

B

**Variante A – Influence du marnage estival
au lac Kénogami**

No : HQ-DPPE-HG-CI-2003-0028-01
DS-2000-0029-03

Date **Le 18 mars 2003**

Destinataire **M. Robert Piché, ing.**
Ingénieur de projets
Direction Production,
Nouveaux aménagements
855, Ste-Catherine Est – 14^e étage

Expéditeur

Nathalie Thiémonge, ing.

Luc Roy, ing.

Unité Conception des aménagements de
production, Hydraulique et Géotechnique
855, Ste-Catherine Est – 12^e étage

Téléphone

840-5265 et 4720 Télécopieur 840-3199

Courriel

Thiemonge.Nathalie@hydro.qc.ca

Roy.Luc.G@hydro.qc.ca

Objet: **Kénogami – Influence du marnage estival au réservoir Lac-Kénogami**

But de l'étude

Cette étude présente une comparaison des résultats de simulation de la gestion normale du réservoir Lac-Kénogami au niveau d'exploitation moyen de 163,86 m \pm 0,10 m durant la période estivale, avec ceux obtenus s'il était exploité entre les niveaux 163,96 m et 163,60, avec une moyenne de 163,70 m durant la même période. Dans les deux cas, le réservoir Pikauba est exploité au niveau maximal normal de 417,70 m et la période estivale débute le 15 juin et se termine le 5 septembre.

Cette comparaison de cas est faite dans le cadre d'une recherche de scénarios pouvant réduire les impacts environnementaux du projet de régularisation des crues du bassin versant du réservoir Lac-Kénogami, tout en assurant la sécurité publique. Les variantes analysées permettent également de favoriser l'usage récréatif du réservoir Lac-Kénogami durant l'été. L'impact de l'augmentation du marnage estival sur la gestion des crues n'est toutefois pas analysé dans la présente étude.

Les simulations de la gestion normale ont été réalisées au pas de temps journalier, en utilisant les données hydrométriques de la période débutant le 1^{er} octobre 1913 et se terminant le 30 septembre 2000, soit une période totale de 87 années hydrologiques. Les débits entrants au réservoir Pikauba ont été calculés à partir des données observées à la station hydrométrique 061022 sur la rivière Pikauba. Pour cette station, les données avant 1969 ont été reconstituées à partir des apports naturels du réservoir Lac-Kénogami. Le cas du réservoir Lac-Kénogami au niveau estival de 163,86 m \pm 0,10 m a déjà été fait antérieurement et les analyses présentées ci-dessous pour ce cas proviennent de la note citée en référence.

Respect du niveau minimum estival au réservoir Lac-Kénogami

Le respect du niveau minimum estival s'applique pour la période débutant le 15 juin et se terminant à la fête du travail. La journée du 5 septembre a été prise comme date moyenne de la fin de la période estivale, puisque celle-ci doit être une valeur constante dans le modèle de simulation. La période estivale compte ainsi 83 jours par année.

Pour chaque année où des déficits sont rencontrés, le nombre de jours où le niveau minimum estival n'est pas respecté a été calculé. Le niveau minimum simulé lorsqu'un déficit survient est indiqué pour montrer l'importance du déficit au cours de la période. Ces éléments couvrent les principales caractéristiques hydrologiques des déficits, soit la fréquence d'occurrence, la durée et l'intensité des déficits.

Il faut souligner qu'une autre règle de la gestion normale prescrit d'assurer un débit minimum sortant du réservoir Lac-Kénogami de 42,5 m³/s, qui représente le débit minimum total aux ouvrages de Portage-des-Roches et Pibrac. Il faut donc considérer que le respect du niveau minimal peut être fonction du débit sortant simulé, c'est-à-dire que pour une période de déficit, le niveau minimum estival pourrait être respecté si l'on acceptait un déficit par rapport au débit sortant. Pour les simulations de la gestion normale, le respect du débit minimum sortant du réservoir Lac-Kénogami avait priorité sur le respect du niveau minimum estival.

Variante : Niveau maximum normal du réservoir Pikauba = 417,7 m et variation du niveau estival à Kénogami entre 163,96 m et 163,76 m

La variante analysée considère un niveau maximum normal de 417,7m au réservoir Pikauba. Le niveau minimum normal de ce réservoir étant de 400,5 m pour toutes les variantes, le volume utile disponible est de 78,36 hm³. Le niveau estival à Kénogami varie entre 163,96 m et 163,76 m. La figure 1, montre l'allure des niveaux simulés du réservoir Lac-Kénogami pour chaque année de la période simulée. La figure 2, montre les débits sortants du réservoir Lac-Kénogami pour la même période et on ne remarque aucun déficit quant au débit minimum de 42,5 m³/s au cours de la période estivale. Quelques déficits par rapport au débit minimum de 42,5 m³/s requis à la sortie du réservoir Lac-Kénogami se produisent en dehors de la période estivale; cet aspect sera toutefois analysé dans une autre section.

Le tableau 1 présente, pour chaque année où des déficits sont observés dans les simulations, le nombre de jours où le niveau simulé est inférieur à la cote 163,76 m et le niveau minimum simulé pendant la période de déficit.

Pour cette variante, un seul déficit survient lors de l'été 1995; le niveau simulé le 5 septembre 1995 est de 163,75 m, soit 0,01 m sous le niveau minimum prescrit. La figure 1 permet d'identifier les périodes où surviennent ces déficits alors que la figure 2 permet de constater que pour cette variante, il n'y a pas de déficits par rapport au débit minimum de 42,5 m³/s pendant la période estivale.

Le débit sortant moyen interannuel durant la période estivale est de 79,59 m³/s.

Tableau 1 – Respect du niveau minimum estival du réservoir Lac-Kénogami - Variante : Niveau maximum normal du réservoir Pikauba = 417,7 m et variation du niveau estival à Kénogami entre 163,96 m et 163,76 m

Année	Nombre de jours H < 163,76 m	H min. (m)
1994 – 1995	1	163,75
H minimum absolu (m)		163,75
Nombre de jours de déficits		1
Fréquence des déficits (%)		~ 0
Nombre d'années de déficits		1 / 87

On remarque que les déficits sont peu fréquents. De plus, la durée du déficit et son intensité sont très faibles. Ces résultats indiquent toutefois que l'année hydrologique 1994 – 1995 représente un cas critique face à ce critère, plus précisément la période de l'été 1995. Après la crue de printemps, les apports naturels du bassin versant sont très faibles. Le réservoir Pikauba est alors utilisé pour maintenir le niveau estival du réservoir Lac-Kénogami, mais il atteint son niveau minimum le 5 septembre. Pour cette dernière journée de la période estivale, une partie de la réserve utile du réservoir Lac-Kénogami, en dessous du niveau 163,76 m, doit être utilisée pour assurer un débit minimum sortant de 42,5 m³/s. En analysant le comportement des réservoirs au cours de cette année, on peut affirmer que pour un niveau maximum normal du réservoir Pikauba inférieur à 417,7 m, le déficit du niveau minimum estival du réservoir Lac-Kénogami sera plus important en terme de durée et d'intensité.

Figure 1– Niveaux journaliers simulés du réservoir Lac-Kénogami pour la période estivale

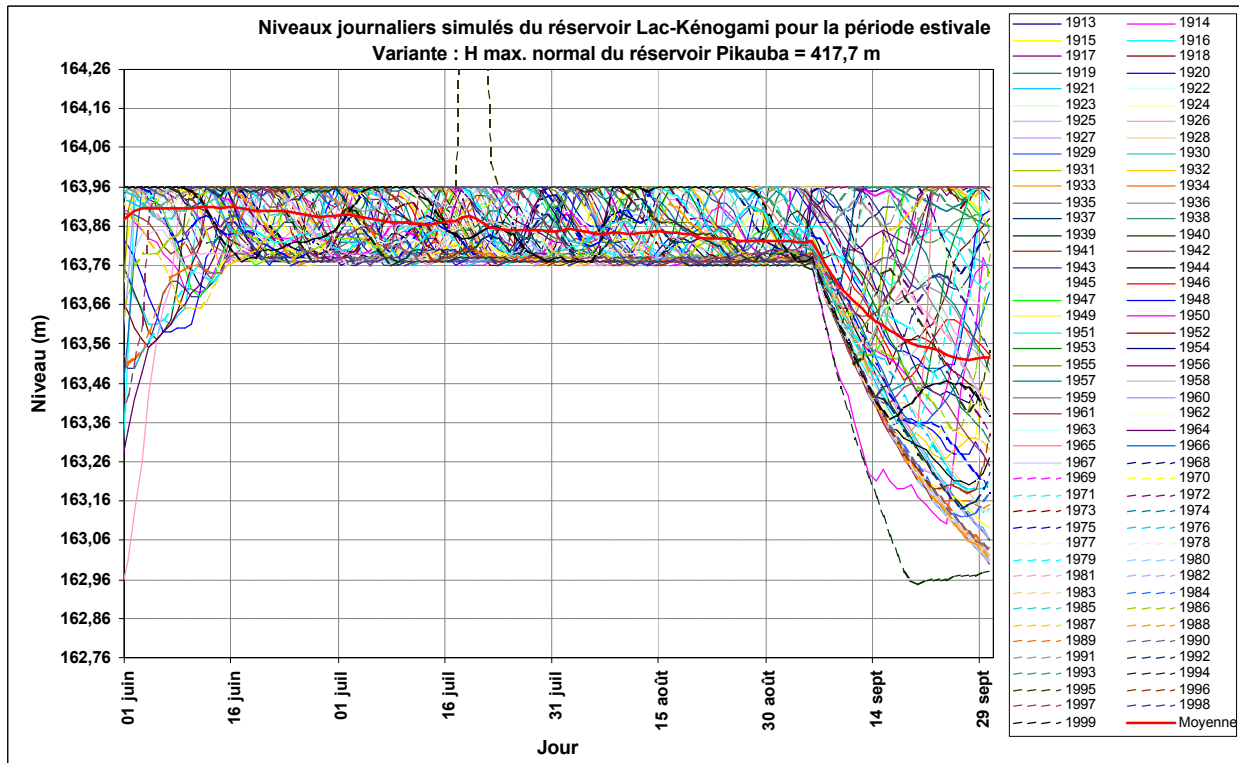
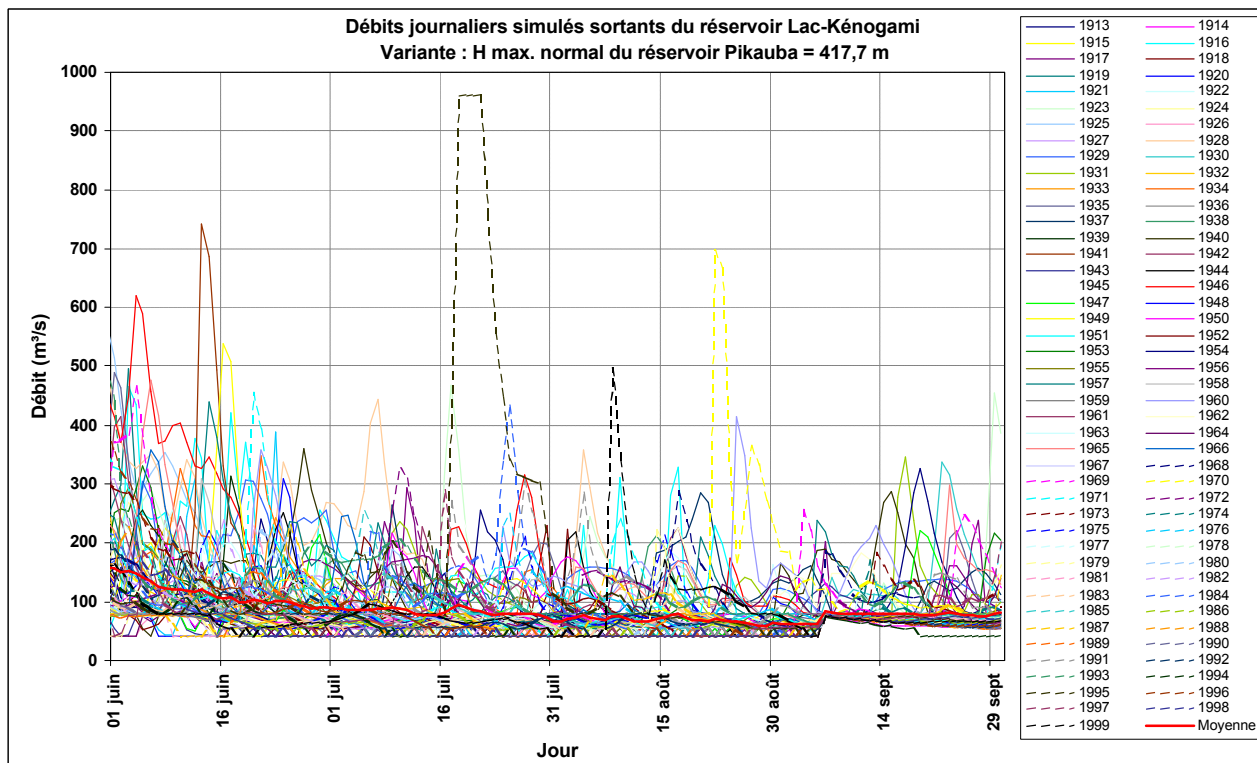


Figure 2– Débits journaliers simulés sortants du réservoir Lac-Kénogami pour la période estivale



Variante : Niveau maximum normal du réservoir Pikauba = 417,7 m et variation du niveau estival à Kénogami entre 163,96 m et 163,60 m

La gestion estivale du réservoir Lac-Kénogami entre les niveaux 163,96 m et 163,60, m avec une moyenne de 163,70 m et l'aménagement du réservoir Pikauba au niveau maximum normal de 417,70 m représente la deuxième variante analysée dans cette note. Le sommaire des déficits par rapport au niveau minimum estival est présenté au tableau 2. Les niveaux simulés pour chaque année sont montrés à la figure 3. Les débits sortants simulés du réservoir Lac-Kénogami sont présentés à la figure 4.

Pour atteindre un niveau moyen de 163,70 m il faut vidanger plus rapidement la tranche supérieure de 0,26 m du réservoir. Dans ce but, le soutirage à Kénogami pour ce cas se fait selon les règles suivantes:

- Au dessus de 163,8 m on fait sortir 99 m³/s
- entre 163,8 m et 163,7 m on fait sortir en moyenne 79 m³/s
- entre 163,7 m et 163,62 m on fait sortir en moyenne 54 m³/s
- et enfin sous 163,62 m on fait sortir 42,5 m³/s

Le niveau moyen estival obtenu est de 163,73 m, soit 0,03 m plus haut que le niveau moyen spécifié. Le résultat est très près de l'objectif.

Le nombre de déficits reste le même que pour le cas de référence. Il se produit à la même date et pour les mêmes raisons. Le niveau minimum atteint est de 163,59 m, ce qui représente seulement 0,01 m sous le seuil fixé.

Le débit sortant moyen interannuel durant la période estivale est de 80,16 m³/s.

Le respect des débits minimums à Pikauba et Kénogami est analysé plus loin.

Tableau 2 – Respect du niveau minimum estival du réservoir Lac-Kénogami - Variante : Niveau maximum normal du réservoir Pikauba = 417,7 m et variation du niveau estival à Kénogami entre 163,96 m et 163,60 m

Année hydrologique	Nombre de jours H < 163,60 m	H min. (m)
1994 – 1995	1	163,59
H minimum absolu (m)		163,59
Nombre de jours de déficits		1
Fréquence des déficits (%)		~ 0
Nombre d'années de déficits		1 / 87

Figure 3 – Niveaux journaliers simulés du réservoir Lac-Kénogami pour la période estivale

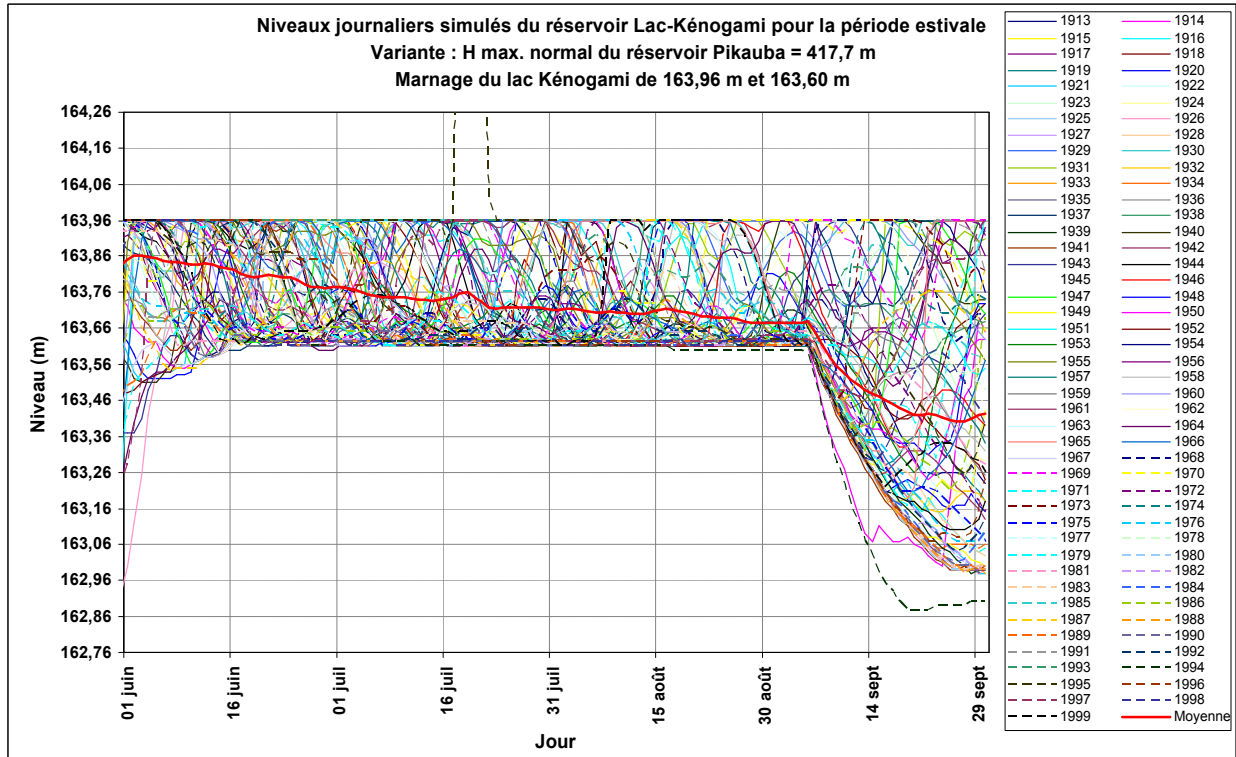
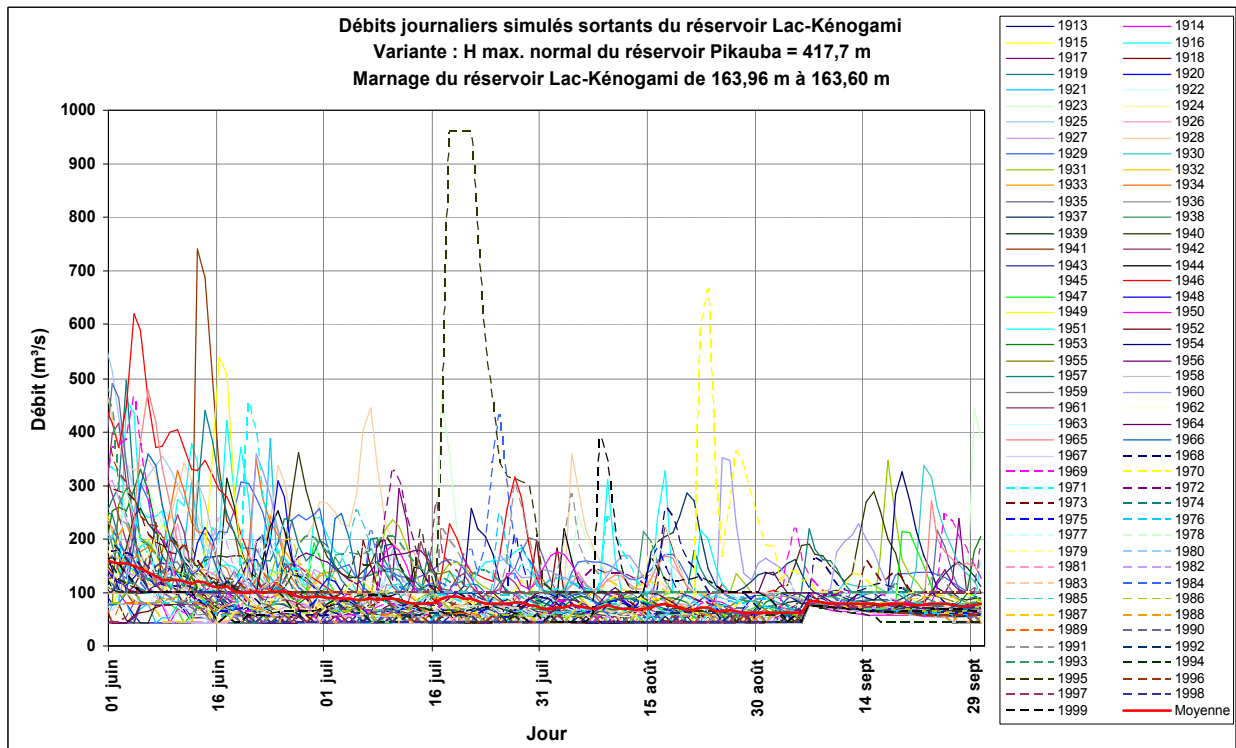


Figure 4 – Débits journaliers simulés sortants du réservoir Lac-Kénogami pour la période estivale



Comparaison des résultats

Le respect du niveau minimum estival du réservoir Lac-Kénogami est respecté dans les deux cas de marnage du réservoir. Par contre, avec un niveau minimum estival de 163,60 m au réservoir Lac-Kénogami, on augmente en moyenne de 0,57 m³/s le débit sortant du réservoir durant l'été. Une diminution équivalente en terme de volume est évidemment à prévoir pour le reste de l'année, puisque le volume total des apports d'une année est le même dans les deux cas.

Respect des débits minimums aux différents sites

Pour toutes les variantes, le débit minimum de 42,5 m³/s est assuré pendant la période estivale. Il y a toutefois quelques déficits par rapport au débit minimum de 42,5 m³/s qui surviennent avant la crue printanière lors de quelques années. Le tableau 3 présente un sommaire des caractéristiques de ces déficits. Ceux-ci surviennent à la fin de la période hivernale, lors de crues printanière tardives, après le moment où le réservoir Pikauba et le réservoir Lac-Kénogami ont été vidangés. Lorsque la crue printanière est tardive, il y a une courte période où la réserve utile est pratiquement vide, ce qui ne permet pas d'assurer le débit minimum.

Tableau 3 – Caractéristiques des déficits par rapport aux contraintes de débit minimum du réservoir Lac-Kénogami

Marnage du réservoir Lac-Kénogami	0,20 m	0,36 m
Kénogami – Année complète Période du 1^{er} janvier au 31 décembre		
Nombre de jours où $Q_{\text{sortant}} < 42,5 \text{ m}^3/\text{s}$	97 jours	96 jours
Fréquence des déficits	0,3 %	0,3 %
Nombre d'années de déficits	3 / 87	3 / 87
Déficit moyen par rapport à 42,5 m ³ /s	18,66 m ³ /s	18,80 m ³ /s
Volume total des déficits	156,4 hm ³	155,9 hm ³

La présence de ces déficits dans les résultats des simulations n'est pas un indicateur d'une problématique anticipée dans la gestion normale du réservoir Lac-Kénogami. Ils sont causés par les simplifications et limites inhérentes au modèle de simulation utilisé. En effet, le moment où débute la crue printanière du bassin versant du réservoir Lac-Kénogami peut varier selon l'année, mais la date spécifiée pour la vidange préventive des réservoirs est constante d'une année à l'autre dans le modèle de simulation. Il en résulte que lors de certaines années, cette date précède de plusieurs jours le début de la crue. Les réserves étant presque vides et les apports étant très faibles, le débit minimum de 42,5 m³/s ne peut être respecté. Toutefois, le fait de spécifier une date plus tardive pour la vidange des réservoirs créerait un autre problème: l'espace disponible dans les réservoirs pour le laminage des crues ne serait pas maximisé au début de la crue printanière. Un compromis a donc été fait pour les simulations de la gestion normale entre ces deux éléments.

Un débit minimum est également requis à la sortie du réservoir Pikauba, mais ce débit minimum varie selon la période de l'année. Le tableau 4 présente pour chacune des périodes de débit minimum au réservoir Pikauba, les caractéristiques des déficits par rapport au débit minimum requis au cours de cette période.

Tableau 4 – Caractéristiques des déficits par rapport aux contraintes de débit minimum du réservoir Pikauba

Marnage du réservoir Lac-Kénogami	0,20 m	0,36 m
Réservoir Pikauba – $Q_{\min.} = 10 \text{ m}^3/\text{s}$	Période du 11 mai au 30 juin	
Nombre de jours où $Q_{\text{sortant}} < 10 \text{ m}^3/\text{s}$	0	0
Fréquence des déficits	NA	NA
Nombre d'années de déficits	NA	NA
Déficit moyen par rapport à $10 \text{ m}^3/\text{s}$	NA	NA
Volume total des déficits	NA	NA
Nombre de jours du déficit le plus long	NA	NA
Volume du déficit maximum	NA	NA
Réservoir Pikauba – $Q_{\min.} = 7 \text{ m}^3/\text{s}$	Période du 1^{er} juillet au 5 novembre	
Nombre de jours où $Q_{\text{sortant}} < 7 \text{ m}^3/\text{s}$	8	8
Fréquence des déficits	~ 0 %	~ 0 %
Nombre d'années de déficits	3	3
Déficit moyen par rapport à $7 \text{ m}^3/\text{s}$	1,58 m^3/s	1,58 m^3/s
Volume total des déficits	1,09 hm^3	1,09 hm^3
Nombre de jours du déficit le plus long	6	6
Volume du déficit maximum	0,58 hm^3	0,58 hm^3
Réservoir Pikauba – $Q_{\min.} = 4 \text{ m}^3/\text{s}$	période du 6 novembre au 10 mai	
Nombre de jours où $Q_{\text{sortant}} < 4 \text{ m}^3/\text{s}$	345	345
Fréquence des déficits	2,1 %	2,1 %
Nombre d'années de déficits	7	7
Déficit moyen par rapport à $4 \text{ m}^3/\text{s}$	0,82 m^3/s	0,82 m^3/s
Volume total des déficits	24,4 hm^3	24,4 hm^3
Nombre de jours du déficit le plus long	87	87
Volume du déficit maximum	7,48 hm^3	7,48 hm^3

Pour la période du 11 mai au 30 juin, un débit minimum de $10 \text{ m}^3/\text{s}$ est requis à la sortie du réservoir Pikauba. Pour cette période on ne rencontre aucun déficit car le volume utile à cet endroit est suffisant. De plus, cette période coïncide avec la période de crue printanière où les débits sont généralement supérieurs à $10 \text{ m}^3/\text{s}$, de sorte qu'il est aisé de respecter ce critère de débit minimum.

Un débit minimum de 7 m³/s est requis au réservoir Pikauba pendant la période subséquente débutant le 1^{er} juillet et se terminant le 5 novembre. Cette valeur de 7 m³/s représente une fréquence de non dépassement de 3,3% des débits journaliers en conditions naturelles. A nouveau, la présence du réservoir Pikauba permet de respecter cette exigence la majorité du temps. Puisque le réservoir Pikauba est près de son niveau maximum normal au début de cette période, un volume utile appréciable est disponible. Mais les déficits qui se produisent au cours de cette période sont reliés au fait que le réservoir Pikauba contribue au maintien du niveau estival du réservoir Lac-Kénogami. Outre lors de crues, un débit plus important que 7 m³/s peut-être soutiré du réservoir Pikauba pendant cette période pour maintenir un niveau minimum au réservoir Lac-Kénogami; pour cette raison, il est possible que le réservoir Pikauba soit vidangé avant le 6 novembre et qu'il n'y ait plus de réserve utile disponible à cet endroit pour respecter le débit minimum de 7 m³/s. Pour la variante au niveau maximum normal de 417,7 m, 3 années de déficits sont rencontrées. La plus longue période de déficits dure 6 jours.

Finalement, un débit minimum de 4 m³/s est requis à la sortie du réservoir Pikauba pendant la période du 6 novembre au 10 mai. Par rapport à ce critère, les déficits qui se produisent pour les variantes avec le réservoir Pikauba s'expliquent aussi par les soutirages nécessaires au réservoir Pikauba pour maintenir le niveau estival du réservoir Lac-Kénogami; pour les années où le réservoir Pikauba s'est vidangé avant le 6 novembre, il y a quelques chances de rencontrer des déficits par la suite. Le nombre d'années où des déficits se produisent dans cette période est d'ailleurs corrélé avec le nombre d'années de déficits pour le critère de 7 m³/s.

Les déficits sont plus fréquents pour le critère de 4 m³/s, en raison de faibles apports naturels en hiver lors de certaines années. La présence du réservoir Pikauba contribue surtout à diminuer le nombre de jours total et le nombre d'années où des déficits se produisent. L'impact sur le déficit le plus long ou le déficit le plus important est toutefois moins grand.

Les déficits de débit sortant à Pikauba sont les mêmes que le marnage à Kénogami soit de 0,20 m ou bien de 0,36 m. On constate néanmoins que le nombre de déficit par rapport aux critères de 7 m³/s et de 4 m³/s est beaucoup plus faible en présence du réservoir Pikauba qu'à l'état naturel.

Conclusion

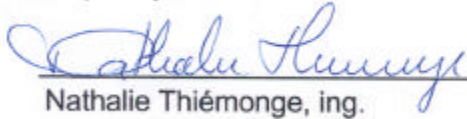
Le niveau minimum estival du réservoir Lac-Kénogami dans les simulations de la gestion normale est respecté dans les deux cas étudiés; il n'y a eu qu'un seul déficit. La principale différence entre les résultats des deux cas simulés est que le débit moyen journalier sortant du réservoir Lac-Kénogami en période estivale est 0,59 m³/s plus élevé lorsque le niveau minimum estival du réservoir est de 163,60 m.

Le respect des débits minimaux requis aux différents sites a également été analysé ici. Les résultats sont identiques dans les deux cas étudiés. Des déficits se produisent par rapport au débit minimum sortant du réservoir Lac-Kénogami de 42,5 m³/s, hors période estivale. Plusieurs de ces déficits se produisent avant l'arrivée de la crue printanière; certains sont causés par le fait que la date spécifiée pour la vidange des réservoirs est constante dans le modèle de simulation et ne se produiraient pas dans la gestion réelle, en présence du réservoir Pikauba, mais la constance des règles entre les variantes assure la comparabilité des résultats entre les variantes.

Pour ce qui est du respect des débits minimums à la sortie du réservoir Pikauba, la fréquence des déficits varie selon le critère analysé, puisque le débit minimum varie selon la période de l'année. D'abord, le débit minimum de 10 m³/s requis entre le 11 mai et le 30 juin est toujours respecté, alors que pour la période du 1^{er} juillet au 5 novembre, le nombre de déficits rencontrés en présence du réservoir Pikauba est très faible. Le volume utile disponible à cet endroit a une influence puisqu'au cours de la période estivale, le réservoir Pikauba contribue au maintien du niveau du réservoir Lac-Kénogami. Cette fonction peut causer une vidange complète du réservoir Pikauba avant la fin de la période estivale lors d'étiages importants, ce qui ne permet pas de respecter le débit minimum si la période d'étiage se poursuit.

Les déficits par rapport au débit minimum de 4 m³/s requis entre le 6 novembre et le 10 mai sont relativement fréquents, comparativement aux résultats pour les autres critères. Ces déficits s'expliquent en partie par le rôle joué par le réservoir Pikauba pour le maintien du niveau estival du réservoir Lac-Kénogami. Un autre élément expliquant la fréquence de ces déficits est représenté par les caractéristiques des apports naturels au cours de cette période. Le débit minimum de 4 m³/s requis au réservoir Pikauba correspond à une fréquence de non-dépassement de 17,3%, en conditions naturelles, ce qui permet de constater la présence de nombreux déficits en conditions naturelles par rapport à ce critère. On notera toutefois qu'il n'y a pas de différences entre les deux variantes présentées ici, en ce qui concerne les déficits sur les débits minimaux à Pikauba peu importe la saison considérée.


Préparé par:


Nathalie Thiémonge, ing.

et :

 2003-03-18
Luc Roy, ing.

Revue avant émission:

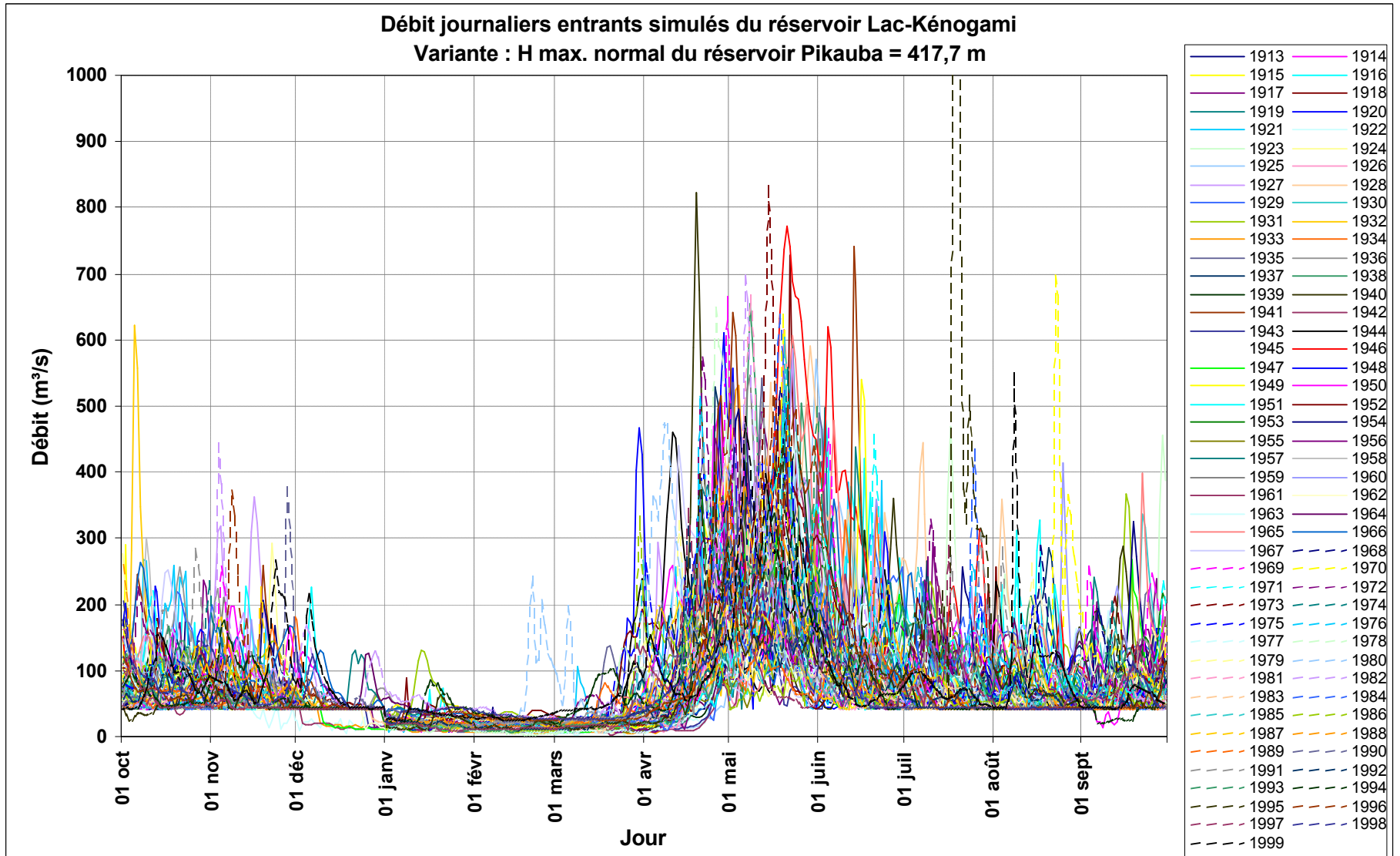
 2003-03-18
Pierre Bruneau, ing.
Chargé d'équipe Hydrologie

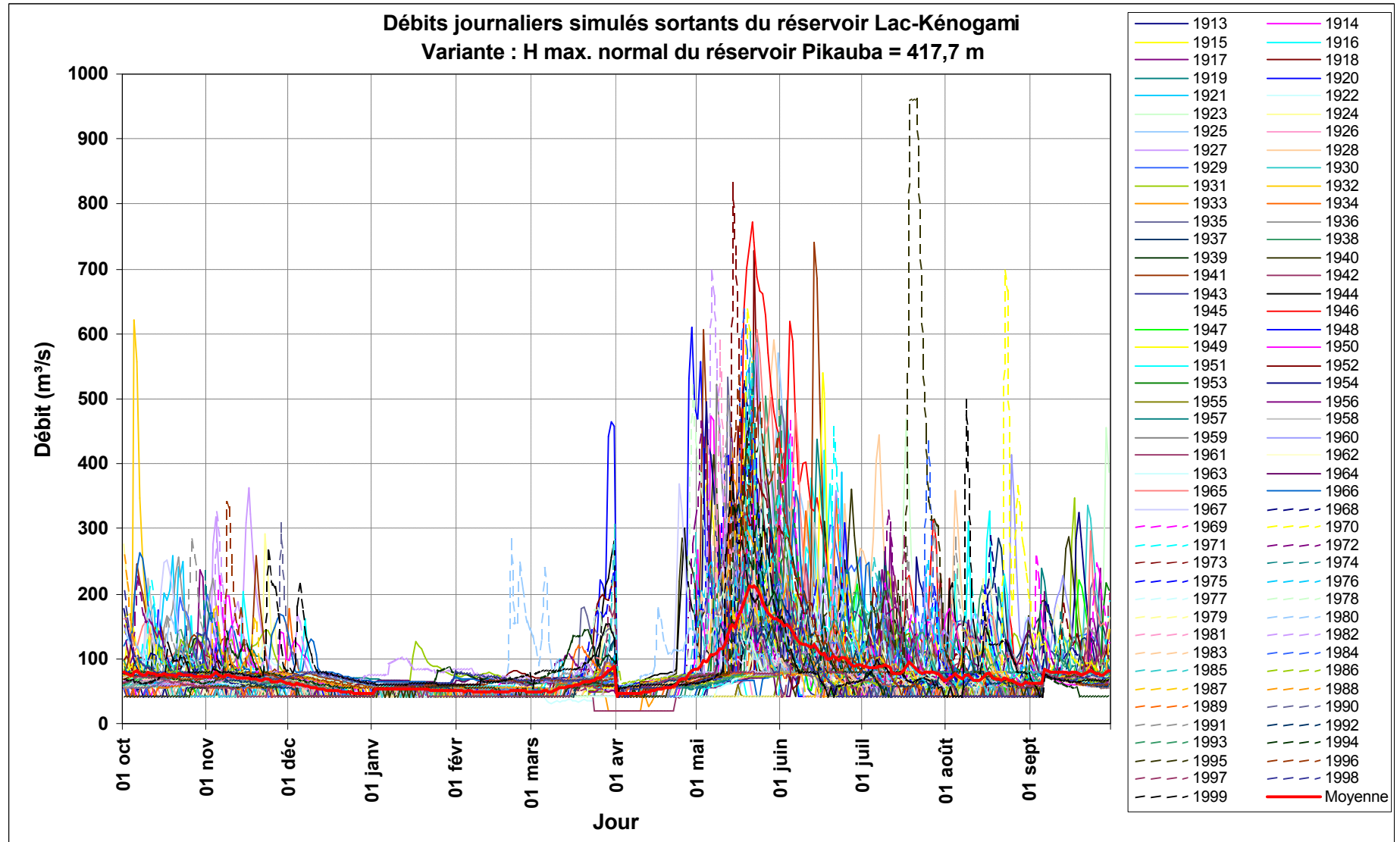
cc.\ MM. Jean-Pierre Tournier
Steven Weyman
Alain Chamberland
Dossier technique

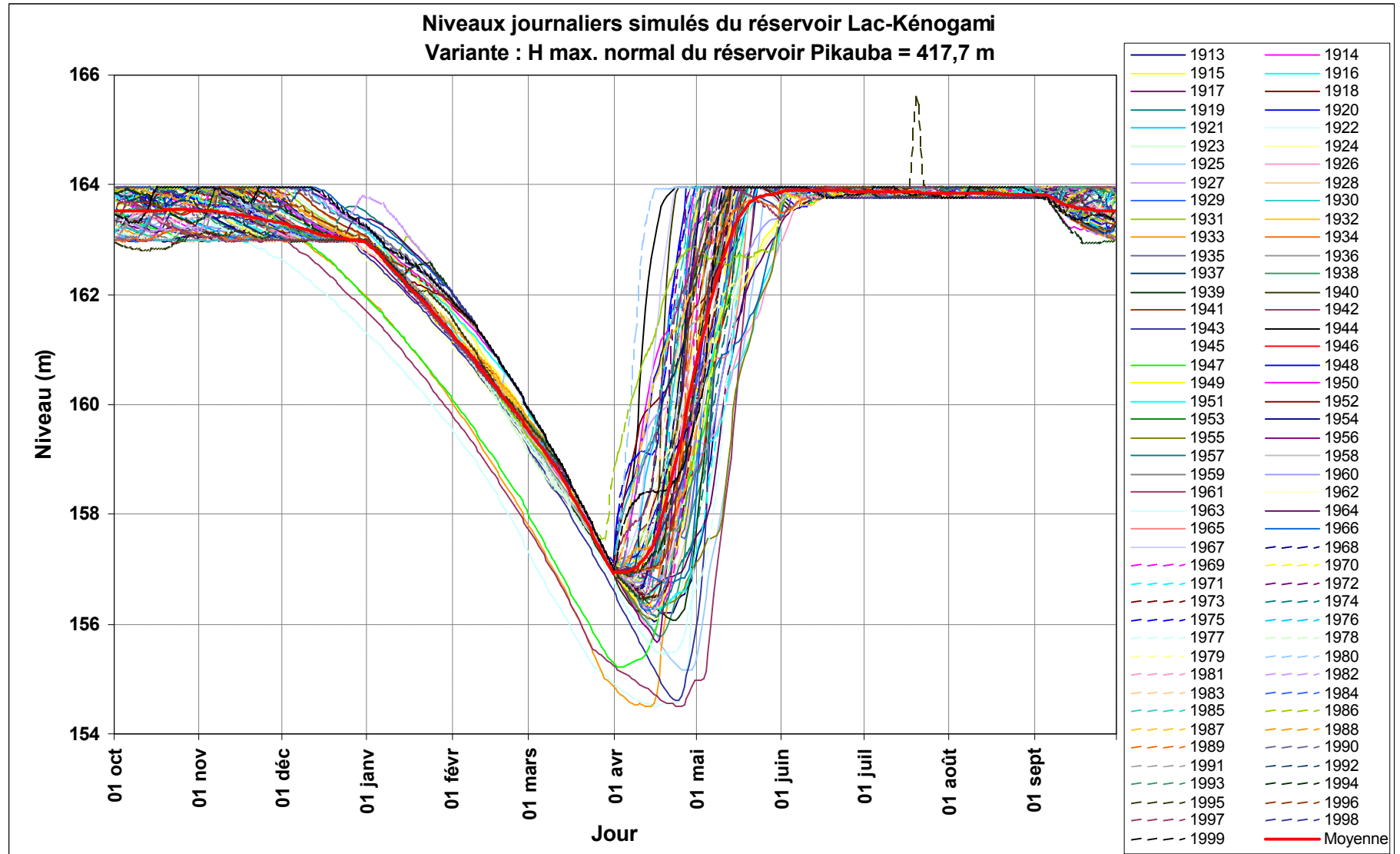
Références

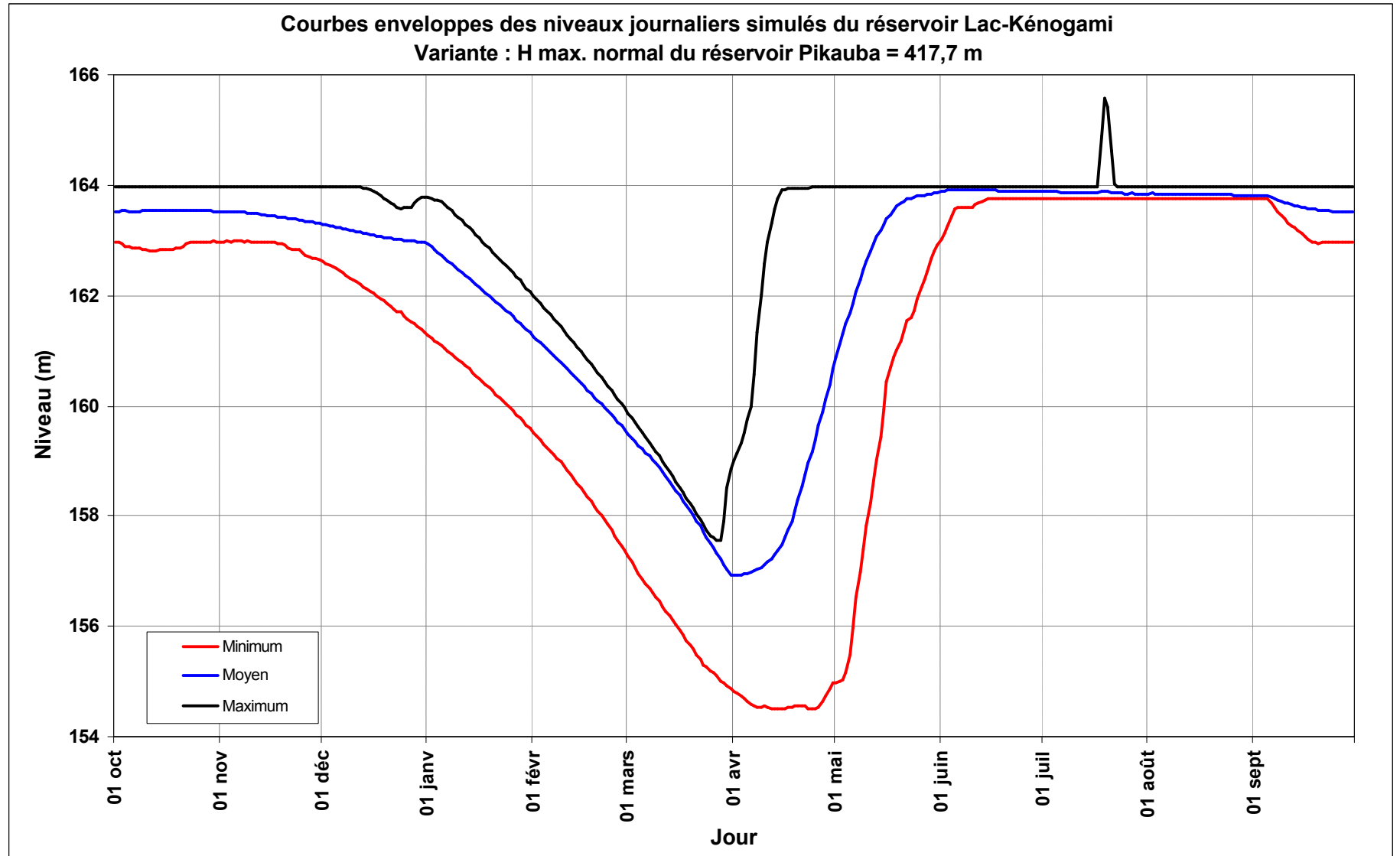
Roy, L. (2002). *Kénogami – Respect des règles de gestion normale du bassin versant du réservoir Lac-Kénogami avec la présence du réservoir Pikauba*. Hydro-Québec, Unité conception des aménagements de production, Hydraulique et Géotechnique, 12 décembre 2002, HQ-DPPE-HG-CI-2002-0088-01

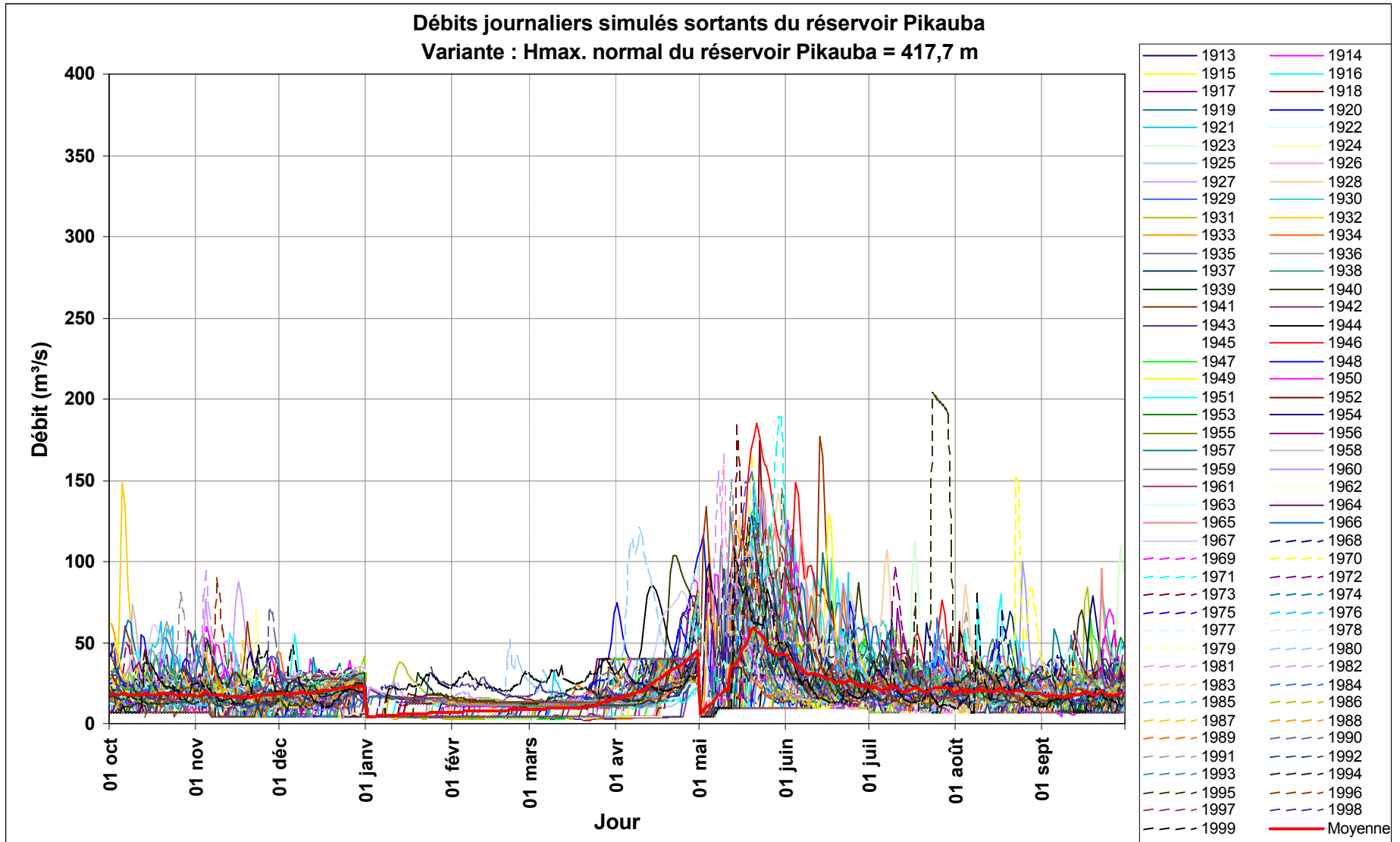
Annexe 1 – Résultats des simulations journalières
Variante : Hmax. normal du réservoir Pikauba = 417,7 m et
variation du niveau estival à Kénogami entre 163,96 m et 163,76 m

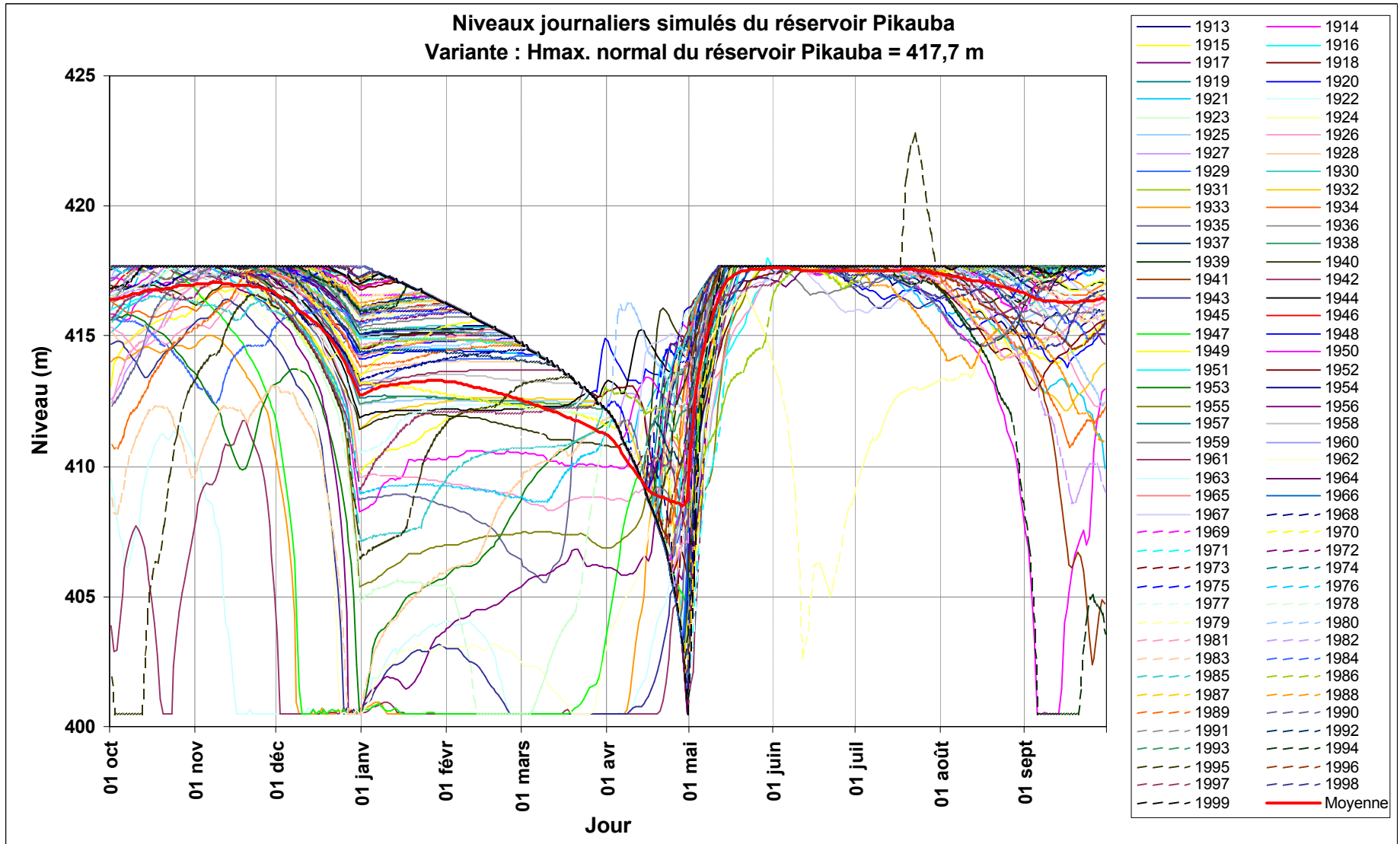


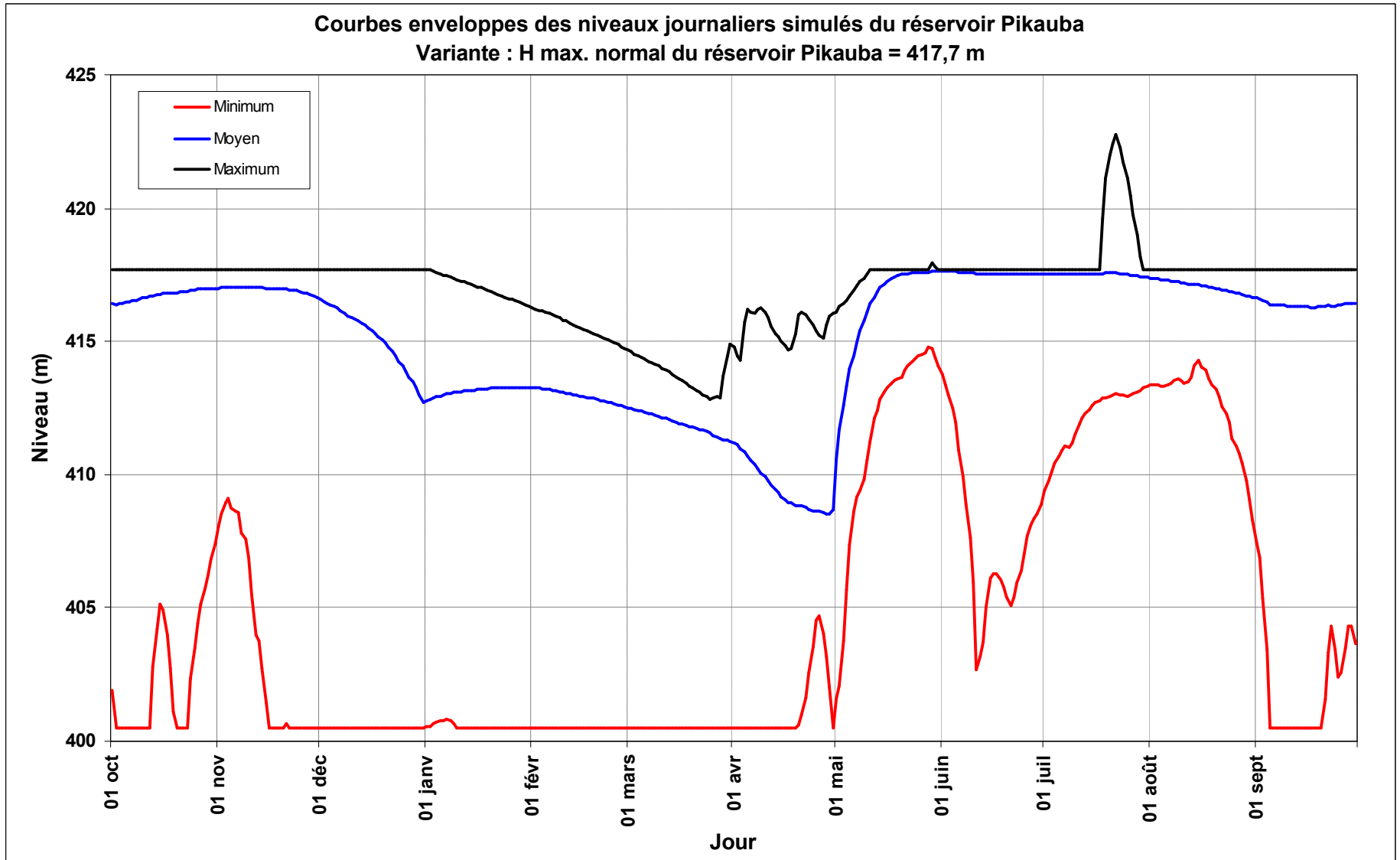












Annexe 2 – Résultats des simulations journalières
Variante : Hmax. normal du réservoir Pikauba = 417,7 m et
variation du niveau estival à Kénogami entre 163,96 m et 163,60 m

