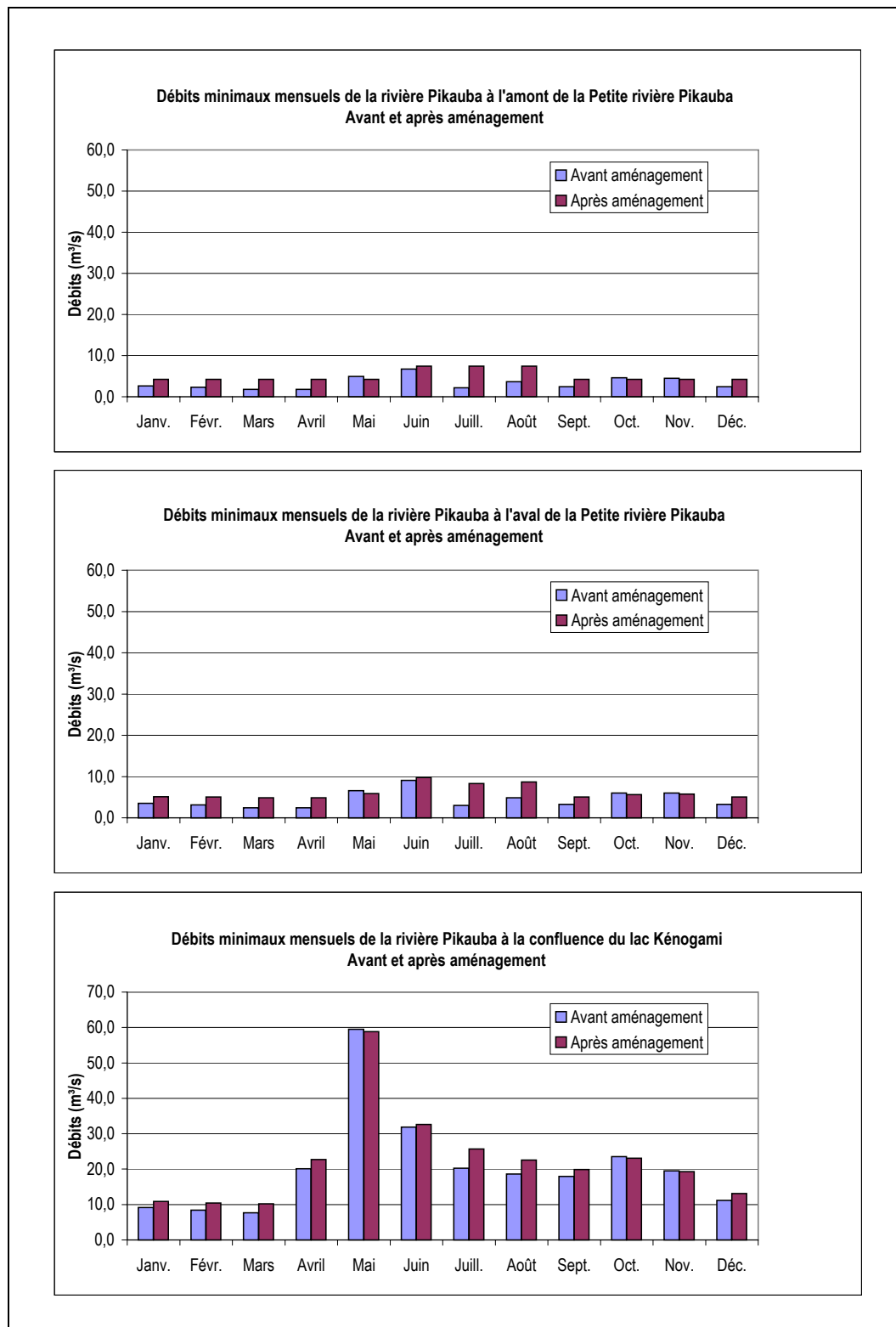
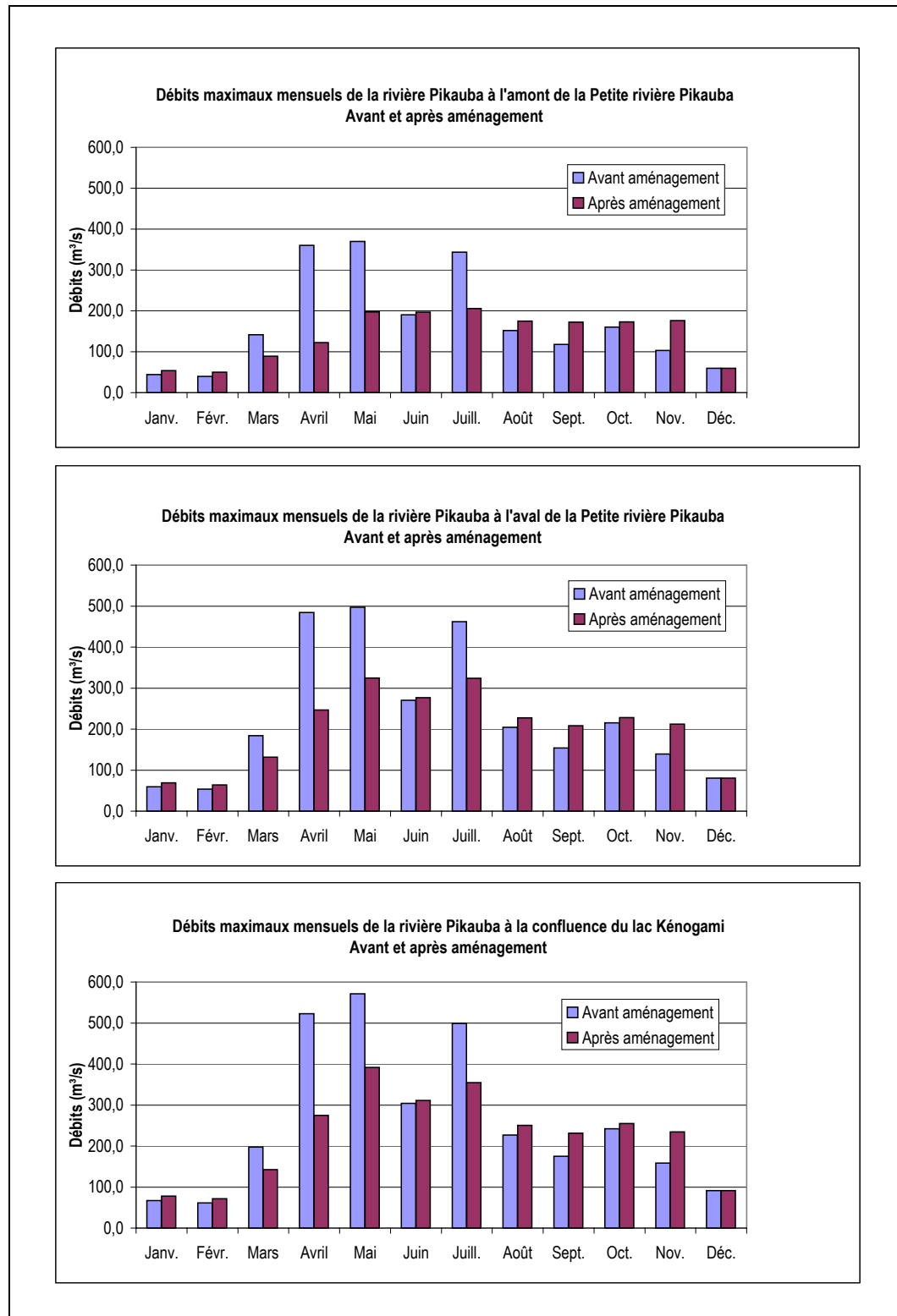


Figure 4-7 – Débits maximaux mensuels en divers points de la rivière Pikauba avant et après aménagement



4.2 Régime thermique

4.2.1 Description des conditions actuelles

Le bassin de la rivière Pikauba (incluant la Petite rivière Pikauba et la rivière aux Écorces) a été le sujet de nombreuses mesures des niveaux et des températures de l'eau sous formes de séries temporelles de 1998 à 2001. De plus, des séries de météorologie de Bagotville sont disponibles à cadence horaire de 1953 à maintenant et ont été retenues pour les calculs et les analyses. Dans les données d'observation, l'année 2001 est l'année la mieux couverte par la campagne d'observation. Elle a été reconstituée du point de vue du débit, des conditions météorologiques et, par calcul, de la température de l'eau. Les résultats de calcul et les observations ont été comparés, et les coefficients d'ajustement, adaptés légèrement pour améliorer la correspondance du calcul et de l'observation. Les écarts ont été analysés.

La période de 1974 à 1990 a été retenue pour les calculs, puisqu'elle représente une durée suffisante pour les besoins de représentativité et elle est bien couverte par les séries hydrométéorologiques et les séries de simulation de gestion du réservoir Pikauba. Le tableau 4-3 et le tableau 4-4 présentent les résultats du calcul sur la période allant de 1974 à 1990, avec les mêmes intrants météorologiques et les mêmes paramètres d'ajustement. La figure 4-8 et suivantes jusqu'à la figure 4-13 reprennent ces résultats sous forme de séries temporelles permettant de comparer les états actuel et futur.

Dans les grandes lignes, la température de l'eau au PK 0 est voisine de 0 °C de la mi-novembre à la mi-avril. De la mi-avril à la fin de juin, l'eau se réchauffe et atteint un sommet dont la moyenne à long terme est voisine de 18 °C. Au cours des mois de juillet et août, les minimum et maximum absolus sont respectivement de 13 et de 25 °C.

En amont, la température estivale de l'eau diminue au fur et à mesure que l'altitude augmente. Au PK 56, l'altitude dépasse 400 m et la la moyenne journalière de la température de l'eau est d'environ 1 à 2 °C plus basse qu'au PK 0.

4.2.2 Modifications en phase de construction

Puisque le réservoir Pikauba ne sera pas mis en eau pendant la construction, aucune modification du régime thermique de la rivière Pikauba ou des autres cours d'eau et plans d'eau de la zone d'étude n'est prévue. En effet, la dérivation de l'affluent PP-1 de la Petite rivière Pikauba a un impact négligeable sur le régime des glaces de la rivière Pikauba.

Tableau 4-3 – Température de l'eau avant et après aménagement – Exutoire du réservoir Pikauba

Date	Situation actuelle				Situation future				Différence (valeur future moins valeur actuelle)			
	Moyenne (°C)	Min. (°C)	Max. (°C)	Étendue (°C)	Moyenne (°C)	Min. (°C)	Max. (°C)	Étendue (°C)	Moyenne (°C)	Min. (°C)	Max. (°C)	Étendue (°C)
01-04	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,4	2,1	1,7	1,1	0,4	2,1	1,7
01-11	0,0	0,0	0,1	0,1	1,1	0,4	2,0	1,6	1,1	0,4	1,9	1,5
01-18	0,0	0,0	0,1	0,1	1,0	0,4	1,8	1,4	1,0	0,4	1,7	1,3
01-25	0,0	0,0	0,1	0,1	1,0	0,4	1,7	1,3	1,0	0,4	1,6	1,2
02-01	0,0	0,0	0,1	0,1	0,9	0,4	1,6	1,2	0,9	0,4	1,5	1,1
02-08	0,0	0,0	0,2	0,2	0,9	0,4	1,6	1,2	0,9	0,4	1,4	1,0
02-15	0,0	0,0	— a	—	0,8	0,4	1,5	1,1	0,8	0,4	—	—
02-22	0,0	0,0	— a	—	0,7	0,4	1,4	1,0	0,7	0,4	—	—
03-01	0,0	0,0	— a	—	0,7	0,4	1,1	0,7	0,7	0,4	—	—
03-08	0,0	0,0	— a	—	0,6	0,3	1,0	0,7	0,6	0,3	—	—
03-15	0,0	0,0	— a	—	0,6	0,2	0,9	0,7	0,6	0,2	—	—
03-22	0,0	0,0	— a	—	0,5	0,1	0,8	0,7	0,5	0,1	—	—
03-29	0,0	0,0	— a	—	0,4	0,1	0,7	0,6	0,4	0,1	—	—
04-05	0,1	0,0	— a	—	0,3	0,0	0,6	0,6	0,2	-0,0	—	—
04-12	0,2	0,0	— a	—	0,2	0,0	0,5	0,5	0,0	-0,0	—	—
04-19	0,3	0,0	— a	—	0,1	0,0	0,8	0,8	-0,2	-0,0	—	—
04-26	1,5	0,0	— a	—	0,7	0,1	2,1	2,0	-0,8	0,1	—	—
05-03	3,7	0,2	— a	—	2,1	0,4	4,1	3,7	-1,6	0,2	—	—
05-10	5,2	0,8	10,6	9,8	3,6	1,1	5,9	4,8	-1,6	0,3	-4,7	-5,0
05-17	6,6	1,7	11,6	9,9	4,8	2,3	7,3	5,0	-1,8	0,6	-4,3	-4,9
05-24	8,2	2,9	13,7	10,8	5,7	3,5	8,4	4,9	-2,5	0,6	-5,3	-5,9
05-31	9,7	4,1	15,8	11,7	6,4	4,3	9,2	4,9	-3,3	0,2	-6,6	-6,8
06-07	10,9	4,5	17,5	13,0	7,1	4,9	9,6	4,7	-3,8	0,4	-7,9	-8,3
06-14	12,0	5,3	18,8	13,5	7,9	5,3	10,1	4,8	-4,1	-0,0	-8,7	-8,7
06-21	13,1	7,1	20,6	13,5	8,6	6,3	11,0	4,7	-4,5	-0,8	-9,6	-8,8
06-28	14,1	8,5	22,5	14,0	9,4	7,6	11,9	4,3	-4,7	-0,9	-10,6	-9,7
07-05	15,0	9,1	24,1	15,0	10,0	8,4	12,7	4,3	-5,0	-0,7	-11,4	-10,7
07-12	15,8	10,1	24,1	14,0	10,7	9,0	13,4	4,4	-5,1	-1,1	-10,7	-9,6
07-19	16,2	11,1	23,6	12,5	11,5	9,6	14,1	4,5	-4,7	-1,5	-9,5	-8,0
07-26	16,3	11,2	24,1	12,9	12,1	10,3	15,1	4,8	-4,2	-0,9	-9,0	-8,1
08-02	16,4	11,1	24,0	12,9	12,5	10,6	16,1	5,5	-3,9	-0,5	-7,9	-7,4
08-09	16,2	10,9	23,1	12,2	12,8	10,5	16,3	5,8	-3,4	-0,4	-6,8	-6,4
08-16	15,5	10,3	22,2	11,9	12,8	10,4	15,7	5,3	-2,7	0,1	-6,5	-6,6
08-23	14,8	9,6	21,2	11,6	12,7	10,2	15,4	5,2	-2,1	0,6	-5,8	-6,4
08-30	14,1	9,2	20,8	11,6	12,3	9,8	15,4	5,6	-1,8	0,6	-5,4	-6,0
09-06	13,1	8,7	20,3	11,6	11,7	9,2	15,1	5,9	-1,4	0,5	-5,2	-5,7
09-13	11,5	7,4	18,7	11,3	10,7	8,1	14,1	6,0	-0,8	0,7	-4,6	-5,3
09-20	10,0	5,6	16,7	11,1	9,4	6,6	12,9	6,3	-0,6	1,0	-3,8	-4,8
09-27	8,5	3,7	14,7	11,0	8,1	5,0	11,5	6,5	-0,4	1,3	-3,2	-4,5
10-04	7,1	2,5	13,2	10,7	6,6	3,8	9,6	5,8	-0,5	1,3	-3,6	-4,9
10-11	5,8	2,0	11,3	9,3	5,2	3,1	7,8	4,7	-0,6	1,1	-3,5	-4,6
10-18	4,6	0,9	9,5	8,6	4,2	2,7	6,5	3,8	-0,4	1,8	-3,0	-4,8
10-25	3,6	0,1	9,4	9,3	3,6	2,1	5,2	3,1	-0,0	2,0	-4,2	-6,2
11-01	2,8	0,0	8,9	8,9	3,3	1,9	4,4	2,5	0,5	1,9	-4,5	-6,4
11-08	2,0	0,0	6,9	6,9	3,2	1,9	4,1	2,2	1,2	1,9	-2,8	-4,7
11-15	0,9	0,0	4,4	4,4	3,1	1,9	3,9	2,0	2,2	1,9	-0,5	-2,4
11-22	0,2	0,0	2,6	2,6	2,8	1,7	3,7	2,0	2,6	1,7	1,1	-0,6
11-29	0,1	0,0	2,0	2,0	2,4	1,4	3,4	2,0	2,3	1,4	1,4	-0,0
12-06	0,1	0,0	1,3	1,3	2,1	1,2	3,2	2,0	2,0	1,2	1,9	0,7
12-13	0,0	0,0	0,4	0,4	1,8	1,0	3,0	2,0	1,8	1,0	2,6	1,6
12-20	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,7	2,6	1,9	1,5	0,7	2,6	1,9
12-27	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,5	2,4	1,9	1,4	0,5	2,4	1,9

a. Période non simulée ; voir figure 4-10.

Tableau 4-4 – Température de l'eau avant et après aménagement – Embouchure de la rivière Pikauba

Date	Situation actuelle				Situation future				Différence (valeur future moins valeur actuelle)			
	Moyenne (°C)	Min. (°C)	Max. (°C)	Étendue (°C)	Moyenne (°C)	Min. (°C)	Max. (°C)	Étendue (°C)	Moyenne (°C)	Min. (°C)	Max. (°C)	Étendue (°C)
01-04	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1
01-11	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,1	0,1
01-18	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
01-25	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	-0,1	-0,10
02-01	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
02-08	0,0	0,0	— a	—	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0	—	—
02-15	0,0	0,0	— a	—	0,0	0,0	0,8	0,8	0,0	0,0	—	—
02-22	0,0	0,0	— a	—	0,1	0,0	1,2	1,2	0,1	0,0	—	—
03-01	0,0	0,0	— a	—	0,1	0,0	1,7	1,7	0,1	0,0	—	—
03-08	0,0	0,0	— a	—	0,2	0,0	2,3	2,3	0,2	0,0	—	—
03-15	0,0	0,0	— a	—	0,4	0,0	2,7	2,7	0,4	0,0	—	—
03-22	0,0	0,0	— a	—	0,7	0,0	3,4	3,4	0,7	0,0	—	—
03-29	0,0	0,0	— a	—	0,9	0,0	3,4	3,4	0,9	0,0	—	—
04-05	0,1	0,0	— a	—	0,9	0,0	3,4	3,4	0,8	0,0	—	—
04-12	0,2	0,0	— a	—	1,2	0,0	3,9	3,9	1,0	0,0	—	—
04-19	0,3	0,0	— a	—	1,5	0,0	5,0	5,0	1,2	0,0	—	—
04-26	2,0	0,0	— a	—	2,5	0,1	7,5	7,4	0,5	0,1	—	—
05-03	4,5	0,4	— a	—	4,5	0,6	9,8	9,2	0,0	0,2	—	—
05-10	6,3	1,4	11,8	10,4	6,5	1,6	11,5	9,9	0,2	0,2	-0,3	-0,5
05-17	7,9	2,6	13,3	10,7	8,1	3,0	13,2	10,2	0,2	0,4	-0,1	-0,5
05-24	9,5	4,0	15,0	11,0	9,8	4,8	14,6	9,8	0,3	0,8	-0,4	-1,2
05-31	11,0	5,2	16,9	11,7	11,2	6,0	16,0	10,0	0,2	0,8	-0,9	-1,7
06-07	12,2	5,5	18,3	12,8	12,4	6,1	17,3	11,2	0,2	0,6	-1,0	-1,6
06-14	13,4	6,4	19,3	12,9	13,5	7,3	18,4	11,1	0,1	0,9	-0,9	-1,8
06-21	14,5	8,3	21,0	12,7	14,6	9,3	20,0	10,7	0,1	1,0	-1,0	-2,0
06-28	15,5	9,6	22,4	12,8	15,6	10,3	21,5	11,2	0,1	0,7	-0,9	-1,6
07-05	16,4	10,3	23,5	13,2	16,5	10,9	22,5	11,6	0,1	0,6	-1,0	-1,6
07-12	17,1	11,3	23,8	12,5	17,2	12,2	23,1	10,9	0,1	0,9	-0,7	-1,6
07-19	17,5	12,3	23,8	11,5	17,6	13,3	23,2	9,9	0,1	1,0	-0,6	-1,6
07-26	17,6	12,5	24,3	11,8	17,8	13,6	23,3	9,7	0,2	1,1	-1,0	-2,1
08-02	17,7	12,4	24,0	11,6	17,9	13,5	23,2	9,7	0,2	1,1	-0,8	-1,9
08-09	17,4	12,2	23,3	11,1	17,7	13,2	22,6	9,4	0,3	1,0	-0,7	-1,7
08-16	16,8	11,7	22,8	11,1	17,1	12,6	22,0	9,4	0,3	0,9	-0,8	-1,7
08-23	16,0	10,9	22,2	11,3	16,2	11,8	21,4	9,6	0,2	0,9	-0,8	-1,7
08-30	15,3	10,5	21,5	11,0	15,5	11,0	20,5	9,5	0,2	0,5	-1,0	-1,5
09-06	14,3	10,1	20,7	10,6	14,4	10,4	19,4	9,0	0,1	0,3	-1,3	-1,6
09-13	12,8	8,7	19,3	10,6	12,9	9,1	18,1	9,0	0,1	0,4	-1,2	-1,6
09-20	11,3	6,8	17,6	10,8	11,4	7,1	16,7	9,6	0,1	0,3	-0,9	-1,2
09-27	9,9	4,9	15,8	10,9	10,0	5,2	15,4	10,2	0,1	0,3	-0,4	-0,7
10-04	8,5	3,8	14,3	10,5	8,6	4,1	14,1	10,0	0,1	0,3	-0,2	-0,5
10-11	7,1	3,2	12,6	9,4	7,2	3,4	12,0	8,6	0,1	0,2	-0,6	-0,8
10-18	5,9	1,7	11,1	9,4	5,9	1,9	10,6	8,7	0,0	0,2	-0,5	-0,7
10-25	5,0	0,7	11,1	10,4	4,9	0,8	10,6	9,8	-0,1	0,1	-0,5	-0,6
11-01	4,1	0,4	10,5	10,1	4,1	0,5	9,9	9,4	0,0	0,1	-0,6	-0,7
11-08	3,1	0,2	8,4	8,2	3,1	0,2	7,7	7,5	0,0	0,0	-0,7	-0,7
11-15	1,7	0,0	5,8	5,8	1,7	0,0	5,3	5,3	0,0	0,0	-0,5	-0,5
11-22	0,7	0,0	3,9	3,9	0,8	0,0	3,8	3,8	0,1	0,0	-0,1	-0,1
11-29	0,4	0,0	3,3	3,3	0,5	0,0	3,3	3,3	0,1	0,0	0,0	0,0
12-06	0,2	0,0	2,5	2,5	0,2	0,0	2,5	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0
12-13	0,1	0,0	1,1	1,1	0,1	0,0	1,2	1,2	0,0	0,0	0,1	0,1
12-20	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	0,1	0,1
12-27	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0

a. Période non simulée ; voir figure 4-13.

Tableau 4-5 – Temps de renouvellement de l'eau dans le réservoir Pikauba

Moyenne mensuelle du temps (j) de traversée du réservoir de l'eau entrant durant le mois indiqué												
	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Moyennes	62	42	21	7	30	57	64	64	62	82	97	83
Minimum	50	29	15	3	10	33	41	26	12	22	43	73
Maximum	74	48	32	11	51	88	91	109	101	117	112	97
Moyenne mensuelle du temps (j) de traversée du réservoir de l'eau sortant durant le mois indiqué												
	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Moyennes	86	103	66	11	11	29	46	58	63	62	61	71
Minimum	52	71	32	2	6	19	35	40	20	11	27	37
Maximum	107	127	100	25	16	39	57	77	88	89	106	104

4.2.3 Modifications en phase d'exploitation

4.2.3.1 Le réservoir Pikauba ou l'amont du PK 30,2

Outre les conditions météorologiques, les principaux paramètres dont il faut tenir compte dans l'évaluation des modifications du régime thermique de la rivière Pikauba en aval du réservoir Pikauba sont les caractéristiques thermiques du réservoir lui-même, à savoir : le temps de renouvellement de l'eau du réservoir, et la présence ou non d'une stratification thermique.

4.2.3.2 Temps de renouvellement de l'eau du réservoir Pikauba

Le tableau 4-5 présente des estimations du temps de renouvellement de l'eau du réservoir Pikauba. Dans les grandes lignes, on peut identifier trois grandes périodes, soit :

- l'eau qui entre dans le réservoir en mars, avril et mai y séjourne entre une et quatre semaines, en moyenne ;
- l'eau qui y entre en juin, juillet, août et septembre y séjourne environ deux mois ;
- l'eau qui y entre en début d'hiver y passe environ trois mois.

L'eau qui entre plus tard en hiver y passe moins de temps, puisqu'elle est complètement évacuée en avril.

4.2.3.3 Stratification thermique du réservoir Pikauba

Le régime thermique du réservoir Pikauba est différent de celui qu'on retrouve fréquemment dans les lacs et dans la majorité des autres réservoirs du Québec dont la profondeur dépasse 20 m. Dans ceux-ci l'exutoire est peu profond, et l'eau profonde a tendance à résider plus longtemps en été et en hiver. Dans la partie profonde, on peut mesurer des températures de 3 à 4 °C en hiver et de 5 à 8 °C en été. Dans le cas du réservoir Pikauba, l'exutoire est en profondeur, de sorte que l'eau profonde est la première évacuée ; elle séjourne donc moins longtemps dans le réservoir que l'eau superficielle. Le réservoir présentera une stratification thermique faible en été et en hiver.

4.2.3.4 Rivière Pikauba à l'aval immédiat du réservoir (PK 30)

La figure 4-8, la figure 4-9 et la figure 4-10 présentent les conditions avant et après aménagement du régime thermique à l'aval immédiat du réservoir, soit à l'aval du canal de fuite de l'ouvrage régulateur, au PK 30. La figure 4-8 montre la moyenne à long terme de la température de l'eau ; on y note les différences suivantes :

- À la fin de décembre, en janvier, en février et en mars, l'eau est à 0 °C dans les conditions actuelles et sera plutôt comprise entre 0,5 et 1 °C en présence du réservoir.
- En avril, après aménagement, la température de l'eau se rapprochera de 0 °C à l'occasion de la vidange du réservoir, puis amorcera le réchauffement saisonnier à peu près à la même date que dans les conditions actuelles.
- De mai à septembre, l'eau sera plus froide que dans les conditions actuelles ; à partir du début de mai, l'écart s'accroîtra jusqu'à un maximum d'environ 5 °C au début de juillet, puis diminuera pour devenir faible à la fin de septembre.
- En octobre, l'écart de température de l'eau entre les situations actuelle et future est inférieur à 1 °C.
- En novembre et au début de décembre, la température de l'eau se refroidit plus lentement après aménagement, passant de 3 à 1,5 °C, alors que dans les conditions actuelles, elle est déjà à 0 °C dans cet intervalle.

La figure 4-9 présente la comparaison des minima instantanés de la température de l'eau sur toute la durée représentée. Pour l'essentiel, elle indique que les minima ont des valeurs voisines avant et après la création du réservoir Pikauba. Le principal écart se présente en octobre et novembre, où les minima de l'état futur seraient plus chauds que ceux de l'état actuel de 1 à 2 °C. D'autre part, en été, dans les conditions actuelles, les minima sont atteints durant quelques heures par jour, lors des jours les plus froids ; après aménagement, ils sont plus soutenus parce qu'ils sont dus à l'eau provenant directement du réservoir.

La figure 4-10 présente la comparaison des maxima instantanés de la température de l'eau sur toute la durée représentée. De la mi-mai à la mi-novembre, les maxima de la situation actuelle sont nettement plus élevés que ceux de la situation future. Par exemple, sur la période couverte par les calculs, on retrouve au PK 30 un maximum de 24 °C et de 16 °C à l'exutoire du réservoir à la fin de juillet. La situation s'inverse de la mi-novembre à février.

Figure 4-8 – Moyenne à long terme de la température de l'eau à l'exutoire du réservoir Pikauba – Comparaison entre les conditions actuelles et futures

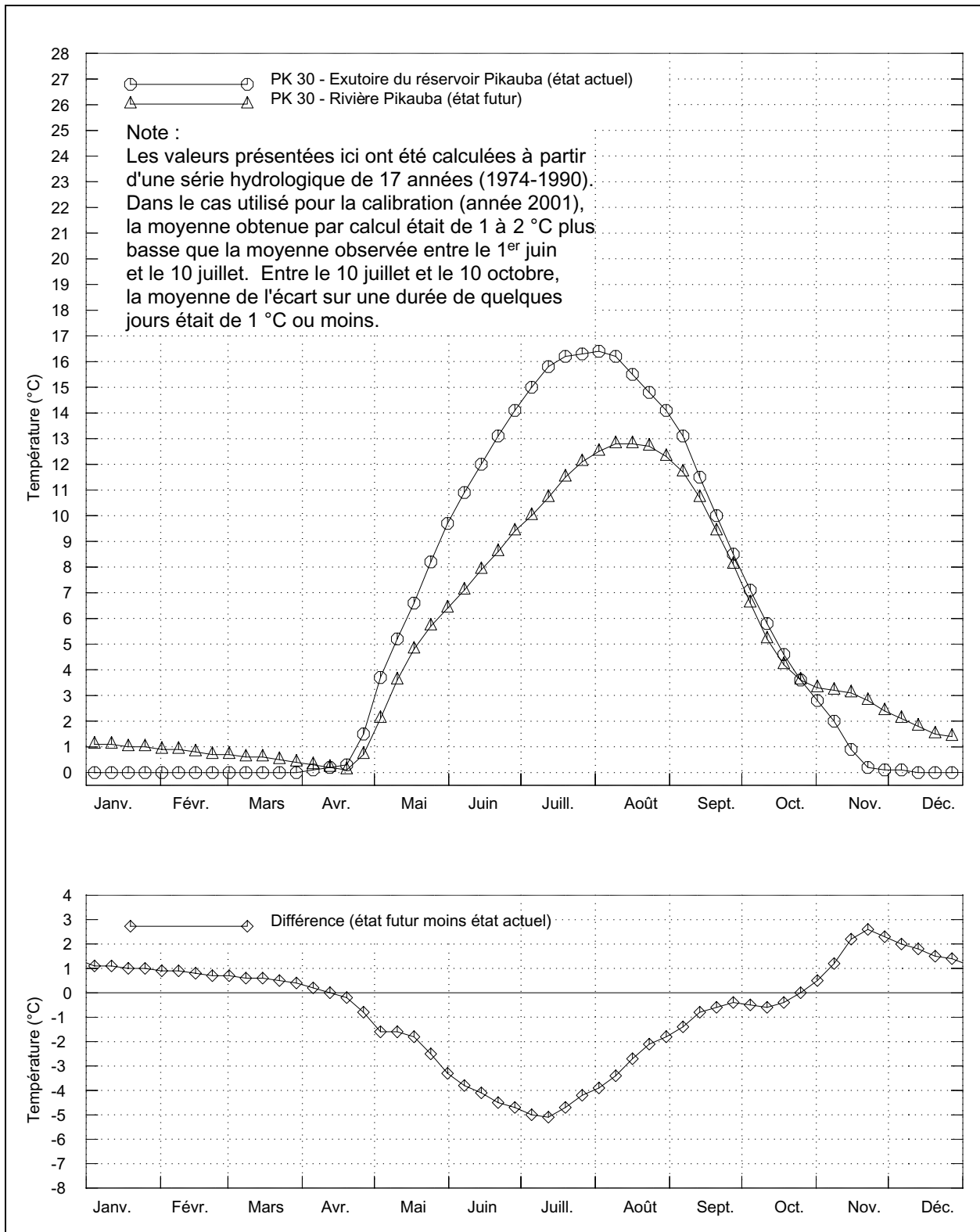


Figure 4-9 – Minima de la température de l'eau à l'exutoire du réservoir Pikauba – Comparaison entre les conditions actuelles et futures

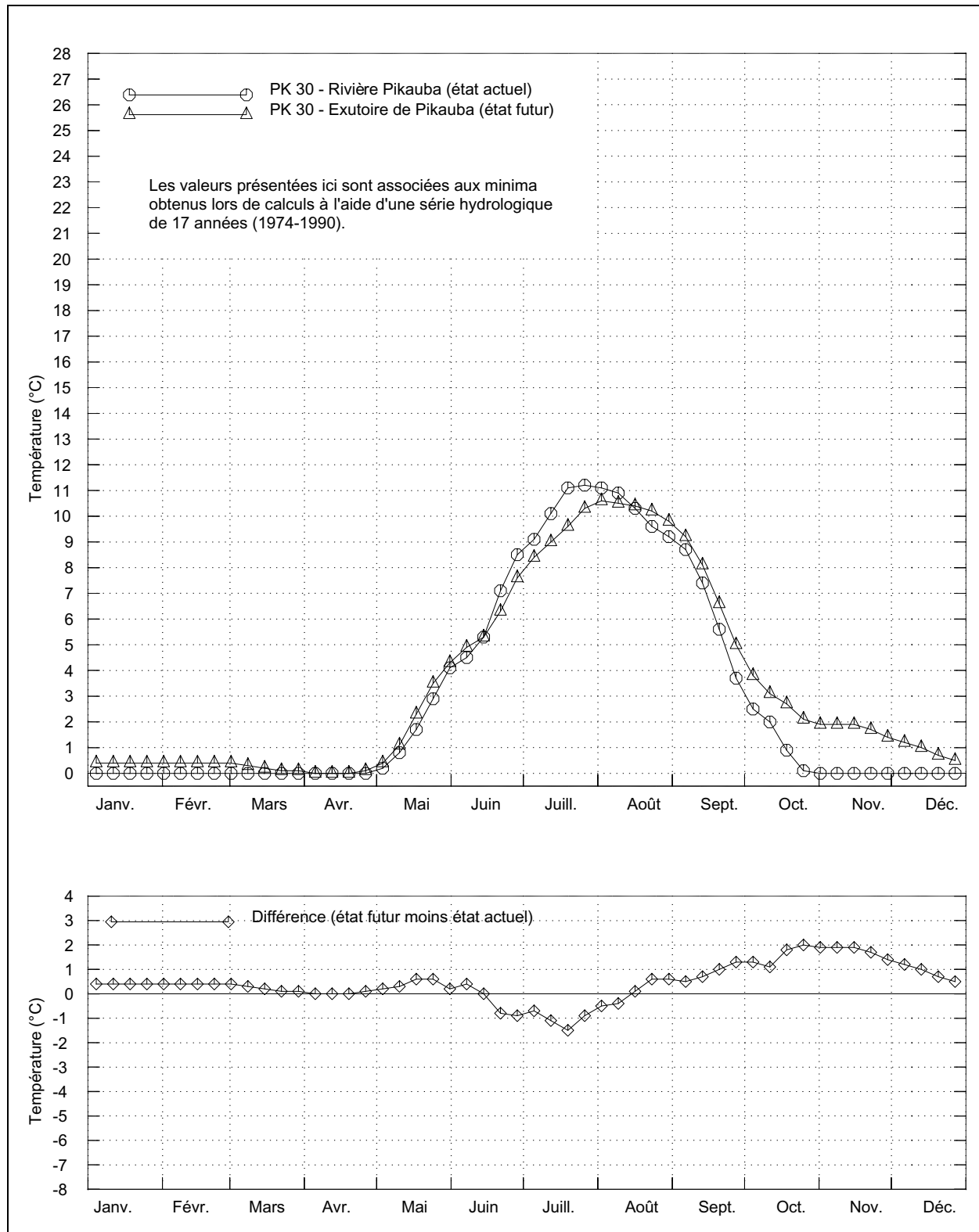
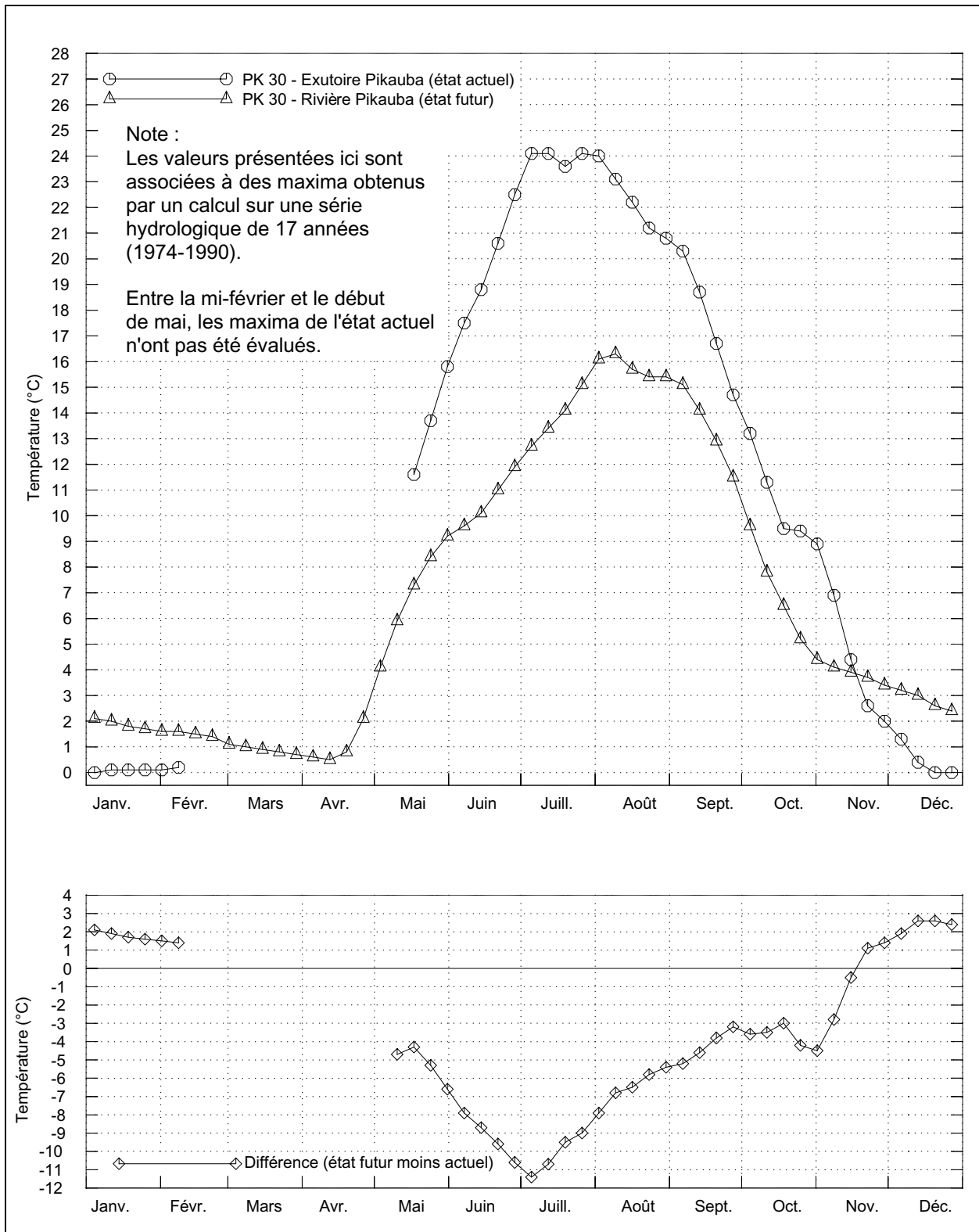


Figure 4-10 – Maxima de la température de l'eau à l'exutoire du réservoir Pikauba – Comparaison entre les conditions actuelles et futures



4.2.3.5 Rivière Pikauba à l'embouchure (PK 0)

La figure 4-11, la figure 4-12 et la figure 4-13 portent respectivement sur les températures moyenne, minimale et maximale de l'eau au PK 0, c'est-à-dire au point de confluence de la rivière Pikauba dans le lac Kénogami. Ces figures montrent que l'écart entre les situations actuelle et future au PK 0 est faible en comparaison avec l'écart qui est prévu au PK 30, tant du point de vue des moyennes que des minima et des maxima.

Ce résultat s'explique par deux influences. D'une part, après avoir quitté le réservoir Pikauba, l'eau parcourt 30 km, ce qui lui permet de s'ajuster partiellement aux conditions ambiantes et, ainsi, de se rapprocher de la température qu'elle présenterait dans l'état actuel pour les mêmes conditions. D'autre part, le débit du réservoir Pikauba est dilué dans celui de ses affluents, la Petite rivière Pikauba et la rivière aux Écorces ; le débit de ces rivières a un régime thermique typique des rivières non aménagées, semblable à celui de la rivière Pikauba dans l'état actuel.

Par ailleurs, pour ce qui est des modifications en conditions de crue ou d'étiage, la présence du réservoir Pikauba se fait sentir ainsi :

- Lors de crues dans le bassin versant, la proportion de l'eau en provenance de la haute Pikauba devient faible dans le débit total car la crue de la haute Pikauba est retenue par le réservoir, mais elle est présente dans les affluents Petite rivière Pikauba et rivière aux Écorces ; ainsi, en crue, le régime thermique est celui de la situation actuelle.
- En étiage, la proportion du débit du réservoir augmente au PK 0, et il en résulte un débit un peu plus grand que dans la situation actuelle. Cela a peu d'effet sur le régime thermique, car en étiage l'eau prend plus de temps pour rejoindre le PK 0 et dispose donc de plus de temps pour s'ajuster aux conditions ambiantes et se rapprocher de l'état actuel.

Il est prévu que la limite d'influence directe de l'aménagement du réservoir Pikauba sur le régime thermique des plans d'eau se situera à la confluence de la Pikauba dans le lac Kénogami, puisque les effets du réservoir au PK 0 sont à peine perceptibles. De plus, le temps de renouvellement de l'eau du lac Kénogami est suffisamment long en hiver et en été pour que les différences de température de l'eau provenant de la rivière Pikauba, qui ne représente qu'environ 22 % des apports, soient imperceptibles. Finalement, les modifications des niveaux et des débits de sortie du lac Kénogami sont relativement faibles en conditions normales et n'induisent donc pas d'effets thermiques perceptibles à l'aval dans les rivières Chicoutimi et aux Sables.

Figure 4-11 – Moyenne à long terme de la température de l'eau au point de confluence de la rivière Pikauba dans le lac Kénogami – Comparaison entre les conditions actuelles et futures

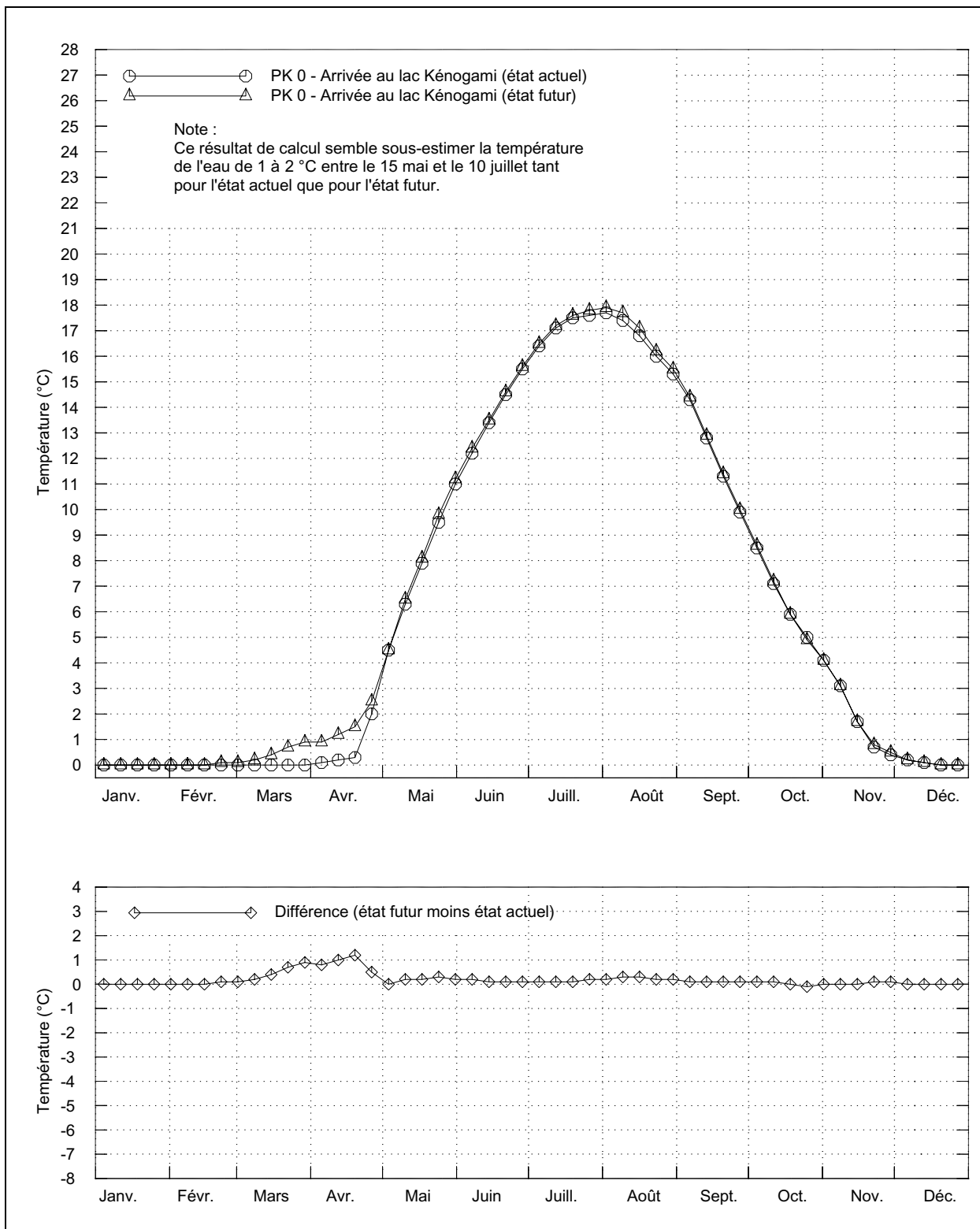


Figure 4-12 – Minima de la température de l'eau au point de confluence de la rivière Pikauba dans le lac Kénogami – Comparaison entre les conditions actuelles et futures

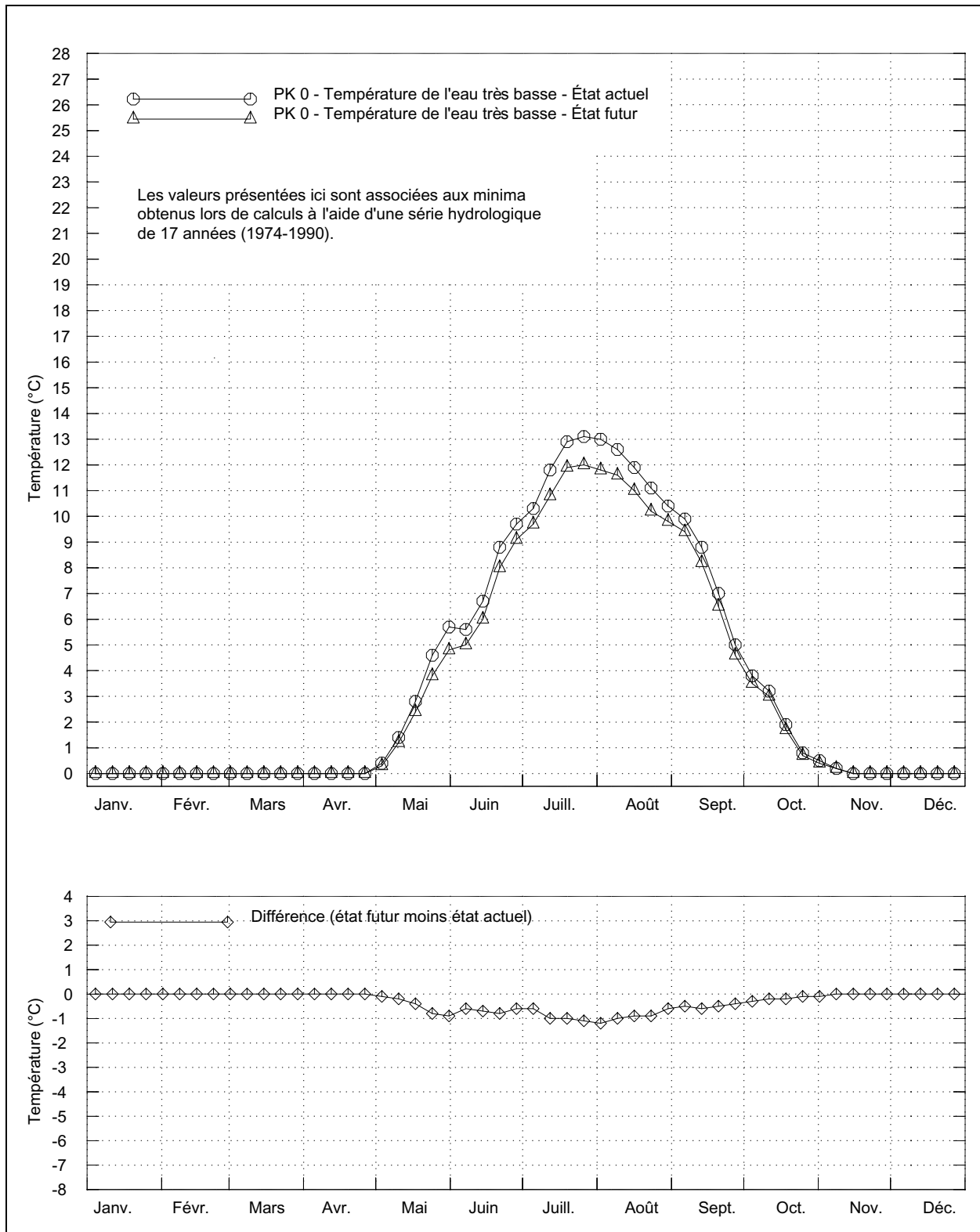
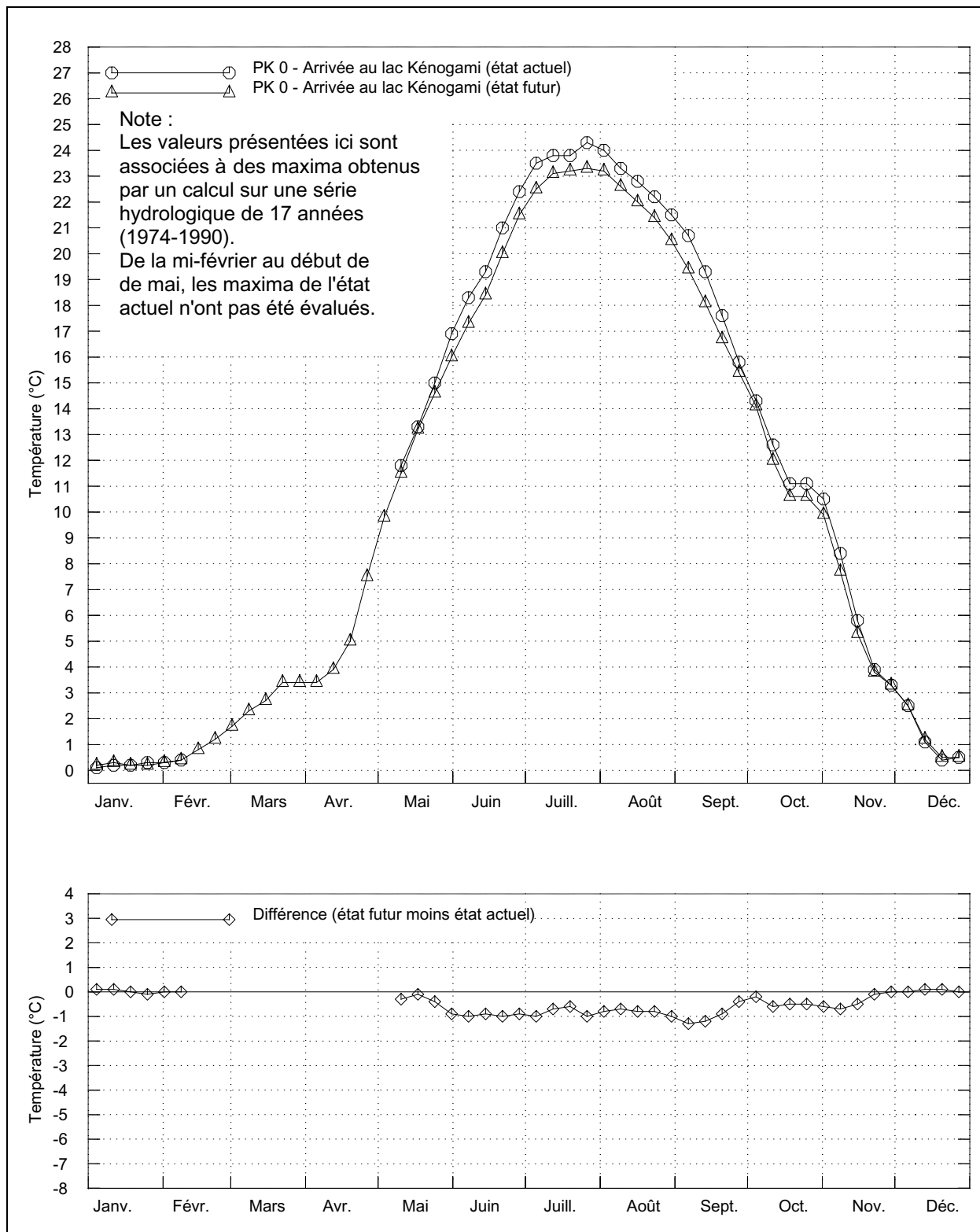


Figure 4-13 – Maxima de la température de l'eau au point de confluence de la rivière Pikauba dans le lac Kénogami – Comparaison entre les conditions actuelles et futures



4.3 Régime des glaces

4.3.1 Description des conditions actuelles

Les températures de l'air mesurées aux stations voisines d'Environnement Canada sont corrigées pour être ramenées à ce qu'elles seraient à la latitude et à l'altitude du réservoir Pikauba. On calcule ensuite le nombre de degrés-jours de gel pour chaque hiver au cours des 30 dernières années. Il apparaît que la rigueur moyenne de l'hiver est de 1763 degrés-jours de gel (écart-type de 263 degrés-jours), et l'hiver 1972-1973, avec 1766 degrés-jours de gel a été choisi pour caractériser les conditions moyennes de la température de l'air. L'hiver 2000-2001, avec 1610 degrés-jours de gel, quoique légèrement plus doux que la moyenne, peut être considéré comme typique.

Au cours d'un hiver moyen, la température de l'air devient négative le 14 novembre et redevient positive le 14 avril. La glace apparaît sur la rivière quelques jours seulement après le 14 novembre, parce que la profondeur de l'eau est faible à cette époque, ce qui permet à la température de l'eau de s'ajuster rapidement à celle de l'air. Au printemps, les simulations tendent à montrer que la rivière est entièrement libre de glace le 25 avril.

La figure 4-14 présente l'évolution des températures de l'air et du débit pour des conditions moyennes (débits de 1991-1992 et températures de l'air de 1972-1973). La température de l'eau est de 0 °C pendant tout l'hiver.

La figure 4-15 montre l'évolution de la couverture de glace d'amont en aval de la rivière pendant tout l'hiver. On représente en noir les sections-en-travers qui sont couvertes à plus de 50 % de leur largeur par de la glace à un instant donné, en blanc celles qui sont libres de glace à plus de 50 %. On constate que le tronçon compris entre le PK 4 et le PK 10 se couvre tardivement de glace, et dégèle plus rapidement au printemps que les autres secteurs. Cela s'explique par le débit accru du fait des apports de la rivière aux Écorces, principal tributaire en rive gauche au PK 10.

La rivière présente de nombreuses sections de rapides qui gèlent tardivement et qui permettent la formation de grandes quantités de frasil. C'est particulièrement vrai du tronçon situé en aval de la rivière aux Écorces jusqu'au PK 6, qui reste à surface libre, au moins partiellement, pendant tout l'hiver. Le frasil généré dans ce tronçon s'accumule en épais barrages suspendus entre le PK 0 et le PK 4. On a ainsi mesuré une épaisseur de 8 m de frasil au PK 0,3 le 7 février 2001.

Les nombreux tronçons qui restent à surface libre au cours de l'hiver se couvrent de glace de fond, et on observe la formation d'aufeis là où l'eau se fraie un passage par-dessus la glace de fond, obstruant les seuils rocheux, et gelant au contact de l'air froid.

La rivière présente un écoulement plus lent en amont du PK 17,2, et la couverture de glace se forme plus tôt et présente une surface plus lisse.

Figure 4-14 – Débits et températures dans les conditions actuelles – Scénario moyen 1991-1992

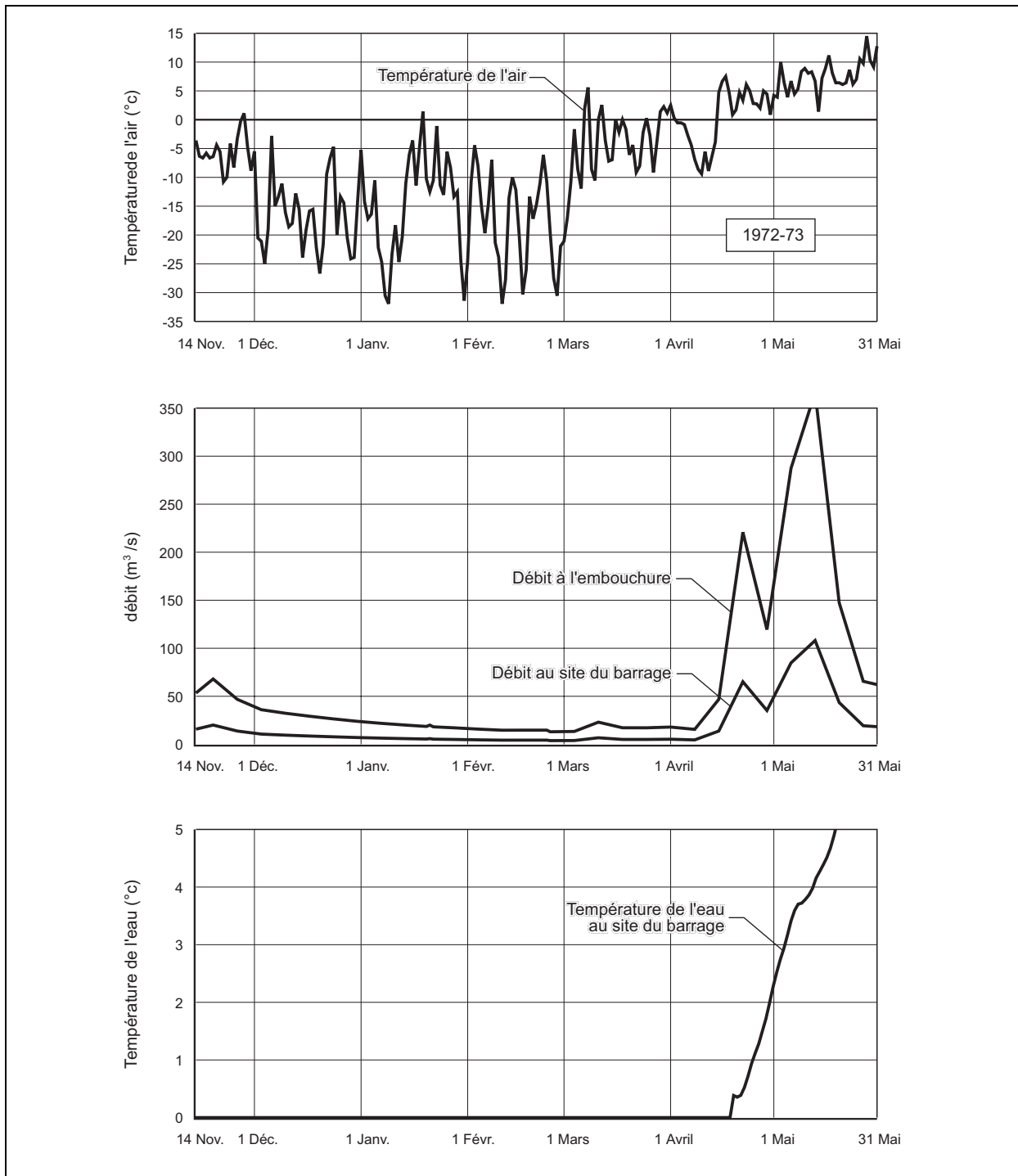
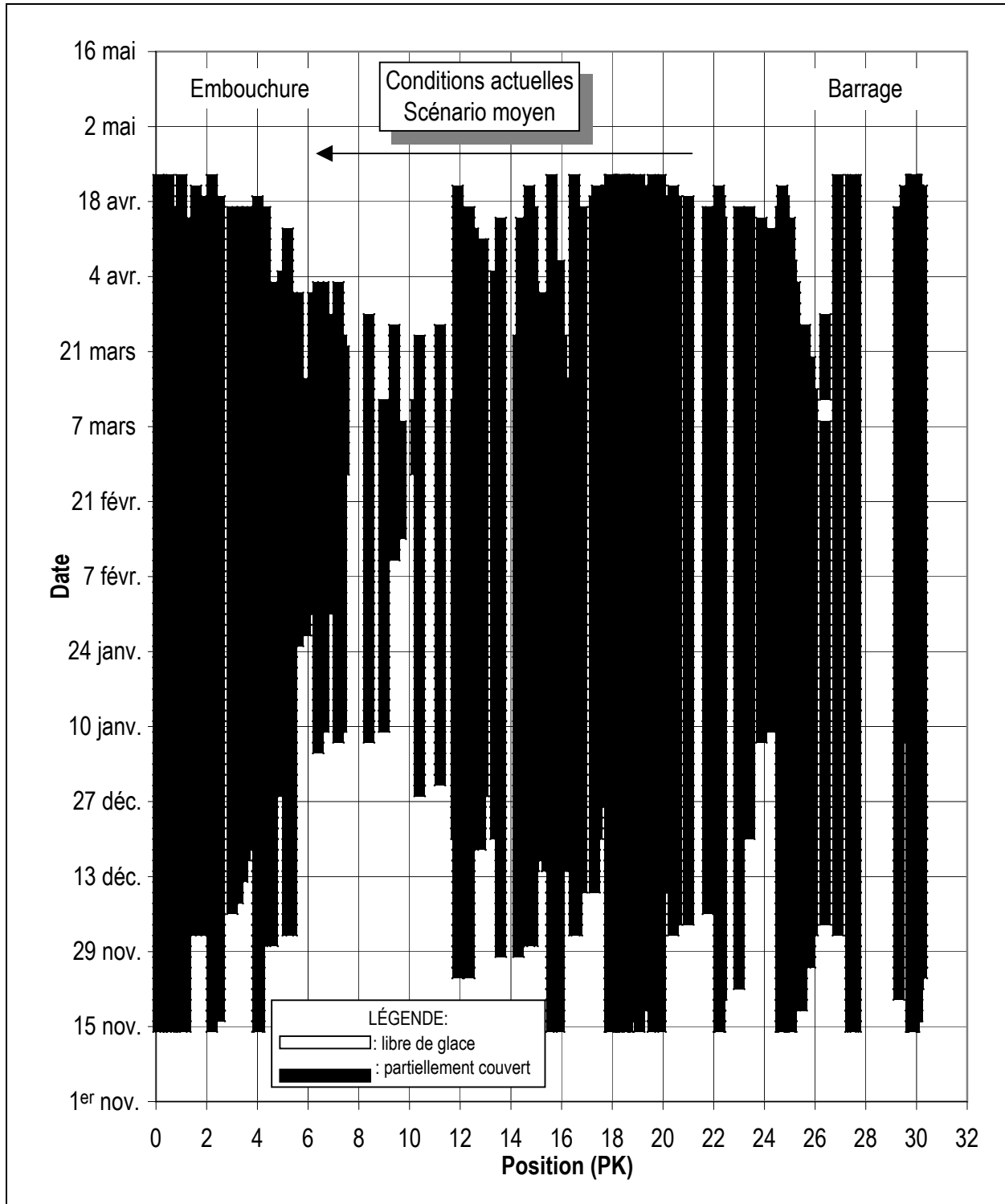


Figure 4-15 – Emprise de la couverture de glace sur la rivière Pikauba en conditions actuelles – Scénario moyen



4.3.2 Modifications en phase de construction

Puisque le réservoir Pikauba ne sera pas mis en eau pendant la construction, aucune modification du régime des glaces de la rivière Pikauba ou des autres cours d'eau et plans d'eau de la zone d'étude n'est prévue en phase de construction.

4.3.3 Modifications en phase d'exploitation

4.3.3.1 Rivière Pikauba en aval du réservoir (du PK 0 au PK 30)

Les observations réalisées en cours d'hiver et la modélisation numérique unidimensionnelle de la rivière Pikauba en conditions hivernales ont permis de dégager les principales caractéristiques des régimes actuel et futur du tronçon situé à l'aval du réservoir projeté.

Le régime hivernal de la rivière en aval du barrage reflète l'évolution des débits et des températures de l'eau à l'ouvrage régulateur. En début d'hiver, c'est-à-dire jusqu'à la fin novembre, le débit est identique à celui que l'on connaît en conditions naturelles, mais la température de l'eau est plus élevée. On doit donc s'attendre à ce que la prise des glaces se fasse plus tard qu'en conditions naturelles. La température de l'eau s'abaisse progressivement d'amont en aval, sous l'effet des basses températures de l'air et par mélange avec les tributaires à 0 °C (Petite rivière Pikauba, rivière aux Écorces), et le retard à la prise des glaces va en diminuant.

En cours d'hiver, du début décembre à la mi-février, le débit sortant du réservoir est peu élevé et la température de l'eau et le flux de chaleur sortant sont faibles, peu importe la température de l'eau soutirée. Dans ces conditions, le régime de la rivière est surtout déterminé par la température de l'air et par les apports des tributaires, et il reste très voisin de celui que l'on connaît en conditions naturelles. Toutefois, une courte zone située immédiatement à l'aval du barrage subit directement l'effet de la température de l'eau sortant du réservoir et reste libre de glace.

L'augmentation du débit sortant du réservoir après la mi-février a des effets mécaniques limités sur les couvertures de glace en place dans la rivière, mais pourrait avoir des effets thermiques importants si la température de l'eau soutirée est encore élevée. Le flux de chaleur sortant du réservoir pendant cette phase de vidange de fin d'hiver sera élevé si on a emmagasiné beaucoup d'eau chaude au moment de la prise des glaces (refroidissement rapide et peu de vent dans les semaines qui précèdent la prise des glaces), et si cette eau chaude a été peu soutirée depuis le début de l'hiver (apports naturels faibles entre la mi-novembre et la mi-février).

Dans ces conditions, le flux de chaleur sortant du réservoir après la mi-février présente une grande variabilité d'une année à l'autre. Des simulations effectuées pour chacune des années de 1971 à 1996 tiennent compte de diverses hypothèses sur le régime de stratification initial et de la séquence des débits entrants et sortants, basées sur les

simulations de l'exploitation. Ces calculs ont permis de dégager un scénario moyen et deux scénarios extrêmes en ce qui concerne le flux de chaleur sortant du réservoir après la mi-février (voir le tableau 4-6).

Tableau 4-6 – Régime hydraulique et régime thermique du futur réservoir

Scénario	Température de l'eau dans le réservoir après la prise des glaces				Année de provenance des données hydrométéorologiques	
	Couche mélangée		Couche stratifiée		Débit	Température
	Épaisseur (m)	Température (°C)	Niv. (m) / T (°C)	Niv. (m) / T (°C)		
Chaud	0	—	418,4 / 2,5	382 / 3,5	1974-1975	1972-1973
Moyen	3	0,30	415,4 / 1,0	382 / 2,5	1991-1992	1972-1973
Froid	8	0,15	410,4 / 0,25	382 / 2,0	1984-1985	1972-1973

Les caractéristiques de la stratification dans le réservoir à la prise des glaces sont basées sur l'expérience acquise dans des réservoirs comparables, et encadrent bien la gamme des valeurs plausibles. Pour chacun des scénarios, chaud, froid ou moyen, on a choisi, parmi les résultats de simulation entre 1971 et 1996, l'année conduisant à un flux de chaleur relâché à la fin d'un hiver maximum, moyen ou minimum. Le scénario chaud correspond ainsi, à titre d'exemple, à une situation bien particulière à la prise des glaces et à des apports en cours d'hiver plus faibles que la normale. La probabilité que ces deux facteurs se produisent au cours de la même année n'a pas été quantifiée, mais elle est faible. Les scénarios chauds et froids doivent donc être considérés comme des situations extrêmes, se produisant rarement, alors que le scénario moyen est bien représentatif de la moyenne à long terme.

Les conditions au début de l'hiver étant définies pour chacun des trois scénarios, on peut calculer la température de l'eau à l'exutoire de jour en jour, compte tenu de la séquence des débits soutirés et de la courbe d'emmagasinement du réservoir.

Dans les trois cas, la séquence des températures de l'air utilisée pour les simulations correspond à l'hiver de rigueur moyenne, 1972-1973, et on a vérifié que les résultats en matière de couverture de glace sur la rivière dépendaient peu de la rigueur de l'hiver.

La figure 4-16, la figure 4-17 et la figure 4-18 présentent, sous forme graphique, les trois combinaisons de débits et de températures adoptées pour caractériser la variabilité des conditions d'une année à l'autre.

La figure 4-19 présente l'évolution de la couverture de glace pour les conditions futures moyennes. La comparaison avec la figure 4-14 permet d'observer les effets du changement de régime hydraulique et thermique : en début d'hiver (du 15 au 31 novembre), le débit n'est pas accru mais l'eau sortant du réservoir est plus chaude que dans les conditions

actuelles. Il en résulte un retard à la prise des glaces, retard évalué à 17 jours à l'amont, du PK 20 au PK 28, et à une douzaine de jours dans le secteur compris entre le PK 11 et le PK 20. Le retard est négligeable en aval de la rivière aux Écorces et jusqu'à l'embouchure ; au milieu de l'hiver (du 1^{er} décembre au 15 février), les conditions d'englacement sont similaires aux conditions actuelles partout sur la rivière. La génération de frasil, principalement en aval de la rivière aux Écorces, est comparable à celle qui prévaut aujourd'hui, et les épaisseurs de frasil à l'embouchure et dans les premiers kilomètres sont similaires. La seule exception apparaît juste à l'aval du barrage, du PK 28 au PK 30, tronçon directement influencé par l'eau chaude du réservoir, qui reste pratiquement à surface libre.

Plus tard, après la fin février, l'épuisement des réserves d'eau chaude du réservoir en fin de vidange permet à la couverture de glace de se former partiellement entre le PK 28 et le PK 30 ; en fin d'hiver et au printemps (du 15 février au 30 avril), le flux d'eau chaude sortant du réservoir provoque un départ accéléré de la couverture de glace. Entre le PK 11 et le PK 30, cette dernière disparaît ainsi selon les secteurs de 10 à 20 jours plus tôt qu'en conditions naturelles. Cette avance n'est que de 5 à 10 jours en aval de la rivière aux Écorces. Pour ces conditions moyennes, la date de départ des glaces à l'embouchure sera avancée de deux ou trois jours seulement.

La figure 4-20 et la figure 4-21 présentent les résultats pour les scénarios froid et chaud définis au tableau 4-6. En conditions froides, le régime des glaces est pratiquement identique à celui qui prévaut en conditions naturelles, si ce n'est que la rivière se libère de glace une dizaine de jours plus tôt. L'impact des conditions chaudes sur le régime des glaces est par contre important (voir la figure 4-21), puisque l'eau chaude sortant du réservoir empêche ou réduit la formation de la couverture de glace sur les cinq premiers kilomètres pendant pratiquement tout l'hiver, alors que le fort débit évacué après le 15 février fait fondre toute la glace jusqu'au PK 5, à 25 km en aval du barrage. Ce n'est qu'après le 7 mars, lorsque les réserves d'eau chaude du réservoir ont été épuisées, que l'on assiste à une reformation partielle des couvertures de glace.

Figure 4-16 – Débits et températures après aménagement – Scénario chaud 1974-1975

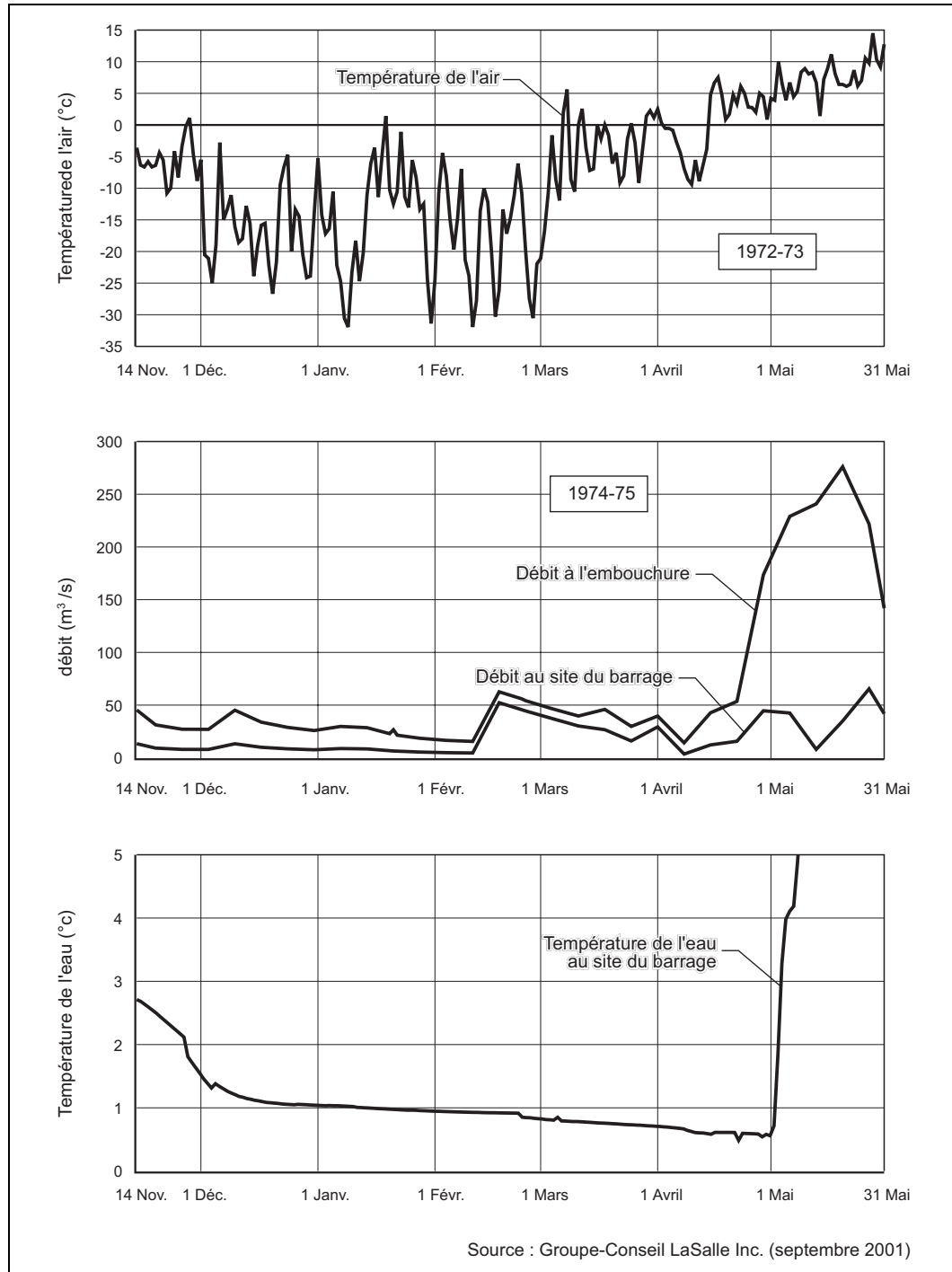


Figure 4-17 – Débits et températures après aménagement – Scénario froid 1984-1985

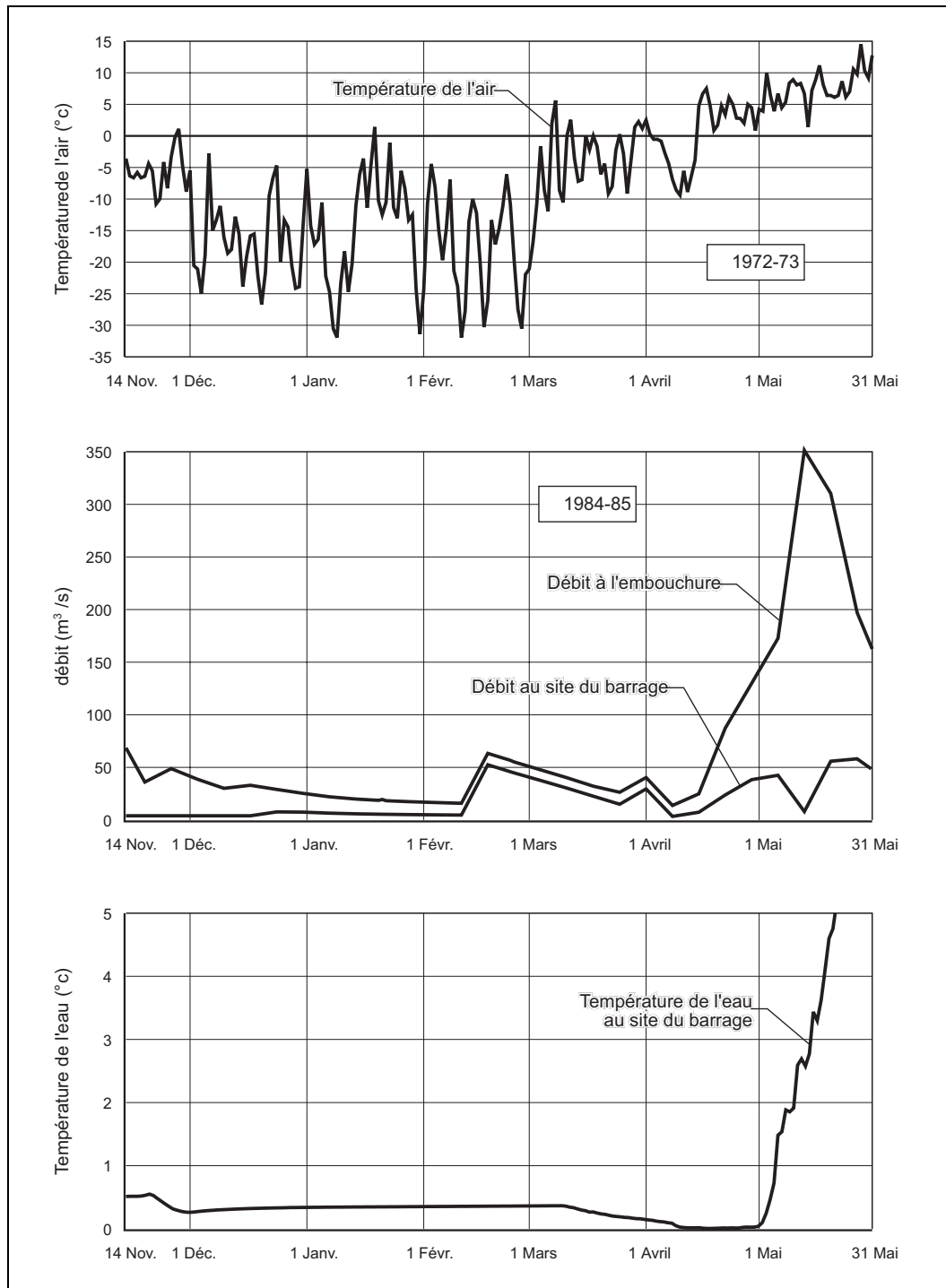


Figure 4-18 – Débits et températures après aménagement – Scénario moyen 1991-1992

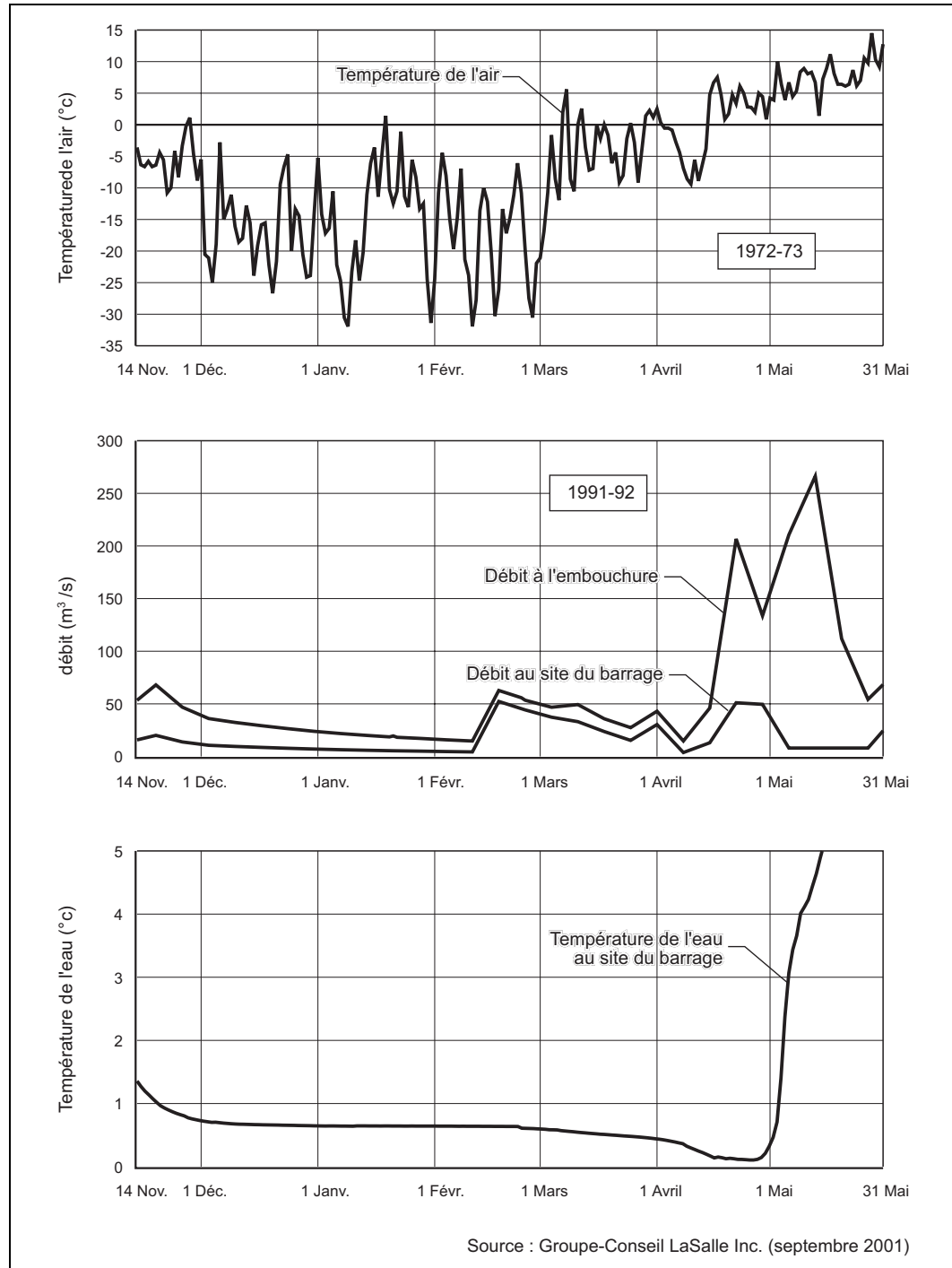


Figure 4-19 – Emprise de la couverture de glace après aménagement – Scénario moyen

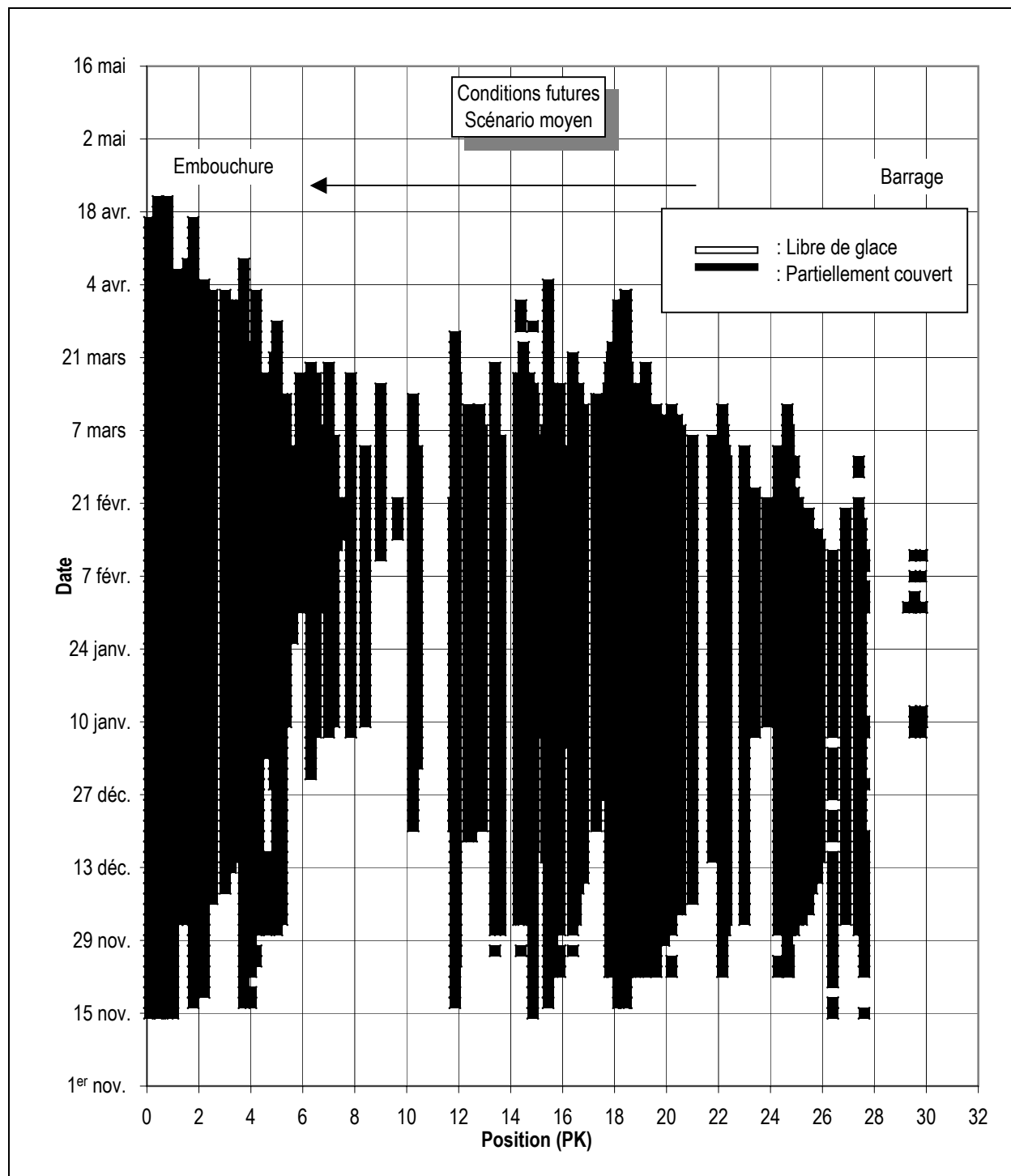


Figure 4-20 – Emprise de la couverture de glace après aménagement – Scénario froid

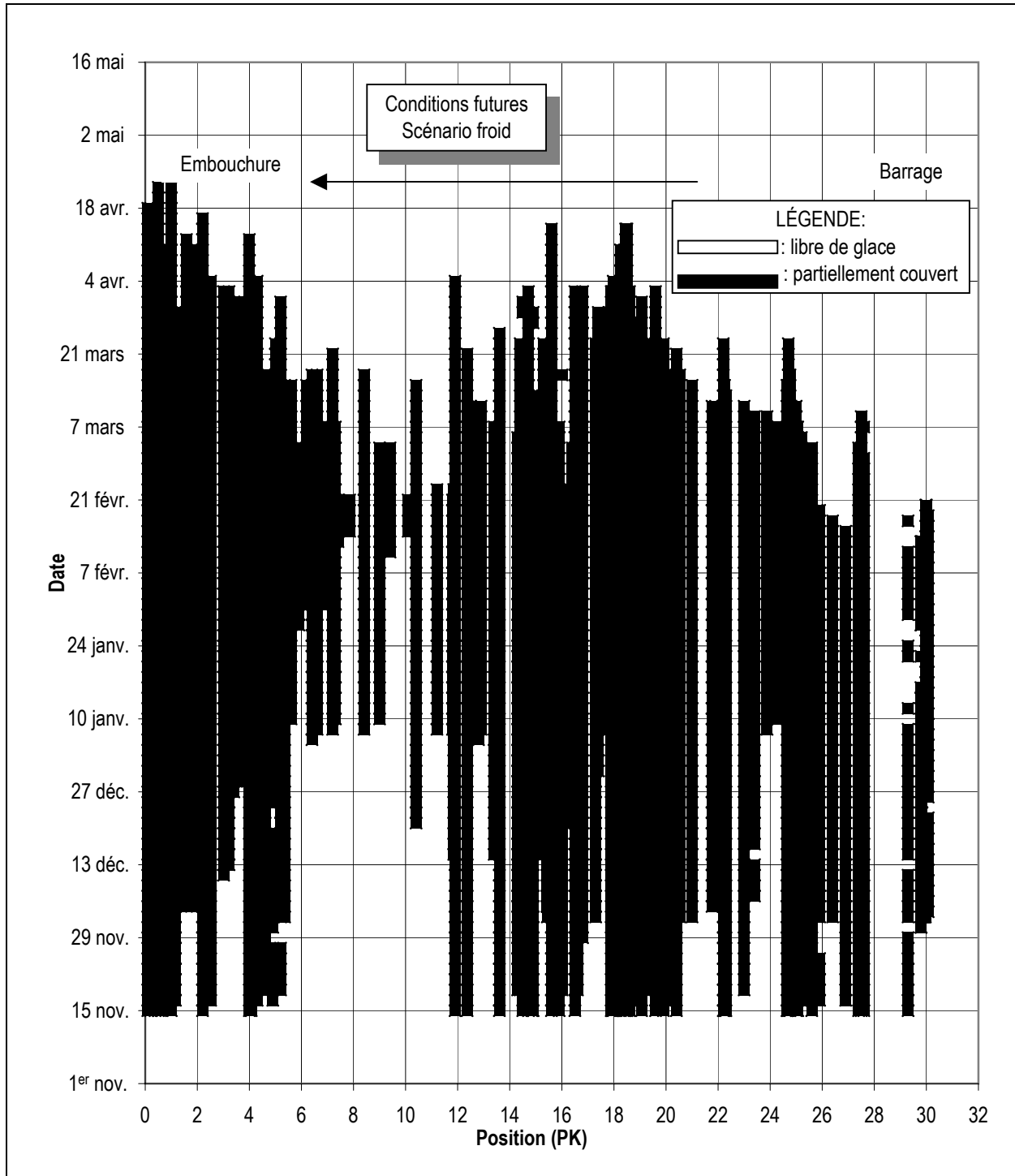
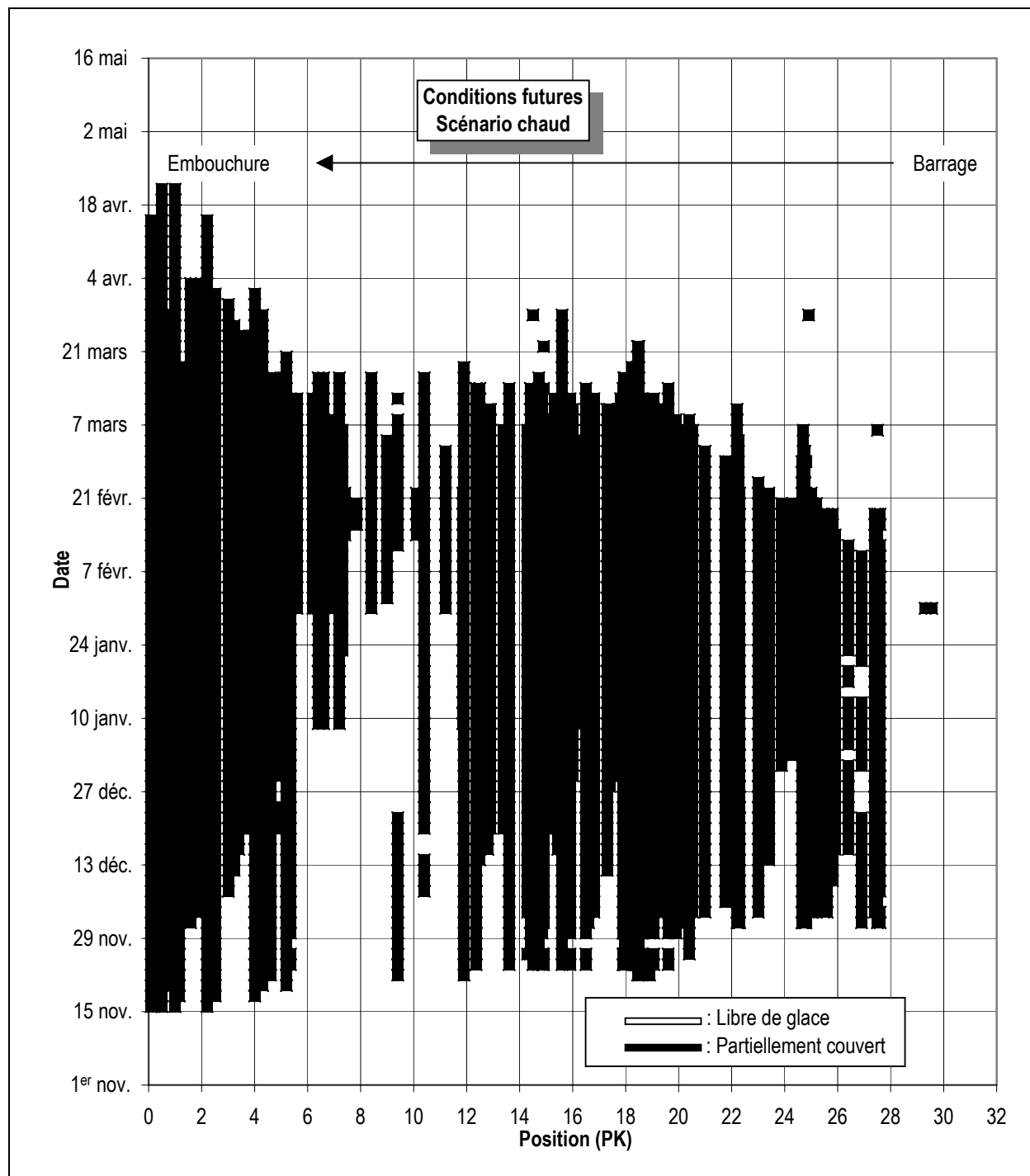


Figure 4-21 – Emprise de la couverture de glace après aménagement – Scénario chaud



4.3.3.2 Réservoir Pikauba

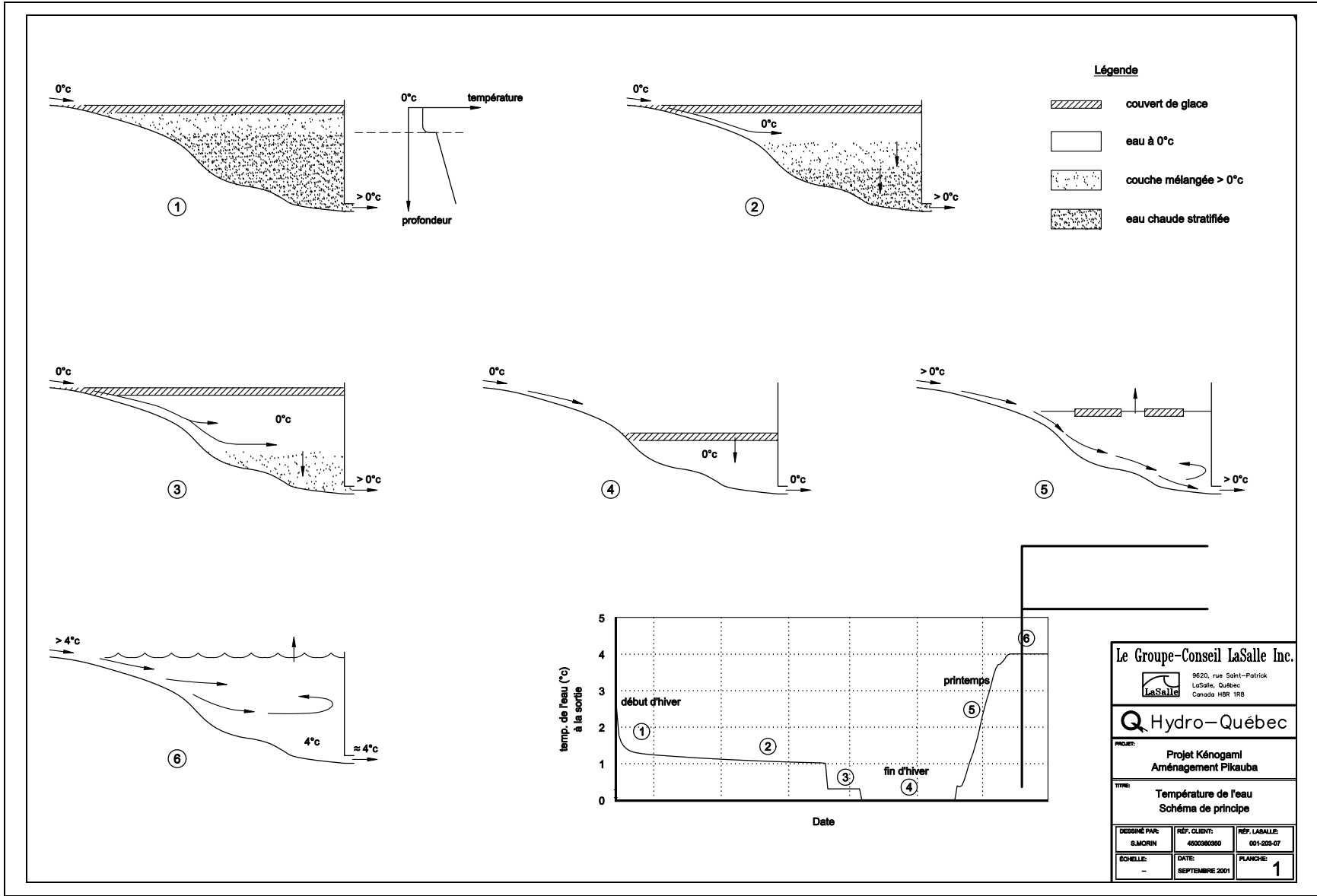
L'ouvrage régulateur à l'exutoire du réservoir Pikauba est de type à vidange de fond (portail d'entrée calé à la cote 380), et cela a des conséquences importantes en ce qui concerne le régime des températures de l'eau en hiver. La figure 4-22 présente de façon schématique l'évolution des températures de l'eau dans le réservoir et à l'exutoire en cours d'hiver. Immédiatement après la prise des glaces (1), la masse d'eau présente une stratification verticale. L'eau dont la température est comprise entre 0 et 4 °C étant plus lourde, elle s'accumule sur le fond. On observe également la présence d'une couche plus froide, dont la température est très proche de 0 °C, qui résulte du mélange par le vent pendant les semaines ou les jours qui ont précédé la formation du couvert de glace sur le réservoir. L'épaisseur de cette couche mélangée et le gradient de stratification dans les parties plus profondes du réservoir dépendent largement des conditions climatiques pendant ces semaines précédant la prise des glaces et varient donc d'une année à l'autre. La température de l'eau soutirée en début d'hiver est celle de l'eau chaude accumulée au fond du réservoir et elle varie elle aussi d'une année à l'autre.

Pendant la première partie de l'hiver (2), le débit soutiré est égal au débit arrivant de l'amont pour maintenir un niveau constant dans le réservoir. Les apports naturels sont à 0 °C et plus légers que l'eau en place dans le réservoir. Ils s'accumulent en surface pendant que le soutirage par le fond continue de vider la masse d'eau chaude qui était présente en début d'hiver. La température à l'exutoire diminue progressivement au fur et à mesure que l'on puise dans des couches de plus en plus hautes et froides du profil initial de la stratification.

La température chute brusquement lorsque l'on atteint la couche mélangée (3), puis de nouveau lorsqu'on a épuisé tout le stock d'eau chaude initial (4), et que l'on soutire la masse d'eau à 0°C qui l'a remplacée. Ces étapes surviennent lorsque le volume soutiré depuis le début de l'hiver (qui est égal au volume des apports puisque le niveau reste constant) est égal au volume emmagasiné en début d'hiver. Elles surviennent donc d'autant plus tôt, car les apports naturels en début et jusqu'à la mi-février sont élevés. Cette situation est particulière au réservoir Pikauba, puisqu'il se trouve que le volume emmagasiné entre les niveaux maximal et minimal normaux (97,1 hm³) est du même ordre de grandeur que le volume qui transite à travers le réservoir entre le 15 novembre et le 15 février (de 53 à 128 hm³, selon les hivers).

Plus tard au printemps (5), la température des apports devient positive, et le débit entrant descend par gravité vers le pertuis de fond. Les apports dont la température est supérieure à 0 °C mais inférieure à 4 °C sont en effet plus lourds que l'eau à 0 °C en place dans le réservoir. La température de l'eau soutirée croît lentement selon une progression qui reflète celle de la température de l'eau en rivière à l'amont du réservoir.

Figure 4-22 – Température de l'eau – Schéma de principe



Plus tard encore (6), les apports atteignent puis dépassent 4 °C, et flottent à la surface du réservoir en cours de remplissage. La température de l'eau soutirée au fond du réservoir reste voisine de 4 °C.

À la mi-février, le réservoir présentera une couverture de glace lisse d'une soixantaine de centimètres d'épaisseur. Celle-ci s'abaissera progressivement au moment de la vidange d'hiver du réservoir et se déposera sur le fond. Le tableau 4-7 fournit un ordre de grandeur de l'épaisseur de la couverture de glace du réservoir Pikauba et du volume de glace déposé sur ses berges à la fin de mars ou au début d'avril.

Tableau 4-7 – Caractéristiques de la couverture de glace du réservoir Pikauba en fin d'hiver

Année	Épaisseur de la couverture (m)	Volume de glace déposé (hm ³)
1974	0,83	10,5
1975	0,91	11,8
1976	1,04	14,2
1977	1,01	12,1

Les zones exondées lors de la vidange comprennent, pour l'essentiel, la plaine d'inondation de la Pikauba entre le PK 37 et le PK 55, plaine sédimentaire très plate au milieu de laquelle la rivière serpente en présentant de nombreux méandres. La couverture de glace devrait se déposer sur ces fonds sans se fracturer, d'autant qu'il est prévu que cette zone aura été déboisée.

4.4 Géomorphologie des rives

4.4.1 Description des conditions actuelles

4.4.1.1 Généralités

La composition et la morphologie des rives sont en grande partie déterminées par trois facteurs interreliés : la nature des matériaux encaissants, le profil en long (et les vitesses d'écoulement) et les débits de crue, particulièrement ceux de juillet 1996.

Le tronçon étudié de la rivière Pikauba présente une alternance de zones à écoulement rapide, dont le lit et les rives sont composés de matériaux grossiers et de roc, et de zones à écoulement lent, où les matériaux de la taille des sables dominent.

La crue de juillet 1996 a modifié localement la vallée dans les zones à écoulement rapide, mais elle n'a pas provoqué d'érosion perceptible dans les zones à écoulement lent.

L'étroite relation entre la composition des rives et le profil en long de la rivière Pikauba permet de découper son cours en zones présentant des caractéristiques morphologiques homogènes. Les modifications découlant de la crue de juillet 1996 ont été comparables à l'intérieur d'une même zone homogène. Les limites des zones homogènes sont indiquées à la figure 4-23. Elles sont regroupées en cinq faciès fluviaux et sont décrites brièvement au tableau 4-8.

Figure 4-23 – Caractéristiques morphologiques des rives – Zones homogènes

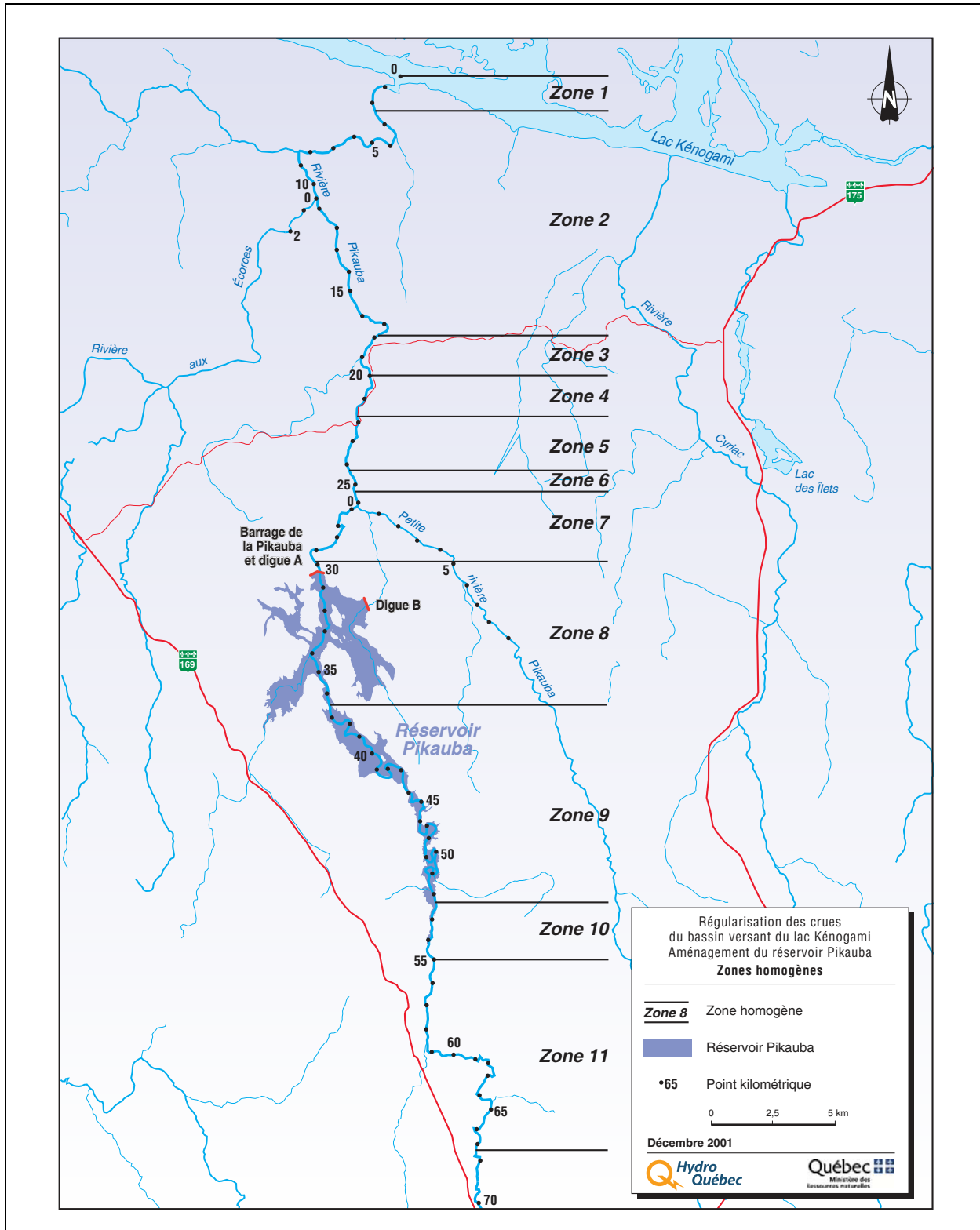


Tableau 4-8 – Description des faciès fluviaux de la rivière Pikauba

Faciès fluvial	Zone	Caractéristiques morphologiques			
		Pente	Talus	Berge	Notes
Faciès 1	Zone 1 PK 0 – PK 2,2	Pente longitudinale moyenne	Mélange de sable, de gravier et de cailloux. Localement, till mince sur roc.	Gravier et cailloux.	La crue de juillet 1996 a provoqué l'érosion locale des rives et l'accrétion du lit de la rivière.
Faciès 2	Zone 2 PK 2,2 – PK 17,7 Zone 4 PK 20 – PK 21,8 Zone 5 PK 21,8 – PK 24,2 Zone 7 PK 25,3 – PK 29,7 Zone 11 PK 55 – Limite de la zone d'étude	Profil en long très incliné et fortes vitesses d'écoulement	Dominés tantôt par le till, tantôt par le roc. Peuvent contenir des strates de matériau plus fin d'origine glacio-lacustre.	Cailloux et blocs avec composante mineure de gravier.	La crue de juillet 1996 a localement déstabilisé les talus et provoqué leur recul, livrant ainsi de très grandes quantités d'alluvions de différentes dimensions au système fluvial.
Faciès 3	Zone 3 PK 17,7 – PK 20 Zone 3 PK 24,2 – PK 25,3 Zone 9 PK 36,5 – PK 52,2	Profil en long peu incliné et faibles vitesses d'écoulement	Principalement composé de sable.	Sable avec quelques éléments grossiers (cailloux et blocs) à l'extrémité amont de la zone.	La crue de juillet 1996 n'a pas eu d'incidence sur les berges et les talus.
Faciès 4	Zone 8 PK 29,7 – PK 36,5	Profil en escalier	—	—	Offre en alternance les caractéristiques des zones à écoulement lent et des zones à écoulement rapide.
Faciès 5	Zone 10 PK 52,2 – PK 55	Pente longitudinale moyenne (2,2 m / km)	Principalement composé de sable fin.	Matériaux devenant progressivement plus grossiers vers l'amont.	Zone d'accumulation des alluvions grossières en provenance de la zone 11 et du secteur amont.

4.4.1.2 Rivière Pikauba

Dans les tronçons étudiés, les rives de la rivière Pikauba et de ses principaux tributaires sont peu sensibles à l'érosion. Cette situation est due à la résistance des matériaux des berges et à la configuration de la vallée.

L'examen des photographies aériennes anciennes à l'échelle de 1 : 15 000 dans plusieurs segments de la rivière Pikauba et de ses principaux tributaires montre qu'il n'y avait pas d'érosion perceptible avant les événements de juillet 1996. La présence d'arbres matures le long des rives démontre que cette stabilité était acquise depuis longtemps. Ces observations indiquent donc clairement que les rives du réseau fluvial à l'étude n'étaient pas sensibles à l'érosion dans les conditions normales de débit.

Les pluies de juillet 1996 et la crue qui en a découlé ont changé radicalement la dynamique des rives dans plusieurs segments de la rivière Pikauba et de ses principaux tributaires. Bien que les modifications soient très mineures ou non perceptibles dans les zones homogènes 3, 6 et 9, où l'écoulement est demeuré relativement lent, une forte érosion s'est produite localement dans les zones à écoulement rapide (zones 2, 4, 5, 7 et 11).

La longueur des talus instables et la nature des matériaux érodés sont présentées au tableau 4-9 par zone homogène. Le recul des talus érodés lors de la crue de juillet 1996 a probablement été de quelques mètres en moyenne, mais a dépassé la dizaine de mètres dans plusieurs sections.

Les talus déstabilisés lors de la crue de juillet 1996 étaient encore dénudés et instables à l'été 2001, même si les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement ne semblent pas provoquer d'érosion dans les conditions actuelles. Il semble que l'instabilité soit liée à la forte pente des talus, qui excède l'angle d'équilibre des matériaux. La pente devrait diminuer et se stabiliser sur une période d'une vingtaine d'années.

En plus de l'érosion fluviale directe, les rebords de la vallée ont été modifiés par des glissements pelliculaires sur les versants raides de la zone homogène 2, et par des éboulements superficiels sur les talus de terrasses glacio-lacustres de la zone homogène 11. Les eaux de pluie et de fonte des neiges s'écoulent dans les cicatrices de ces mouvements de masse et continuent de les éroder lentement, fournissant ainsi de petites quantités d'alluvions fines à la rivière Pikauba.

Tableau 4-9 – Composition et longueur des talus actifs de la rivière Pikauba par zone homogène

Zone homogène	Longueur (m)						
	Tm/R ^a	Sm/R, SGm/R, SGm+B/R	S/R, SG/R	SMm/T, T/SM, SM/T, S-SM/T	S, S-SM	SG, SG+Ca, SG+B	Total
Zone 1	—	—	200 (5-8) ^b	—	—	600 (5-10)	800
Zone 2	200 (12)	—	150 (5)	—	—	400 (7-8)	750
Zone 3	—	—	—	—	—	—	—
Zone 4	—	250 (5)	—	—	—	—	250
Zone 5	—	400 (8)	300 (15)	350 (15)	50 (18)	—	1 100
Zone 6	—	—	—	—	—	—	—
Zone 7	250 (5)	—	—	850 (12)	—	—	1 100
Zone 8	—	100 (3-4)	—	100 (8)	—	—	200
Zone 9	—	—	—	—	—	—	—
Zone 10	—	—	—	—	—	—	—
Zone 11	—	550 (3-4)	450 (4)	—	500 (15)	—	1 500
TOTAL	450	1 300	1 100	1 300	550	1 000	5 700

a. Classes de matériaux : R : roc ; T : till ; SG : sable et gravier ; Ca : cailloux ; B : bloc ; S : sable ; SM ou S-SM : sable silteux ou silt sableux.
Superposition et épaisseur des couches : couche de moins de 2 m d'épaisseur, ex : Sm/R ; couche de 2 à 6 m d'épaisseur, ex : S/R ; couche de plus de 6 m d'épaisseur, ex : S

b. Le nombre entre parenthèses donne la hauteur approximative des talus.

4.4.1.3 Secteur en amont du barrage (réservoir Pikauba)

La topographie et la nature des matériaux dans la partie de la zone d'étude qui englobe le futur réservoir sont représentées sur la carte de synthèse des dépôts de surface et des talus actifs (voir la carte 2-4, feuillet 2, à l'annexe E).

Au niveau maximal normal (418,4 m), le réservoir Pikauba inondera le fond de la vallée de la rivière Pikauba sur un tronçon de 24,51 km de longueur et sa superficie sera de 16,8 km². La longueur totale de berges, incluant les îles, est de 100,4 km (Hydro-Québec, 2001). En conditions naturelles, la rivière Pikauba présente approximativement 48 km de berges, dont 38 km s'inscrivent dans des sables, 7 km, dans des matériaux de till délavé, soit des cailloux et des blocs et du roc affleurant. Le dernier tronçon de 3 km s'inscrit dans des sables et graviers et des cailloux arrondis. Seulement 200 m linéaires de berges sont considérées instables et sont liées à des matériaux grossiers à pente forte.

Dans sa partie sud, ou amont, soit entre le PK 35 et le PK 54, le réservoir sera confiné à la seule vallée de la rivière Pikauba. Plus au nord, le plan d'eau inondera la vallée de la rivière Pikauba et quelques vallées secondaires. Le réservoir y atteindra sa plus grande largeur, soit environ 4 km.

À l'amont du PK 42, la vallée de la rivière Pikauba est étroite, et ses versants présentent des pentes raides. Plus au nord, soit entre le PK 37,5 et le PK 42, la vallée s'élargit et ses pentes s'adoucissent légèrement. Plus au nord encore, au-delà d'un passage étroit où la rivière coule entre deux petites collines (du PK 35 au PK 37,5), la vallée de la rivière Pikauba s'élargit de nouveau et s'ouvre, à l'ouest comme à l'est, sur de petites vallées secondaires à fond plat et large, qui seront ennoyées par le réservoir.

Les placages minces de till sur roc et les accumulations plus épaisses de till sont plus importantes dans la partie nord du réservoir, où le relief est globalement plus faible. Par contre, le fond des vallées les plus larges, comme celles des rivières Pikauba et Pika, de même que le fond de la vallée fermée par la digue B, comportent une couche de matériaux fins d'origine glacio-lacustre.

Ces sédiments forment une nappe de quelques mètres d'épaisseur qui sera généralement ennoyée par les eaux du réservoir Pikauba. Cependant, dans la partie sud, où les sédiments glacio-lacustres deviennent plus épais et se poursuivent localement au-dessus de la cote de 418,4 m, ils formeront le rivage du plan d'eau.

Quelques zones tourbeuses peu étendues se sont développées, notamment dans le secteur du ruisseau Bras des Angers et dans la vallée qui s'allonge au sud-ouest du site de la digue B. Ces dépôts organiques seront ennoyés par le réservoir Pikauba.

4.4.1.4 Secteur en aval du barrage

Les rives de la rivière Pikauba à l'aval de l'axe du barrage sont composées de matériaux très résistants à l'érosion (cailloux, blocs et roc) dans les zones à écoulement rapide, alors que les matériaux sableux dominent dans les zones à écoulement lent, soit sur une distance de 3,4 km. Les rives étaient stables avant juillet 1996.

L'événement de juillet 1996 a déstabilisé les berges sur une longueur totale de 4 km à l'aval du PK 30. Le recul des talus s'est produit exclusivement aux dépens des rives résistantes composées de matériaux grossiers. Les talus sont actuellement en phase de stabilisation et le processus se poursuivra avec ou sans les aménagements projetés. Dans les sections touchées par l'érosion, le rempart de cailloux et blocs s'est reconstitué par l'accumulation de **cailloux et de blocs** éboulés des talus, et la rive a ainsi été naturellement solidifiée.

4.4.2 Modifications en phase de construction

4.4.2.1 Secteur amont

La construction des ouvrages de retenue du réservoir Pikauba se fera localement sur des matériaux fins, sensibles à l'érosion. La construction de la digue B et de l'appui gauche du barrage (digue A) pourrait provoquer de l'érosion dans les sables silteux et argileux au voisinage des ouvrages. Également, le détournement des eaux du ruisseau fermé par la digue B dans un canal de dérivation pourrait engendrer l'encaissement du lit et l'érosion des sables silteux et argileux, surtout dans la partie aval du canal. Ces modifications sont jugées mineures (voir le tableau 4-10). L'intensité du phénomène serait moyenne, étant donné que les sols sont peu résistants à l'érosion. Les répercussions, qui se limitent à la zone des travaux, seraient ponctuelles. L'application des mesures d'atténuation proposées fera en sorte que l'érosion des sols pourra être limitée et qu'elle sera de courte durée.

Les mesures d'atténuation courantes concernant la circulation des engins de chantier, les travaux de terrassement et d'excavation ainsi que la remise en état des lieux devront être appliquées. Des mesures particulières sont également prévues. Au voisinage de la digue B et de l'appui gauche du barrage on limitera, pendant les périodes de forte pluie, la circulation de la machinerie dans les secteurs de pente raide, où les matériaux sont sensibles à l'érosion. Également, des travaux de stabilisation devront être effectués à l'embouchure du canal de dérivation de l'affluent PP-1 afin d'éviter l'encaissement dans les sables silteux et argileux. La mise en application de ces mesures devrait réduire sensiblement les modifications du milieu.

Tableau 4-10 – Évaluation des modifications de l'érosion des sols en phase de construction

Intensité	Faible	Moyenne X	Forte	
Étendue	Ponctuelle X	Locale	Régionale	
Durée	Courte X	Moyenne	Longue	
Importance de l'impact négatif	Négligeable	Mineure	Moyenne	Majeure
Impact positif		X		
Mesures d'atténuation courantes applicables : sections 1, 12, 13 et 20 (voir l'annexe B).				

4.4.2.2 Secteur aval

En phase de construction, aucune modification n'est prévue dans la section de la rivière Pikauba située à l'aval du barrage. Pendant les travaux au barrage, les eaux de la rivière Pikauba seront détournées dans une galerie de fuite de façon à maintenir les débits naturels du cours d'eau. À leur sortie de la galerie de fuite, les eaux seront dirigées vers la rive gauche de la rivière. Cette attaque du courant ne provoquera pas d'érosion de la rive en raison de la composition très grossière des matériaux. Cette rive n'avait d'ailleurs pas été touchée par l'érosion lors de la crue de juillet 1996.

4.4.3 Modifications en phase d'exploitation

4.4.3.1 Secteur amont

L'évolution morphologique des berges en bordure du réservoir se produira essentiellement sur la bande de terrain comprise entre les niveaux de 415 m et de 418,4 m, parce que c'est principalement entre ces élévations qu'agiront les agents littoraux. L'évolution des berges dépendra de leur composition et de leur pente, ces deux facteurs combinés permettant d'évaluer la sensibilité à l'érosion. Les classes de sensibilité sont présentées au tableau 4-11. La sensibilité des berges à l'érosion est montrée sur la carte 2-2 à l'annexe E.

Le périmètre du réservoir comprend 100,4 km de rives compte tenu des îles. Seulement 30,7 km de ces rives présentent une certaine sensibilité à l'érosion, soit un peu plus de 30 % de l'ensemble du pourtour du plan d'eau.

Les berges de sensibilité forte ont une longueur totale de 1,4 km. Dans la partie nord du réservoir, des dunes de sable d'origine éolienne seront rapidement arasées par les vagues. Dans la partie sud, les berges de sensibilité forte sont constituées de sable silteux, dont le

recul annuel devrait être de l'ordre de la dizaine de centimètres. L'ensemble des berges sensibles fournirait un volume de sédiments inférieur à 1 000 m³ par an.

Tableau 4-11 – Sensibilité à l'érosion des matériaux sur le pourtour du réservoir Pikauba

Nature des matériaux ^a	Pente (degrés)			
	< 5°	5 à 14°	15 à 25°	> 25°
R, Xm/R^b	—	—	—	—
T, T/R, Xm/T^b, SG	—	—	Faible	Moyenne
S, S/T, S/SM, S/R	Faible	Moyenne	Forte	Forte
SM, S-SM, SM/T, Sm/SM	Faible	Moyenne	Forte	Forte

a. Aux élévations de 415 à 418,4 m. La sensibilité est réduite d'une classe lorsque le fetch est inférieur à 200 m, comme dans les portions les plus étroites du réservoir ou dans des baies étroites et abritées. Le terme *fetch* est couramment utilisé pour définir la course du vent ou l'étendue d'eau libre que les vagues ont parcourue sous l'impulsion du vent (tiré de Baulig, 1970).

b. Les mentions Xm/R et Xm/T indiquent qu'une mince couche de matériaux meubles recouvre le roc ou le till.
 R : roc
 T : till
 S : sable
 SG : sable et gravier
 SM, S-SM : silt sableux ou sable silteux

Les berges de sensibilité moyenne ont une longueur totale de 5,2 km. Elles se retrouvent surtout dans la partie étroite du réservoir et sont constituées essentiellement de sable et de sable silteux ou silt sableux. Ces berges évolueront par la formation de micro-falaises et la chute occasionnelle de débris. L'évolution devrait y être assez rapide, et l'ensemble pourrait fournir quelques milliers de mètres cubes de sédiments par an.

Les berges de faible sensibilité constituent 24,1 km du périmètre du réservoir projeté. Les matériaux risquent d'y être déplacés localement par l'action des vagues sans provoquer de recul notable de la rive. L'évolution y est donc très lente, et les volumes de matériaux fournis par ces berges, négligeables.

L'ensemble des berges touchées par l'érosion ne fournira donc que quelques milliers de mètres cubes par an au réservoir, ce qui représente de faibles volumes pour un plan d'eau de cette dimension.

Comme il a déjà été mentionné, la vidange du réservoir s'amorcera vers le début janvier, lorsque la couverture de glace est bien installée, pour se terminer avant la crue de printemps. La couverture de glace s'abaissera avec le plan d'eau jusqu'à ce qu'elle se dépose au fond pour y fondre sur place (voir la section 4.3.3.2). Dans le réservoir, il y a peu de pentes suffisamment fortes pour faire glisser les blocs de glace, situation qui pourrait donner lieu à une certaine érosion. En se déposant et se morcelant sur le terrain naturel, la

glace jouera plutôt un rôle de protection. Les simulations effectuées prévoient un remplissage rapide du réservoir avec les eaux de crue du printemps. Aucune modification importante n'est prévue pendant les phases de vidange et de remplissage du réservoir.

Les modifications prévues sur les rives du réservoir Pikauba s'apparentent à celles qui surviennent normalement sur le pourtour d'un plan d'eau de cette dimension. La vidange et le remplissage annuels du réservoir ne modifieront pas les rives de façon notable. Par contre, l'action littorale aux élévations de 415 à 418,4 m pourrait modifier la stabilité des talus ou réajuster le profil des berges sur environ 30 % du pourtour du plan d'eau. Les modifications prévues sont d'importance moyenne (voir le tableau 4-12). L'intensité de l'érosion est faible, étant donné qu'un peu plus des trois quarts des berges touchées ne subiront qu'un réaménagement local des matériaux et que seulement le quart de celles-ci subiront des transformations plus importantes (création de falaises vives, éboulements mineurs, etc.). Le phénomène se fera sentir à long terme et touchera l'ensemble du réservoir, plus particulièrement la moitié sud du plan d'eau ainsi que la baie de la vallée de la rivière Pika, située au sud-ouest du PK 35 (étendue locale). L'érosion prévue n'aura pas d'incidence sur les structures telles que les routes ou les bâtiments, et aucune mesure d'atténuation n'est prévue.

Tableau 4-12 – Évaluation des modifications de l'érosion des rives en phase d'exploitation

Intensité	Faible X		Moyenne	Forte
Étendue	Ponctuelle		Locale X	Régionale
Durée	Courte		Moyenne	Longue X
Importance de l'impact négatif	Négligeable	Mineure	Moyenne	Majeure
Impact positif			X	
Aucune mesure d'atténuation courante n'est applicable.				

4.4.3.2 Secteur aval

D'une façon générale, la réduction des débits extrêmes éliminera les hauts niveaux de crue, comme celui de juillet 1996. Les eaux seront contenues entre les berges composées de cailloux et blocs, et les talus retrouveront leur stabilité d'avant 1996.

L'atteinte de cet état de stabilité doit être précédé d'une phase transitoire, longue d'une vingtaine d'années, au cours de laquelle l'inclinaison des talus diminuera jusqu'à la pente d'équilibre. Au cours de ce processus normal, de faibles quantités de matériaux s'ébouleront dans le cours d'eau.

Pour le reste, les modifications de débit n'auront pas d'incidence significative sur l'érosion des rives, lesquelles seraient stables indépendamment des ouvrages prévus. L'érosion des rives et la quantité de matériaux livrés à la rivière Pikauba par ce phénomène ne seront donc pas modifiées par les aménagements prévus.

4.5 Régime sédimentaire

4.5.1 Description des conditions actuelles

La charge sédimentaire de la rivière Pikauba est très faible, parce que le bassin est en grande partie composé de matériaux résistants à l'érosion et que les berges sont généralement stables. Le régime sédimentaire a cependant été temporairement perturbé par la crue de juillet 1996. Une très grande quantité d'alluvions de dimensions très variées, allant des argiles aux blocs, a alors été livrée à la rivière Pikauba. Ces alluvions ont été transportées sur des distances diverses en fonction de leur granulométrie et des vitesses d'écoulement. Le régime sédimentaire actuel est décrit ci-dessous, de l'amont vers l'aval, à partir des zones homogènes présentées à la section 4.4.1 sur la géomorphologie des rives.

Dans les conditions actuelles, les berges de cailloux et blocs de la zone 11 (voir la figure 4-23) forment une protection très efficace contre l'érosion. Les quelque 500 m de talus instables dans les hauts talus de sable et sable silteux et les 1 000 m de talus instables dans le sable mince ou le sable et gravier pourraient fournir annuellement quelques milliers de mètres cubes d'alluvions, surtout de la taille du sable et du silt. La rivière Apica pourrait fournir également quelques milliers de mètres cubes d'alluvions fines. Étant donné la grande vitesse d'écoulement des eaux dans la zone 11 (PK 55 et amont), ces alluvions seront transportées jusqu'à la zone 10, en aval. La composante de silt et argile sera évacuée jusqu'à l'embouchure, puisque ces matériaux n'ont pas été observés sur les berges et le lit des zones plus à l'aval.

La zone 10 (PK 52,2 – PK 55,0) constitue l'aire de sédimentation des alluvions grossières en provenance de la zone 11. Les rives de cette zone sont stables et ne fournissent pas beaucoup d'alluvions.

La zone 9 (PK 36,5 – PK 52,2) correspond à ce long tronçon montrant un profil en long de pente très faible. La rivière Pikauba y a un tracé en méandres. Les berges de cette zone sont basses et stables, et elles n'ont pas été modifiées par la crue de 1996. En raison des faibles vitesses d'écoulement, cette zone est en mesure de retenir la plus grande partie des alluvions qui proviennent de l'amont, sauf les particules de la taille du silt et de l'argile, et possiblement le sable fin. La zone 9 sera entièrement ennoyée par le réservoir Pikauba.

Les talus de la zone 8 (PK 29,7 – PK 36,5) ne sont instables que sur une longueur de 200 m et ils ne fournissent qu'une très faible quantité d'alluvions. La zone 8 reçoit trois

tributaires, dont la rivière Pika. Elle draine également des terrains portant d'importantes accumulations de sable et silt avec un peu d'argile. Ces terrains fournissent sans doute une faible quantité d'alluvions fines lors des fortes pluies ou de la fonte des neiges. Ces alluvions fines sont évacuées vers l'aval dans les conditions actuelles. La zone 8 sera en grande partie ennoyée par le réservoir Pikauba.

Dans les conditions actuelles, les talus instables de la zone 7 (PK 25,3 – PK 29,7) sont protégés à leur base par un rempart de cailloux et blocs. La base des talus n'est donc plus sollicitée par l'érosion. Leur pente, actuellement de 30 à 45 degrés, devrait s'adoucir lentement au cours des prochaines années, donnant lieu à des éboulements mineurs. Ces mouvements de pente livreront à peine quelques centaines de mètres cubes de matériaux au système fluvial. Soulignons que la Petite rivière Pikauba, dont la confluence avec la rivière Pikauba se situe dans la zone 7, connaîtra une évolution similaire et transportera une quantité de sable et d'alluvions fines jusqu'à la rivière Pikauba.

La zone 6 (PK 24,2 – PK 25,3) représente un court tronçon à écoulement lent entre deux tronçons à écoulement rapide. Les graviers qui parviennent à la zone 6 se déposent dans sa partie amont. Par contre, les alluvions fines et une bonne partie des sables sont transportées vers l'aval.

La zone 5 (PK 21,8 – PK 24,2) présente un régime sédimentaire comparable à celui de la zone 7, exception faite de ses tributaires. Les quelque 1 100 m de talus fortement érodés en 1996 sont en voie de stabilisation et ne fournissent plus que de faibles quantités d'alluvions à la rivière. Les 250 m de talus en érosion de la zone 4 (PK 20,0 – PK 21,8) sont également en voie de stabilisation.

La zone 3 (PK 17,7 – PK 20,0) représente le dernier tronçon à écoulement lent de la rivière Pikauba. Les alluvions de la taille des graviers provenant de l'amont y sont interceptées. Les alluvions fines qui y parviennent sont évacuées, puisqu'elles n'ont pas été observées sur les berges et le lit. Il n'y a pas d'indication d'une accrétion du lit, ce qui permet de croire que les volumes de sable entrant et sortant s'équilibrent.

En raison des grandes vitesses d'écoulement, les talus résistants à l'érosion de la zone 2 (PK 2,2 – PK 17,7) ont été déstabilisés sur une longueur totale de 750 m pendant la crue de juillet 1996. Ces talus sont en voie de stabilisation mais fournissent encore de faibles quantités d'alluvions à la rivière. Le ruissellement dans les cicatrices de glissement pelliculaires produit également de faibles quantités de matériaux. À part la fraction grossière qui demeure sur place, les alluvions parvenant à la zone 2, incluant les apports de la rivière aux Écorces, sont transportées jusqu'à la zone 1 ou à l'embouchure.

Pour sa part, la zone 1 (PK 0,0 – PK 2,2) ne produit pas une quantité significative d'alluvions. Elle évacue une partie des matériaux en provenance de l'amont.

4.5.2 Modifications en phase de construction

Pendant les travaux de construction, les eaux de la rivière Pikauba seront détournées dans une galerie de fuite de façon à maintenir les débits naturels du cours d'eau. Aucun phénomène d'érosion n'est prévu.

De même, les travaux de stabilisation à l'embouchure du canal de dérivation provisoire de l'affluent PP-1 limiteront les phénomènes d'encassement du lit et d'érosion des berges du canal, réduisant ainsi le transport de sédiments dans le réseau de la Pikauba.

Les phénomènes d'érosion prévus localement dans les limites du chantier et le long des accès seront également réduits par l'application des mesures d'atténuation courantes. De plus, l'érosion ne provoquera pas une augmentation de la charge sédimentaire dans la rivière, puisque ces phénomènes seront confinés à l'emprise du chantier ou limités à des secteurs à l'écart du réseau de drainage. Les mesures d'atténuation courantes contribuent à limiter la portée et la durée des phénomènes d'érosion et des modifications du régime sédimentaire des cours d'eau.

En conséquence, aucune modification du régime sédimentaire n'est prévue dans la rivière Pikauba, tant dans la partie située à l'amont du barrage que dans la partie aval.

4.5.3 Modifications en phase d'exploitation

4.5.3.1 Secteur amont

La rivière Pikauba dans la zone d'influence du réservoir Pikauba présente quelque 48 km de berges, dont plus des trois quarts sont constitués de sable. Seulement 200 m de ces berges sont considérés instables. En conditions futures, le réservoir Pikauba constituera un bassin de sédimentation pour les apports alluvionnaires du tronçon amont de la rivière ainsi que pour les matériaux provenant de l'érosion du pourtour du réservoir. Les modifications prévues sont cependant peu importantes, malgré les quelque 100 km de nouvelles berges sur le pourtour du réservoir, dont 6,6 km sont considérées fortement ou moyennement sensibles à l'érosion.

Soulignons que dans les conditions naturelles, la zone 9, qui s'étend à la section à écoulement lent qu'ennoiera le réservoir, intercepte présentement les graviers et une partie des sables provenant de l'amont. La présence du réservoir ne modifiera donc pas la quantité d'alluvions grossières (gravier et sable grossier) apportées au tronçon aval. Cependant, plutôt que de se sédimer tout le long de la zone 9, les accumulations de sable se formeront plus à l'amont, là où la rivière Pikauba arrivera dans le réservoir (vers le PK 53). Une accumulation de sable devrait également se développer à l'embouchure de la rivière Pika dans le réservoir (dans la baie qui s'allonge au sud-ouest du PK 35). De plus, au niveau de 415 – 418,4 m, le réservoir interceptera une grande partie des particules fines qui auraient été normalement transportées jusqu'au lac Kénogami.

Les matériaux provenant de l'érosion en bordure du réservoir seront interceptés à l'intérieur du plan d'eau. Les accumulations de matériaux sableux sont susceptibles de se produire en eau peu profonde, devant les berges en érosion. Les particules fines (matière organique, silt et argile) seront mises en suspension et transportées en eau profonde. Seule une petite fraction sera évacuée à l'aval du barrage. Ces changements ne modifieront pas le milieu de façon significative compte tenu des faibles volumes de matériaux en cause.

Les modifications prévues concernant le régime sédimentaire dans le réservoir sont d'importance moyenne (voir le tableau 4-13). L'intensité du phénomène est faible, compte tenu des faibles volumes en cause (au total, quelques milliers de mètres cubes par an). Les effets seront ressentis à une échelle locale, c'est-à-dire dans l'ensemble du plan d'eau. Les principaux changements surviendront surtout à l'embouchure de la rivière Pikauba et de la rivière Pika dans le réservoir aux niveaux allant de 415 à 418,4 m, à proximité des berges érodées, ainsi que dans la partie profonde où s'accumuleront les sédiments fins. Le phénomène se répercutera à long terme. Aucune mesure n'est prévue.

Tableau 4-13 – Évaluation des modifications de l'érosion des rives en phase d'exploitation

Intensité	Faible X		Moyenne	Forte
Étendue	Ponctuelle		Locale X	Régionale
Durée	Courte		Moyenne	Longue X
Importance de l'impact négatif	Négligeable	Mineure	Moyenne	Majeure
Impact positif			X	
Aucune mesure d'atténuation courante n'est applicable.				

4.5.3.2 Secteur aval

Les débits s'écoulant à l'aval du réservoir seront régularisés de la façon suivante : augmentation des débits à la fin de l'hiver et réduction au printemps, débits naturels en été, mais rétention d'une partie des eaux des très fortes crues. Soulignons cependant que les apports naturels de la Petite rivière Pikauba, qui conflue au PK 25,6, atténueront l'effet de la régularisation (voir la section 4.1.3).

Les modifications de l'hydrogramme des débits auront somme toute peu de répercussions sur le régime sédimentaire du tronçon de la rivière Pikauba s'étendant à l'aval du barrage. La rétention dans le réservoir Pikauba d'une partie de la charge sédimentaire fine réduira la quantité d'alluvions fines transitant dans le tronçon d'aval pendant la période où le réservoir est maintenu à un niveau de 415 à 418,4 m (soit pendant 40 semaines). Par

contre, la turbidité des eaux devrait y augmenter légèrement pendant la vidange du réservoir (durée d'environ huit semaines) et diminuer pendant le remplissage (durée d'environ quatre semaines). Globalement, la quantité d'alluvions fines devrait diminuer par rapport aux volumes qui transitent actuellement dans ce tronçon de la rivière.

Ces modifications sont d'importance moyenne (voir le tableau 4-14). L'intensité du phénomène est faible étant donné les faibles volumes mis en cause. La diminution de la charge d'alluvions fines se fera sentir dans tout ce tronçon de la rivière, plus particulièrement depuis le barrage jusqu'à la confluence de la Petite rivière Pikauba (PK 25,6), soit sur un tronçon d'environ 5 km de longueur. Les effets seront ressentis à long terme. Aucune mesure n'est prévue.

Tableau 4-14 – Évaluation des modifications du régime sédimentaire à l'aval du barrage en phase d'exploitation

Intensité	Faible X		Moyenne	Forte
Étendue	Ponctuelle		Locale X	Régionale
Durée	Courte		Moyenne	Longue X
Importance de l'impact négatif	Négligeable	Mineure	Moyenne	Majeure
Impact positif			X	
Aucune mesure d'atténuation courante n'est applicable.				

4.6 Qualité de l'eau

4.6.1 Description

La qualité de l'eau de la rivière Pikauba a été évaluée à partir d'échantillons à quatre reprises en 2000-2001 : crue de printemps, crue d'automne, étiage d'été et étiage d'hiver. Le tableau 4-15 présente les résultats.

Plusieurs paramètres de la qualité de l'eau varient avec les saisons, en fonction du régime hydraulique. Ainsi, les valeurs des paramètres liés au lessivage du milieu terrestre varient dans le même sens que les débits. Il en est ainsi de la couleur vraie, de la turbidité, des matières en suspension et du carbone organique, qui affichent des valeurs plus élevées en période libre de glace, lorsque les débits sont plus élevés. Les valeurs de ces paramètres demeurent quand même faibles. Précisons que le bassin versant à l'étude fait l'objet d'une exploitation forestière soutenue, qui est de nature à favoriser les apports du milieu terrestre dus au ruissellement.

Les concentrations des paramètres liés au temps de contact avec les matériaux de surface, à la dilution et aux apports en eaux souterraines, plus chargées en minéraux et en ions, évoluent dans le sens inverse des débits. En hiver, les teneurs en bicarbonate, en silice réactive et en ions majeurs (anions et cations), de même que l'alcalinité et la conductivité, sont donc nettement supérieures à ce qu'on observe en période libre de glace. De façon générale, les eaux sont tout de même faiblement minéralisées et peu conductrices.

Tant en hiver qu'en été, les eaux de la rivière Pikauba sont bien oxygénées, affichent un pH près de la neutralité et sont modérément tamponnées. Comme la plupart des eaux courantes et vives, peu touchées par l'homme, elles contiennent peu d'éléments nutritifs (phosphore, nitrates et nitrites, azote ammoniacal, etc.).

De façon générale, la qualité de l'eau de la rivière Pikauba est très favorable au maintien de la vie aquatique. La présence de l'omble de fontaine et de la ouananiche, deux espèces dont les exigences en matière de qualité de l'eau sont élevées, en témoigne.

Le fer dépasse occasionnellement le critère de qualité réglementaire, comme c'est le cas d'ailleurs dans la plupart des lacs du bouclier canadien, influencés par la roche-mère, riche en certains métaux dont le fer.

Tableau 4-15 – Qualité de l'eau de la rivière Pikauba à la station KE005 – De l'automne 2000 à l'été 2001

Paramètre	LDR ^b	Méthode	Unité	Saison			
				Automne	Hiver	Printemps	Été
Débit (station MEQ : 061004)	0,01		m ³ /s	18,38	3,67	15,88	6,84
Couleur vraie	1	H08	UCV	74	34	50	52
Turbidité	0,1	H11	UTN	2,0	1,4	1,7	1,7
Matières en suspension	0,5	H43	Mg/l	3,0	0,7	2,8	2,2
Température	0,1	C10	°C	3,6	0,1	10,9	19,7
Oxygène dissous	0,1	C10	mg O ₂ /l	11,7	12,4	10,6	7,8
Saturation en oxygène dissous	1	C10	%	92	88	101	89
pH	0,02	C30	unité de pH	6,5	7,0	6,5	6,9
Conductivité	1	C35	µS-cm	31	78	30	45
Anions							
Alcalinité totale ^c	0,1	J83	mg CaCO ₃ /l	3,0	12,7	3,1	7,9
Alcalinité totale	0,1	J83	µéq CaCO ₃ /l	60,0	254,0	62,0	158,0
Bicarbonates	0,1	J83	mg HCO ₃ /l	3,6	15,5	3,8	9,6
Sulfates	0,5	H92	Mg SO ₄ /l	2,4	3,2	2,0	2,7
Chlorures	0,2	I03	mg Cl/l	3,6	11,0	4,0	5,7
Cations							
Calcium ^d	0,05	K02	Mg Ca/l	2,3	4,9	2,0	3,5
Magnésium	0,01	K02	Mg Mg/l	0,41	1,00	0,43	0,86
Sodium	0,02	K02	Mg Na/l	2,8	6,9	2,5	4,1
Potassium	0,02	K02	mg K/l	0,12	0,37	0,22	0,29
Éléments nutritifs							
Carbone inorganique total	0,1	J83	mg C/l	1,4	4,1	1,4	2,5
Carbone organique total	0,5	RO3	mg C/l	8,5	4,3	5,2	4,1
Carbone organique dissous	0,5	RO5	mg C/l	9,3	3,6	4,0	4,0
Azote total Kjeldahl	0,03	J13	mg N/l	0,19	0,14	0,17	0,21
Azote ammoniacal	0,02	J19	mg N/l	<0,02	<0,02	0,03	<0,02
Nitrates et nitrites (en N)	0,02	J33	mg N/l	0,03	0,16	<0,02	0,01*
Phosphore total (en P)	0,002	J45	mg P/l	0,012	0,008	0,015	0,009
Phosphore hydrolysable	0,002	J45	mg P/l	0,010	0,007	0,008	0,006
Orthophosphates	0,002	J45	mg P/l	0,003	0,004	0,004	0,004
Silice réactive	0,05	I85	Mg SiO ₂ /l	5,79	9,61	5,7	6,5
Tannins et lignines	0,1	J91	Mg/l	1,5	0,6 ^e	1,2	1,1 ^a
Métaux							
Sélénium (pré-concentré)	0,0001	H52	Mg Se/l	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Fer ^e	0,02	K02	mg Fe/l	0,37^f	0,64	0,50	0,69
Manganèse	0,01	K02	Mg Mn/l	0,02	0,02	0,02	0,03
Production primaire							
Chlorophylle α	0,1	I91	µg/l	0,8	0,1	0,9	1,2
Phéopigments	0,1	I91	µg/l	0,8	0,1	0,4	0,7

a. Délai d'analyse non respecté.

b. Limite de détection rapportée.

c. Sensibilité chronique à l'acidification ; <10 = élevée, 10 à 20 = moyenne.

d. Sensibilité chronique à l'acidification ; <4 = élevée, 4 à 8 = moyenne.

e. Effet chronique (toxicité aiguë rapportée chez certains insectes, à partir de 0,32).

f. Les valeurs en caractères gras affichent un dépassement de critère réglementaire de qualité en matière de protection de la vie aquatique.

4.6.2 Modifications en phase de construction

Durant la phase de construction, la mise en place des batardeaux sur la rivière Pikauba et la dérivation de l'affluent PP-1 peuvent occasionner la mise en suspension de particules fines dans la rivière en aval des ouvrages. Les eaux de la rivière Pikauba seront dérivées dans un canal qui ne modifiera aucunement leur qualité. Comme le remplissage du réservoir se fera très rapidement, les impacts sur la qualité de l'eau seront analysés en phase d'exploitation (voir la section 4.6.3).

Les impacts potentiels sur les autres cours d'eau comprennent la diffusion de sédiments et le déversement accidentel de contaminants divers (huiles, graisses, essence, etc.) dans les plans d'eau ainsi que la détérioration de la qualité du cours d'eau qui recevra les eaux usées du campement et du chantier.

L'application de mesures d'atténuation courantes, ainsi que le traitement des eaux usées conduisent à une perturbation de la qualité de l'eau d'intensité faible, d'étendue ponctuelle et de durée moyenne. Il en résulte un impact d'importance négligeable (voir le tableau 4-16).

Tableau 4-16 – Évaluation de l'impact sur la qualité de l'eau en phase de construction

Intensité	Faible X		Moyenne	Forte
Étendue	Ponctuelle X		Locale	Régionale
Durée	Courte		Moyenne X	Longue
Importance de l'impact négatif	Négligeable	Mineure	Moyenne	Majeure
Impact positif	X			
Mesures d'atténuation courantes applicables : sections 1, 8, 9, 11, 12, 13 et 14 (voir l'annexe B).				

4.6.3 Modifications en phase d'exploitation

4.6.3.1 Démarche d'évaluation

La création et la gestion hydraulique du réservoir Pikauba constituent les deux principales sources de modification de la qualité de l'eau en phase d'exploitation.

La démarche adoptée pour évaluer la qualité future des eaux du réservoir Pikauba et des eaux en aval de celui-ci est fondée sur les enseignements du Réseau de suivi environnemental (RSE) du complexe La Grande. En effet, le RSE a permis de préciser les

principaux mécanismes responsables de l'évolution de la qualité de l'eau à la suite de la création d'un réservoir et d'établir le lien entre ces mécanismes, les caractéristiques physiques du milieu et les principaux paramètres pouvant influencer sur la productivité biologique.

Les mécanismes qui ont modifié la qualité de l'eau dans les réservoirs du complexe La Grande auront une influence semblable sur celle du réservoir Pikauba. L'ampleur des modifications variera toutefois en fonction de la quantité de matières organiques décomposables, du volume du réservoir, du temps de renouvellement de ses eaux, etc.

Les quatre principaux mécanismes pouvant modifier la qualité de l'eau en réservoir sont :

- le mélange graduel d'eaux de qualités différentes ;
- le lessivage des sols ennoyés ;
- la décomposition de la matière organique submergée ;
- l'augmentation de la biomasse phytoplanctonique.

Le mélange ou le transfert d'eaux de qualités différentes peut avoir de légères répercussions sur plusieurs paramètres. Dans le cas du projet à l'étude, ce mécanisme de modification ne s'applique pas car, d'une part, il n'y a pas de transfert d'eau inter-bassin et, d'autre part, la création du réservoir met surtout en cause des cours d'eau et très peu de lacs.

Les trois autres mécanismes peuvent avoir une incidence sur la qualité des eaux du réservoir Pikauba. Le lessivage des sols ennoyés correspond à la mise en solution des composés solubles ou rapidement solubilisés contenus dans les sols ennoyés. Ce mécanisme a joué un rôle marqué dans l'augmentation rapide de la concentration de phosphore total et dans la diminution du pH observées immédiatement au début de la mise en eau du réservoir Robert-Bourassa, alors que les processus de décomposition n'étaient pas encore véritablement amorcés.

La décomposition de la matière organique submergée induit une consommation d'oxygène dissous, une diminution du pH, une libération de CO₂, d'ions et d'éléments nutritifs. Quant à l'augmentation de la biomasse phytoplanctonique, mesurée à l'aide de la chlorophylle α , elle résulte de la hausse des éléments nutritifs, surtout le phosphore, et peut conduire à une baisse limitante de la silice pour la productivité biologique.

4.6.3.2 Réservoir Pikauba

Ces mécanismes sont considérés dans les prévisions des conditions futures, lesquelles combinent les valeurs mesurées ou calculées pour Pikauba avec celles mesurées ou calculées pour le réservoir Robert-Bourassa. Les résultats fournissent essentiellement des indications sur la nature et l'ordre de grandeur des changements qui se produiront. Il est évident que les modifications varieront localement selon les caractéristiques du milieu.

Elles seront maximales aux endroits peu profonds, où la superficie terrestre ennoyée est grande, où le volume d'eau est petit et où le temps de séjour des eaux est long.

Dans certains cas, il a été possible d'établir des indices à partir de quantités mesurables, comme pour l'oxygène dissous et le pH. Dans d'autres cas, comme pour le phosphore, il a fallu utiliser un modèle mathématique. Les valeurs des indices calculés pour le réservoir Robert-Bourassa ont été mises en relation avec les modifications mesurées après sa mise en eau. Les prévisions pour le réservoir Pikauba sont obtenues par la règle de trois :

$$\text{Modification du paramètre dans le réservoir Pikauba} = \text{Modification du paramètre dans Robert-Bourassa} \times \frac{\text{Indice de Pikauba}}{\text{Indice de Robert-Bourassa}}$$

Les hypothèses de calcul pour le réservoir Pikauba sont les suivantes :

- la période avec couverture de glace est du 1er décembre au 30 avril ;
- au cours de cette période, le niveau d'eau moyen simulé est de 415 m (moyenne des niveaux d'eau journaliers simulés) ;
- au cours de cette période, le débit moyen simulé est de 18 m³/s (moyenne des débits journaliers simulés) ;
- le volume d'eau du réservoir correspondant à la cote 415 est de 52,07 hm³.

Le tableau 4-17 présente les principales caractéristiques des deux réservoirs comparés.

Tableau 4-17 – Données utilisées pour évaluer la qualité de l'eau du réservoir Pikauba

Données	Unités	Réservoir Robert-Bourassa	Réservoir Pikauba
Superficie terrestre inondée	km ²	2 639	15,4
Superficie terrestre inondée hivernale ^a	km ²	2 414	10,5
Volume d'eau total	km ³	62,4	0,1
Volume d'eau annuel	km ³	53,6	0,66
Quantité de matière organique décomposable	kg de C/m ²	0,5	0,6
Volume d'eau hivernal ^a	km ³	54,0	0,05
Temps de renouvellement hivernal ^a	mois	6,0	1,0
Indice global du potentiel de modification de la qualité de l'eau ^b	—	49,0	23
a. La période hivernale (sous couverture de glace) considérée est du 1 ^{er} décembre au 30 avril. Les données hivernales proviennent de simulations du niveau, du volume et du débit du réservoir Pikauba pour cette période.			
b. Indice de modification globale de la qualité de l'eau : Superficie terrestre inondée / Volume d'eau annuel			

Comme très peu d'érosion est prévue dans le réservoir Pikauba, les eaux demeureront peu chargées de matières en suspension. En période d'eau libre, la turbidité demeurera inférieure ou égale à 2 UTN, une valeur comparable à celle mesurée dans les conditions actuelles.

Selon les hypothèses de calcul, les teneurs en oxygène dissous diminueront sensiblement (voir le tableau 4-18 et le tableau 4-19) mais seraient toujours suffisantes pour le maintien de la vie aquatique. En période d'eau libre, le pourcentage de saturation en oxygène dissous passerait de 90-100 % à 70-80 %, alors qu'en hiver, ce taux devrait atteindre un minimum autour de 50 à 60 % (voir le tableau 4-19).

La proportion maximale du volume du réservoir présentant un taux de saturation en oxygène dissous inférieur à 50 % sera d'environ 18 % vers la fin de la période sous couverture de glace. Il demeurerait donc un minimum de 80 % du volume hivernal du réservoir où les conditions d'oxygène dissous seraient plus qu'adéquates pour les organismes aquatiques.

Selon les hypothèses de calcul (voir le tableau 4-20), le pH du réservoir Pikauba se situerait entre 6,3 et 6,8, alors qu'il est compris entre 6,5 et 7,0 en conditions naturelles. Puisqu'un pH entre 6 et 6,5 est vraisemblablement non nocif pour toutes les espèces de poissons, le pH prévu du réservoir Pikauba demeurera en tout temps très convenable pour les organismes aquatiques.

En période libre de glace, la teneur en phosphore total passerait de 9 µg/l, en conditions naturelles à 31 µg/l dans le réservoir Pikauba (voir le tableau 4-21). Cette teneur n'entraînera aucune prolifération d'algues, compte tenu des conditions climatiques, mais surtout de la gestion hydraulique du réservoir. Cette gestion, qui prévoit la vidange annuelle quasi complète du réservoir, aura pour effet de prévenir la formation d'algues.

Plusieurs facteurs peuvent influencer les organismes phytoplanctoniques et, par conséquent, les concentrations de chlorophylle α , considérées comme une mesure de la biomasse phytoplanctonique. Le suivi de la qualité de l'eau dans le réservoir Robert-Bourassa a montré que, parmi les éléments nutritifs habituellement reconnus comme jouant un rôle dans l'évolution de la biomasse phytoplanctonique, les plus pertinents ont été le phosphore et la silice. Compte tenu des indices calculés, la concentration de la chlorophylle α passera d'environ 2 µg/l, en conditions naturelles, à 4 µg/l après aménagement (voir le tableau 4-21). La concentration de silice dans le milieu est suffisamment élevée pour ne pas limiter la production phytoplanctonique.

Tableau 4-18 – Calcul de l'indice de déficience en oxygène dissous et proportion du volume des réservoirs présentant un taux de saturation en oxygène dissous inférieur à 50 %

Réservoir	Évaluation de la quantité de matière organique décomposable ^a (kg de C/m ²)	Superficie terrestre inondée hivernale (km ²)	Volume d'eau total (km ³)	Temps de renouvellement hivernal des eaux (mois)	Indice de déficience en oxygène dissous ^b (x 10 ⁻²)	Proportion du volume total du réservoir présentant un taux de saturation inférieur à 50 % ^{c,e} (%)
Pikauba	0,6	11	0,05	1,0	1,3	18
Robert-Bourassa	0,5	2 414	54	6,0	1,3	18 ^d

a. Selon les mesures réalisées pour les régions de La Grande et du Saguenay.

b. L'indice de déficience en oxygène dissous se calcule comme suit :

$$\frac{\text{Quantité de matière organique décomposable} \times \text{Superficie terrestre inondée}}{\text{Volume d'eau total}} \times \text{Temps de renouvellement hivernal des eaux}$$

c. Proportion du volume total du réservoir présentant un taux de saturation inférieur à 50 % se calcule comme suit :

$$\frac{\text{Proportion du volume de Robert-Bourassa}}{\text{Indice de Robert-Bourassa}} \times \text{Indice calculé pour le réservoir Pikauba}$$

d. Mesurée dans le réservoir Robert-Bourassa.

e. Correspond aux conditions maximales à la fin de l'hiver.

Tableau 4-19 – Calcul de la diminution en oxygène dissous dans la zone photique du réservoir Pikauba

Réservoir	Indice de déficience en oxygène dissous ^a (x 10 ⁻²)	Diminution maximale du taux moyen estival de saturation en oxygène dissous ^b (%)	Diminution maximale du taux moyen hivernal de saturation en oxygène dissous ^b (%)	Diminution maximale du taux de saturation en oxygène dissous à la fin de l'hiver ^b (%)
Pikauba	1,3	19	17	34
Robert-Bourassa	1,3	19 ^c	17 ^c	34 ^c

a. Indice calculé au tableau 4-18.

b. La diminution maximale du taux moyen hivernal de saturation en oxygène dissous se calcule comme suit :

$$\frac{\text{Diminution de Robert-Bourassa}}{\text{Indice de Robert-Bourassa}} \times \text{Indice calculé pour le réservoir Pikauba}$$

c. Mesuré dans le réservoir

Tableau 4-20 – Calcul de l'indice de lessivage des sols et évaluation des modifications maximales du pH moyen estival dans les réservoirs

Réservoir	Superficie terrestre inondée (km ²)	Volume d'eau total (km ³)	Temps de renouvellement des eaux (mois)	Indice du lessivage des sols ^a (X 10 ⁻²)	Indice de déficience en oxygène dissous ^b	Pouvoir tampon (alcalinité) (µéq/l)	Modification du pH (unités)
Pikauba	15	0,1	1,9	2,9	1,3	Moyen (158)	Diminution de 0,2 ^c
Robert-Bourassa	2 639	62,4	13,9	5,9	1,3	Faible (66)	Diminution de 0,5 ^d

a. L'indice de l'effet des sols est calculé comme suit :

$$\frac{\text{Superficie terrestre inondée}}{\text{Volume total}} \times \text{Temps de séjour des eaux}$$

b. Évalué selon le tableau 4-18.

c. Évalué grâce à la combinaison des deux indices selon le principe suivant :

$$\frac{\text{Diminution dans Robert-Bourassa}}{\text{Indice de Robert-Bourassa}} \times \text{Indice calculé pour le réservoir Pikauba}$$

d. Mesuré dans le réservoir

Tableau 4-21 – Modification maximale de la chlorophylle α dans le réservoir Pikauba et en aval

Réservoir	Phosphore total			Silice	Chlorophylle α		
	Teneur actuelle ($\mu\text{g/l}$)	Teneur future ($\mu\text{g/l}$)	Facteur d'augmentation	Teneur actuelle (mg/l)	Teneur actuelle ($\mu\text{g/l}$)	Facteur d'augmentation ^c	Teneur future ($\mu\text{g/l}$)
Pikauba	9	31 ^a	3,4	6,5	1,2	3,4	4,1
Rivière Pikauba (amont r. aux Écorces)	9	24 ^b	2,7	6,5	1,2	2,7	3,2
Rivière Pikauba (aval r. aux Écorces)	7	14 ^b	2,0	6,5	1,4	1,6	2,2
Lac Kénogami	6	11 ^b	1,8	5,0	2,4	1,8	4,3
Robert-Bourassa	9	15	1,7	2,6	1,9	1,7	3,1 ^d

a. Calculé à partir du modèle de prévision du mercure de Messier et coll. (1985)
b. Calculé selon l'augmentation en réservoir et la dilution des apports du bassin versant résiduel
c. Facteur d'augmentation de la chlorophylle α
– pour le réservoir Pikauba et le lac Kénogami, il est égal au facteur d'augmentation du phosphore ;
– pour la rivière Pikauba en aval du réservoir, il est fonction des teneurs en chlorophylle α sortant du réservoir diluées par les apports des tributaires en aval
d. Mesuré dans le réservoir

Tableau 4-22 – Synthèse des modifications maximales des moyennes estivales prévues pour les principales variables de la qualité de l'eau du réservoir Pikauba

Réservoir	Turbidité		Saturation en oxygène été		Saturation en oxygène hiver		Saturation en oxygène minimale hiver		PH		Phosphore total		Chlorophylle α	
	Actuelle (UTN)	Future (UTN)	Actuelle (%)	Future (%)	Actuelle (%)	Future (%)	Actuelle (%)	Future (%)	Actuelle (unité)	Future (unité)	Actuelle ($\mu\text{g/l}$)	Future ($\mu\text{g/l}$)	Actuelle ($\mu\text{g/l}$)	Future ($\mu\text{g/l}$)
Pikauba	1,4 – 2,0	< 2	90 – 100	70 – 80	85 – 90	70 – 75		50 – 60	6,5 – 7,0	6,3 – 6,8	9	31	1,2	4,1

Comme les principaux paramètres ne seront que légèrement modifiés, sans véritable conséquence biologique, il devient justifié de croire que tel sera le cas pour les autres paramètres de la qualité de l'eau. Ce constat est d'autant plus vrai que l'indice global du potentiel de modification de la qualité de l'eau du réservoir Pikauba est de 23 comparativement à 49 pour le réservoir Robert-Bourassa (voir le tableau 4-17).

Pour l'ensemble de ces paramètres, les valeurs prévues correspondent aux modifications susceptibles d'être observées durant les 2 ou 3 premières années après la création du réservoir. Par la suite, les valeurs de ces paramètres tendront rapidement vers celles en milieu naturel, lesquelles devraient être atteintes entre 5 et 8 ans après la mise en eau.

De plus, ces prévisions sont considérées comme le pire cas probable (voir le tableau 4-22), car elles supposent que le niveau du réservoir reste stable à 418,4 m en été et à 415 m en hiver. C'est particulièrement le cas du taux de saturation en oxygène dissous à la fin de l'hiver, lequel sera rapidement rétabli grâce à l'arrivée des eaux de crue, saturées en oxygène dissous, qui survient déjà en avril.

4.6.3.3 Secteur aval

En aval du réservoir, les modifications de la qualité de l'eau seront encore plus faibles. En effet, les produits de décomposition de la matière organique en réservoir seront dilués par les apports du bassin versant résiduel. À titre d'exemple, le phosphore total n'atteindrait que 14 µg/l en aval de la confluence de la rivière aux Écorces, comparativement à 31 µg/l en réservoir (voir le tableau 4-21).

De plus, la présence de nombreux rapides et la confluence avec la Petite rivière Pikauba viendront annuler une partie des modifications en réservoir, en réoxygénant les eaux et en libérant le CO₂, ce qui aura pour effet de rétablir le pH aux valeurs initiales. En aval de cette confluence, l'oxygène dissous et le pH présenteront des valeurs vraisemblablement équivalentes aux conditions naturelles.

Enfin, le lac Kénogami pourra tout de même profiter d'un léger enrichissement en phosphore, ce qui augmentera la production phytoplanctonique, surtout dans la zone d'influence du panache de la rivière Pikauba.

Comme les modifications de la qualité de l'eau ne seront jamais contraignantes pour les organismes aquatiques et, qu'au contraire, ils profiteront d'un léger enrichissement en éléments nutritifs (réservoir Pikauba et lac Kénogami), elles sont considérées comme un impact positif sur le plan biologique (voir le tableau 4-23).

Tableau 4-23 – Évaluation de l'impact sur la qualité de l'eau en phase d'exploitation

Intensité	Faible	Moyenne	Forte	
Étendue	Ponctuelle	Locale	Régionale	
Durée	Courte	Moyenne	Longue	
Importance de l'impact négatif	Négligeable	Mineure	Moyenne	Majeure
Impact positif : X				
Aucune mesure d'atténuation courante n'est applicable.				