

Le 7 décembre 2016

Objet : Demande d'accès n° 2016-11-62 – Lettre réponse

Monsieur,

La présente fait suite à votre demande d'accès, reçue le 21 novembre dernier, concernant une étude du plan au barrage à la Pipe (code du barrage : X0003137).

Vous trouverez en pièce jointe le document demandé. Il s'agit de :

- Étude hydrologique et hydraulique – Barrage à la Pipe, janvier 2007, 26 pages.

Conformément à l'article 51 de la Loi sur l'accès aux documents des organismes publics et sur la protection des renseignements personnels (RLRQ, chapitre A-2.1), nous vous informons que vous pouvez demander la révision de cette décision auprès de la Commission d'accès à l'information. Vous trouverez, en pièce jointe, une note explicative concernant l'exercice de ce recours.

Pour obtenir des renseignements supplémentaires, vous pouvez communiquer avec M. David Dubé, analyste responsable de votre dossier, par courriel à l'adresse david.dube@mddelcc.gouv.qc.ca, en mentionnant le numéro de votre dossier en objet.

Veuillez agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments les meilleurs.

La directrice,

ORIGINAL SIGNÉ PAR

Pascale Porlier

p. j. (2)

**ÉTUDE HYDROLOGIQUE ET
HYDRAULIQUE**

BARRAGE À LA PIPE

X0003137



Réalisée par : Véronique Simard, ing. jr.



Vérifiée par : Martin Ferland, ing. M.B.A.

Centre d'expertise hydrique du Québec

Direction de l'expertise et de la gestion des barrages publics

Janvier 2007

TABLE DES MATIÈRES

1.0	INTRODUCTION.....	1
2.0	HYDROLOGIE ET HYDRAULIQUE.....	2
2.1	DESCRIPTION SOMMAIRE DU BASSIN VERSANT.....	2
2.2	ESTIMATION DES DÉBITS DE CRUES	4
2.3	DÉTERMINATION DU NIVEAU DES CONSÉQUENCES ET CRUE DE SÉCURITÉ.....	9
2.4	CAPACITÉ D'ÉVACUATION	11
2.5	REVANCHE HYDRAULIQUE	14
3.0	CONCLUSION	16

ANNEXE 1 : CALCUL DU FECTH EFFECTIF ET DE LA HAUTEUR DES VAGUES

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 :	BARRAGE À LA PIPE – BASSIN VERSANT.....	3
FIGURE 2 :	LOCALISATION ET BASSIN VERSANT DES STATIONS HYDROMÉTRIQUES 051002 ET 051007	6
FIGURE 3 :	COURBE DE CAPACITÉ D'ÉVACUATION DU BARRAGE À LA PIPE PROJETÉ	12
FIGURE 4 :	COURBE D'EMMAGASINEMENT DU LAC À LA PIPE	13

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : CARACTÉRISTIQUES DES STATIONS HYDROMÉTRIQUES DE RÉFÉRENCE	5
TABLEAU 2 : DÉBITS DE CRUES ÉTÉ/AUTOMNE ESTIMÉS AUX STATIONS 051002 ET 051007	7
TABLEAU 3 : DÉBITS DE CRUES INSTANTANÉS NON LAMINÉS TRANSPOSÉS AU BARRAGE À LA PIPE ...	8
TABLEAU 4: DÉBITS DE CRUES INSTANTANÉS LAMINÉS ESTIMÉS À LA SORTIE DU LAC À LA PIPE	9
TABLEAU 5 : LOCALISATION DES PRINCIPAUX POINTS D'INTÉRÊT	10
TABLEAU 6 : NIVEAU MINIMAL DE LA CRÊTE DES DIGUES SELON DIFFÉRENTES CONDITIONS	15

1.0 INTRODUCTION

Le présent rapport vise principalement à estimer des débits de crues de différentes récurrences au barrage à la Pipe. Ce dernier est situé sur le territoire non organisé de Lac-au-Brochet, laquelle fait partie de la MRC de La Haute-Côte-Nord, dans la région de la Côte-Nord. Plus précisément, le barrage à la Pipe est construit sur la décharge du lac du même nom.

Le barrage à la Pipe est inscrit dans le Répertoire des barrages du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) sous le numéro X0003137. Selon les informations consignées au Répertoire, il s'agit d'une structure de retenue d'une hauteur de 2,75 m muni en rive gauche et droite de digues en remblai d'une longueur de 12,0 m et 15,0 m, respectivement. Les débits sont contrôlés par un déversoir fixe en enrochement d'une longueur de 16,0 m. Celui-ci permettant de maintenir un plan d'eau à des fins de régularisation.

La capacité d'évacuation du barrage à la Pipe est inadéquate en regard des normes minimales de sécurité relatives aux crues qui sont prescrites dans le Règlement sur la sécurité des barrages. La Direction de la maintenance des barrages (DMB) souhaite donc améliorer la capacité d'évacuation de l'ouvrage actuel.

Dans le but de permettre à la DMB de concevoir une structure de retenue conforme aux règles de l'art et aux normes minimales de sécurité, une analyse hydraulique est réalisée. Celle-ci fait l'objet du présent rapport et vise principalement à estimer le débit de la crue de sécurité du barrage à la Pipe, le niveau correspondant à l'évacuation d'une telle crue et, enfin, à suggérer une revanche de sécurité applicable aux composantes du barrage susceptibles d'érosion.

Il est important de noter que tous les calculs et analyses réalisés dans le présent document ont été effectués en considérant les caractéristiques proposées pour le barrage projeté. Celles-ci nous ont été fournies par l'ingénieur, chargé de projet, de la DMB.

2.0 HYDROLOGIE ET HYDRAULIQUE

2.1 DESCRIPTION SOMMAIRE DU BASSIN VERSANT

La superficie du bassin versant au site du barrage est de 5,1 km² et est illustrée sur la figure 1. Le lac à la Pipe a une superficie de 0,7 km². Son bassin est en majeure partie boisé, vallonné et compte plusieurs lacs et marécages. Leurs superficies représentent environ 15,7 % de celle du bassin versant. Les eaux du lac à la Pipe se déversent dans un cours d'eau sans nom, qui est un tributaire de la rivière aux Ours.

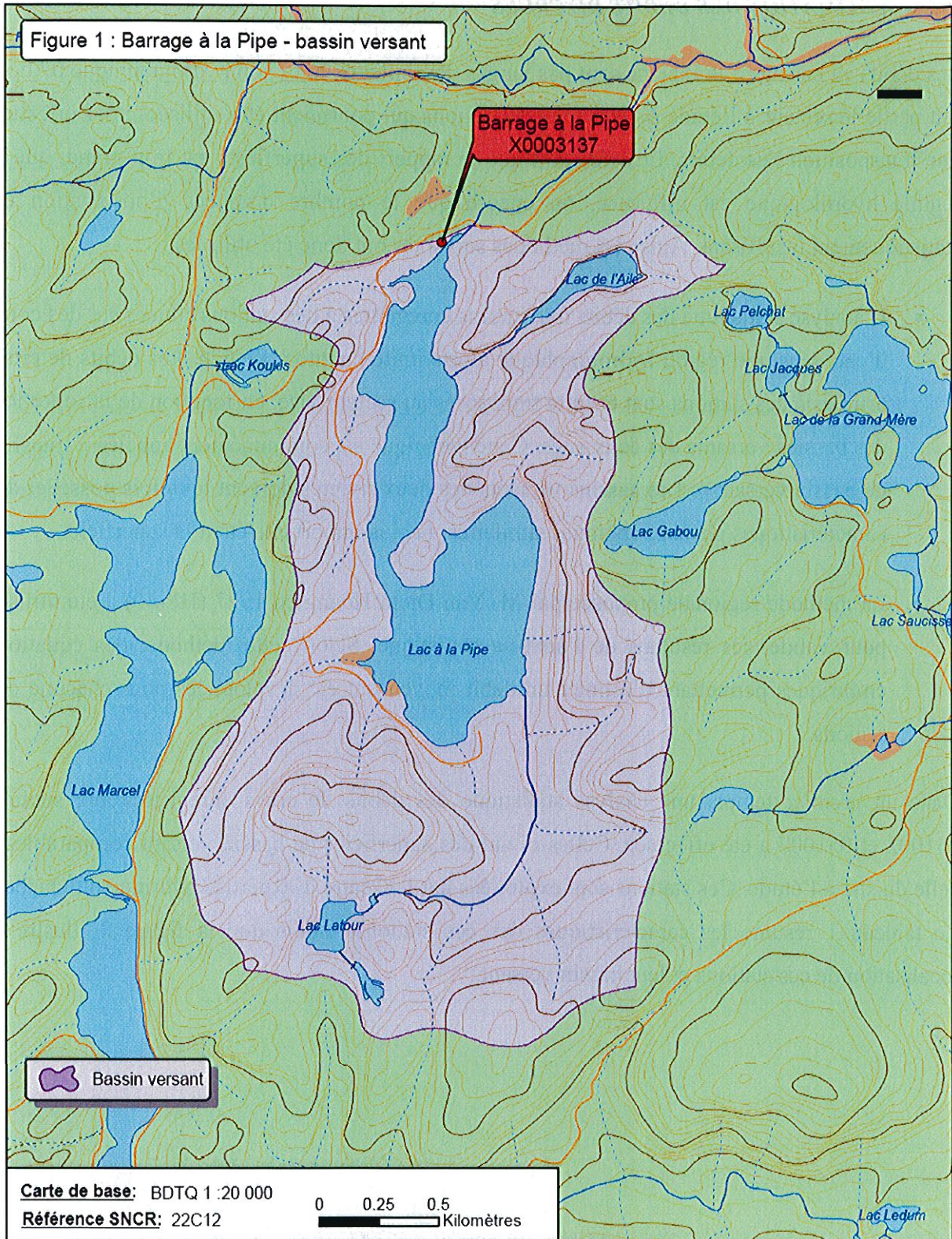


Figure 1 : Barrage à la Pipe – Bassin versant

2.2 ESTIMATION DES DÉBITS DE CRUES

Les débits au barrage à la Pipe ne sont pas jaugés. Par ailleurs, la région hydrographique 07 dont fait partie le secteur à l'étude possède peu de stations qui pourraient être utilisées pour effectuer une transposition des débits. En effet, soit que le rapport des superficies est trop grand, que le régime hydrologique est influencé, ou encore que le nombre d'années d'observation est statistiquement insuffisant. Ainsi, les méthodes suivantes ont donc été utilisées :

- L'analyse statistique des débits maximums enregistrés à des stations situées sur des cours d'eau dans une région hydrographique à proximité du site à l'étude. Les débits de crues estimés à ces stations sont ensuite transposés au secteur visé, en fonction de la superficie des bassins versants des deux sites. Cette technique est communément appelée « transfert de bassin versant ». Les bassins versants des deux rivières doivent toutefois posséder des caractéristiques physiographiques similaires, la plus importante étant la superficie.
- La méthode régionale proposée par M. Van Diem Hoang en 1977 (HP-40) a été utilisée pour valider les résultats de l'analyse statistique. Selon cette méthode, des équations empiriques permettant d'estimer un débit moyen ont été développées pour chacune des régions.

Dans un premier temps, une analyse statistique des débits de crues enregistrés aux stations 051002 et 051007 a été effectuée. Celles-ci ont des superficies de bassin versant comparables à celle du site à l'étude. Ces stations sont exploitées par le Centre d'expertise hydrique du Québec. Le tableau 1 résume les caractéristiques de ces stations, tandis que la figure 2 illustre la localisation de ces stations et leur bassin versant.

Tableau 1 : Caractéristiques des stations hydrométriques de référence

<i>Station</i>	<i>Localisation</i>		<i>Années d'opération</i>	<i>Superficie du B.V. (km²)</i>	<i>% lacs</i>
	<i>Cours d'eau</i>	<i>Région</i>			
051002	Eaux Volées	Capitale-Nationale	Depuis 1966	3,94	4 %
051007	Aulnaies	Capitale-Nationale	Depuis 1971	3,57	0 %

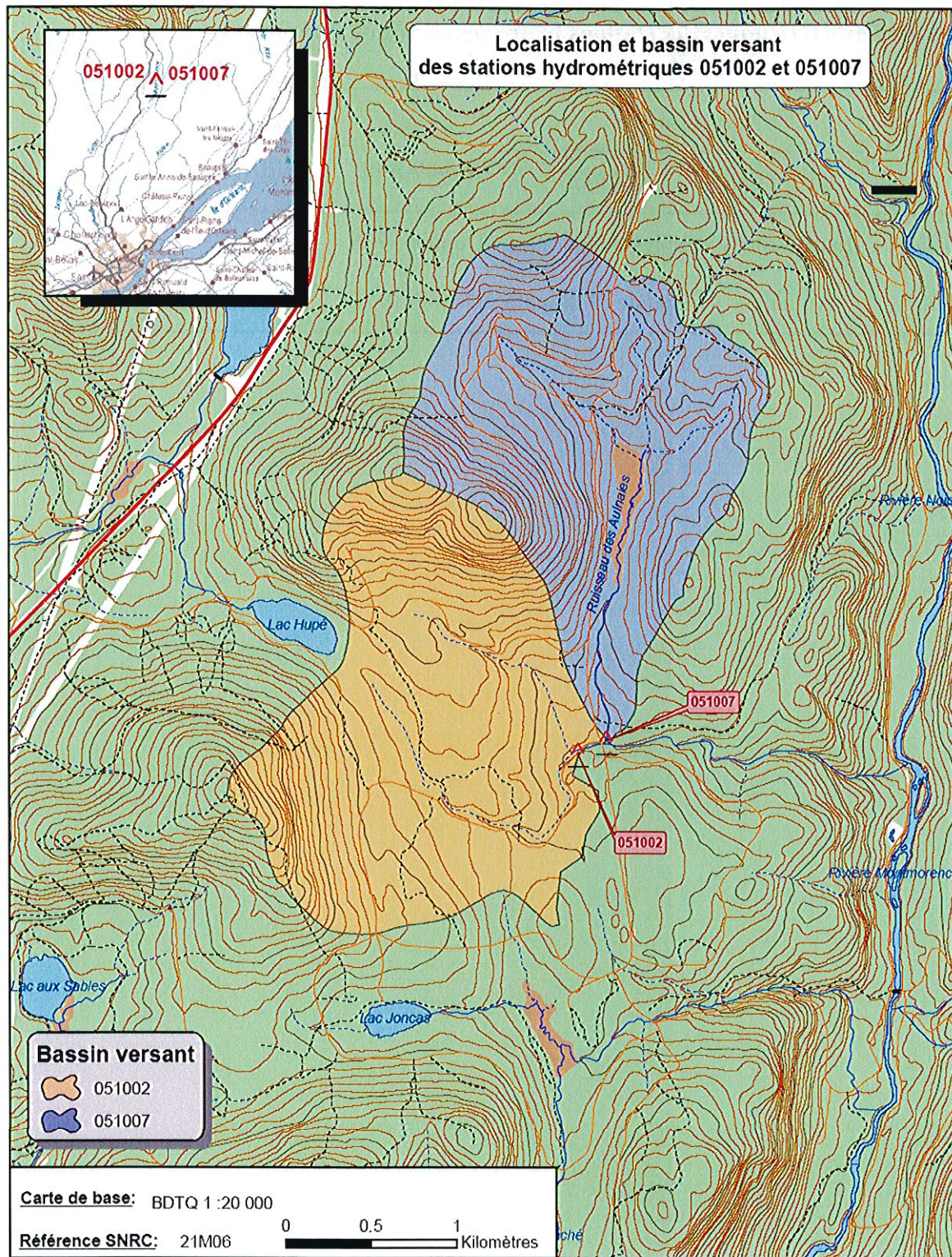


Figure 2: Localisation et bassin versant des stations hydrométriques 051002 et 051007

Des débits de crues printanier, été/automne et annuel ont été estimés à ces stations, à l'aide d'une analyse statistique. Cette analyse, intitulé : « Analyse fréquentielle locale et régionale et cartographie des crues au Québec », fut réalisée par la Chaire en hydrologie statistique de l'Institut national de la recherche scientifique, INRS-ETE, et présentée dans un rapport daté d'août 2002. Les débits de crues été/automne se sont avérés les plus élevés et ont été retenus.

Les valeurs ainsi estimées sont présentées au tableau 2.

Tableau 2 : Débits de crues été/automne estimés aux stations 051002 et 051007

<i>Réurrence (année)</i>	<i>Débits de crues printaniers (m³/s)</i>	
	<i>Station 051002</i>	<i>Station 051007</i>
2	0,65	0,88
10	1,36	2,00
20	1,67	2,49
50	2,07	3,12
100	2,38	3,60
1000	3,39	5,21

Par la suite, ils ont été transposés au secteur à l'étude et multipliés par un facteur de pointe de 1,81 afin d'obtenir des débits de pointe instantanés puisque, jusqu'à maintenant, les débits maximums été/automne considérés sont évalués à partir de moyennes journalières.

Dans un deuxième temps, l'analyse régionale développée par M. Hoang (1977) fut utilisée et a permis d'estimer des débits journaliers de différentes récurrences au barrage à la Pipe et de valider les valeurs tirées des analyses fréquentielles locales.

Les débits de crues instantanés non laminés ainsi estimés sont présentés au tableau 3.

Tableau 3 : Débits de crues instantanés non laminés transposés au barrage à la Pipe

<i>Réurrences (années)</i>	<i>Débits de crues instantanés (m3/s)</i>		
	<i>Selon 051002</i>	<i>Selon 051007</i>	<i>Selon HP-40⁽¹⁾</i>
2	1,52	2,29	4,94
10	3,19	5,17	6,95
20	3,91	6,44	7,68
50	4,85	8,07	8,61
100	5,58	9,31	9,35
1000	7,94	13,47	---

On constate que les résultats tirés de l'analyse régionale (HP-40), laquelle tient compte des particularités de la région, donnent des débits inférieurs à la station 051007 pour les débits de crues de récurrence supérieur à 50 ans de notre analyse. De plus, les superficies des bassins versants des rivières jaugées retenues dans cette étude (HP-40) sont beaucoup plus grandes que celle du bassin versant du barrage à la Pipe, ce qui a comme conséquence de sous-estimer les résultats.

Nous avons retenu les débits les plus élevés résultant de notre analyse aux deux stations étudiées; ceux-ci ont été évalués à partir de la station 051007. Ces valeurs sont conservatrices puisque, en observant la figure 2, on s'aperçoit que le pourcentage de lacs est plus faible et que les pentes de la rivière et du bassin versant sont similaires. De cette manière, nous sommes d'avis que les incertitudes hydrologiques sont prises en compte.

¹ Pour cette méthode, se sont des débits de crues instantanés laminés.

Afin de tenir compte du pourcentage de lacs et marécages sur le bassin du lac à la Pipe, environ 15,7 %, les débits obtenus ont aussi été multipliés par un facteur de laminage de 0,57. Le facteur de laminage est tiré du Manuel de conception des ponceaux du ministère des Transports (figure 3.6, page 3-28).

Le tableau 4 présente les débits de crues instantanés estimés à la sortie du lac à la Pipe.

Tableau 4: Débits de crues instantanés laminés estimés à la sortie du lac à la Pipe

<i>Réurrence (année)</i>	<i>Débit de crue instantané (m³/s)</i>
2	1,29
10	2,93
20	3,65
50	4,57
100	5,27
1000	7,63

2.3 DÉTERMINATION DU NIVEAU DES CONSÉQUENCES ET CRUE DE SÉCURITÉ

Compte tenu de la densité de la population et de l'importance des infrastructures et services susceptibles d'être affectés advenant la rupture du barrage, le niveau des conséquences advenant la rupture du barrage à la Pipe existant est « minimal ». Il s'agit toutefois d'un classement préliminaire qui n'a jamais fait l'objet d'une vérification formelle par un ingénieur. Selon les normes minimales de sécurité relatives aux crues qui sont prescrites dans le Règlement sur la sécurité des barrages, à la suite des travaux de reconstruction, le barrage à la Pipe devrait être en mesure d'évacuer d'une façon sécuritaire une crue de récurrence de 1 : 100 ans. Bien entendu, cette norme est valable si les dimensions du nouveau barrage n'ont pas pour effet d'augmenter ou de diminuer son niveau de conséquences en cas de rupture.

Advenant la rupture du barrage à la Pipe projeté, la zone potentiellement affectée s'étend sur une distance d'environ 19,8 km, du barrage jusqu'à la rivière Portneuf qui est le point d'atténuation de l'onde de rupture. Cette limite du tronçon d'étude est justifiée par les raisons suivantes :

- La rivière Portneuf est une rivière beaucoup plus importante que la rivière aux Ours;
- La distance de près de 19,8 km qui permet un laminage important du débit de brèche;
- La superficie du bassin versant de la rivière Portneuf, à la limite du tronçon d'étude, est de plus de 16 fois celle de la rivière aux Ours (2 187,2 km² vs 129,8 km²).

Par conséquent, le rehaussement du niveau d'eau de la rivière Portneuf advenant la rupture du barrage à la Pipe serait négligeable que se soit par temps sec ou en crue, à la confluence des deux rivières. Le tableau 5 présente la localisation des principaux points d'intérêt dans la zone susceptible d'être affectées par la rupture du barrage.

Tableau 5 : Localisation des principaux points d'intérêt

<i>PK</i>	<i>POINTS D'INTÉRÊT</i>
0,0	Barrage à la Pipe
0,2	Pont d'un chemin d'accès aux ressources
10,9	Pont d'un chemin d'accès aux ressources
13,3	Pont d'un chemin d'accès aux ressources
19,5	Pont d'un chemin d'accès aux ressources

Nous considérons, en demeurant conservateur, que le territoire susceptible d'être affecté advenant la rupture du barrage à la Pipe inclut quatre ponts de chemin d'accès aux ressources. Ainsi, le niveau des conséquences de ce barrage est « minimal » au sens du Règlement. Rappelons que la crue de sécurité correspondant à ce niveau des conséquences selon le Règlement est de récurrence 1 : 100 ans.

2.4 CAPACITÉ D'ÉVACUATION

Selon les informations obtenues par l'ingénieur, chargé de projet, de la DMB, le barrage à la Pipe projeté sera constitué d'un déversoir fixe en enrochement prolongé en rive par des ailes en remblai.

Le déversoir fixe mesure 10,0 m de longueur. Les ailes droite et gauche mesurent respectivement 15,0 m et 12,0 m de longueur. La longueur totale de la structure de retenue est d'environ 37,0 m. Les ailes mesurent 4,0 m de largeur en crête.

Nous avons évalué la hauteur d'eau sur le seuil lors d'une crue centennale. La hauteur d'eau en amont par rapport au déversoir du barrage, nécessaire pour permettre l'évacuation de la crue centennale, fut évaluée à l'aide de la formule suivante :

$$h = \left(\frac{Q}{C * L} \right)^{2/3}$$

Où,

h = Hauteur d'eau en amont par rapport au déversoir (mètre)

Q = Débit centenaire ($Q_{100} = 5,27 \text{ m}^3/\text{s}$)

L = Longueur du déversoir (11,66 m en tenant compte des pentes)

C = Coefficient de débit (estimé à 1,6 pour cette catégorie de déversoir)

La hauteur d'eau ainsi évaluée est de 0,45 m. Considérant le niveau du déversoir établi à l'élévation 99,38 m, le niveau d'eau atteint en crue centennale serait de 99,83 m. La figure 3 présente la courbe de capacité d'évacuation du barrage à la Pipe projeté et la figure 4, la courbe d'emmagasinement du lac à la Pipe.

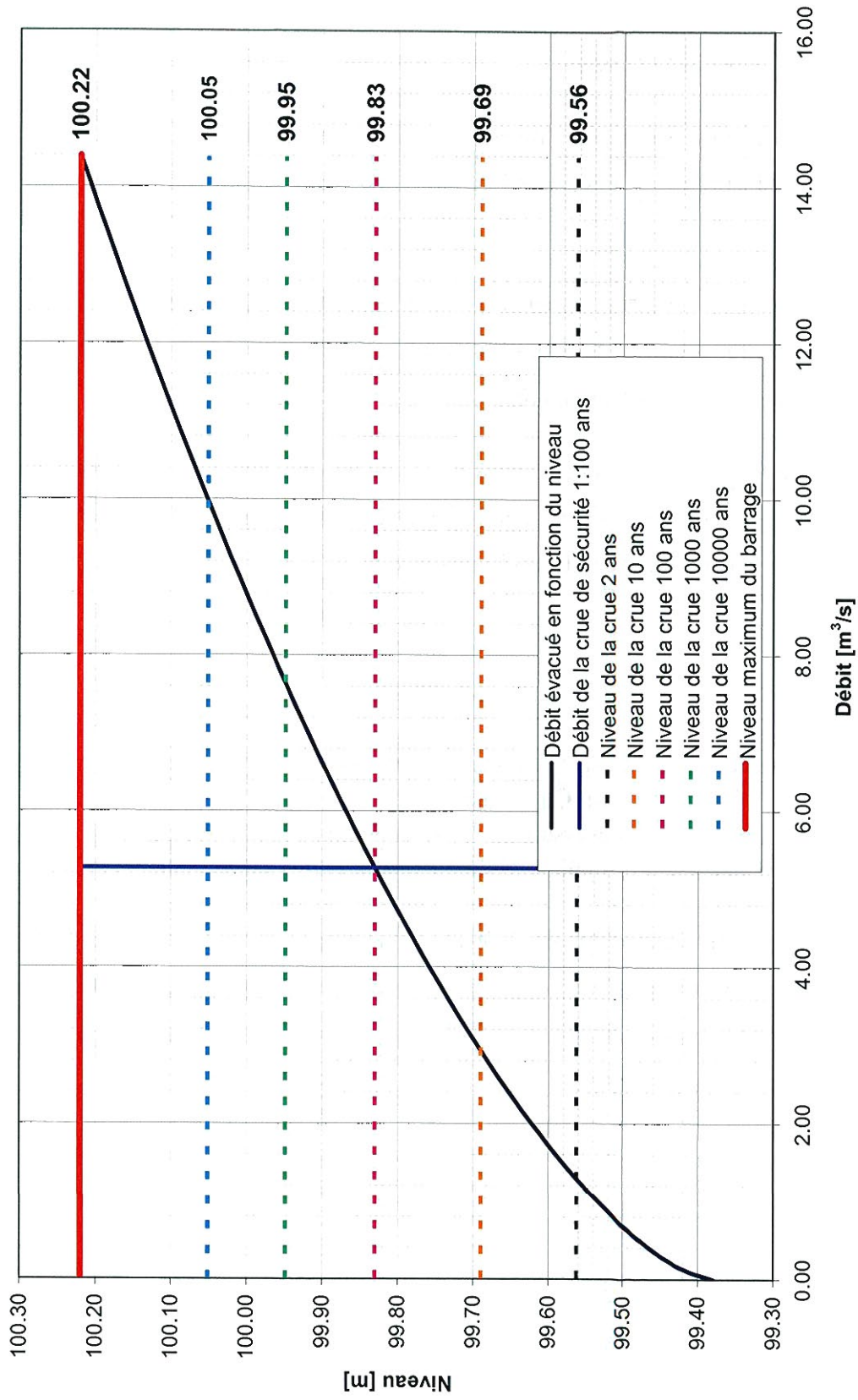


Figure 3 : Courbe de capacité d'évacuation du barrage à la Pipe projeté

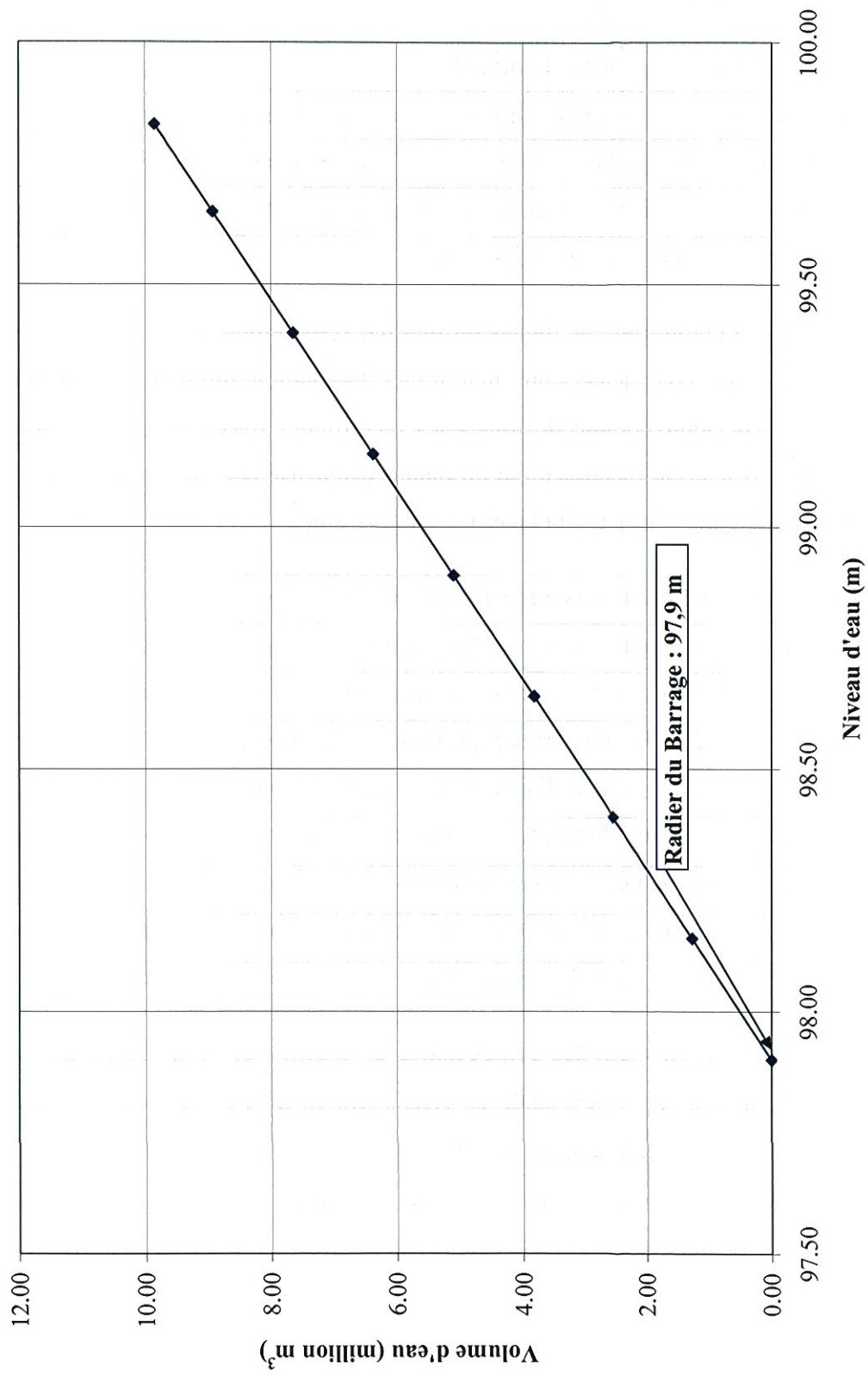


Figure 4 : Courbe d'emmagasinement du lac à la Pipe

2.5 REVANCHE HYDRAULIQUE

L'article 25 du Règlement stipule qu'il doit exister une distance minimale de 1,0 m entre le point bas de la crête d'un ouvrage susceptible d'érosion et le niveau maximal atteint lors de la crue de sécurité à moins que le propriétaire ne démontre, à la satisfaction du ministre, que toutes les incertitudes hydrologiques ainsi que celles relatives à la gestion des crues ont été prises en compte dans l'établissement de la crue de sécurité.

Le barrage projeté va comporter des digues en remblai susceptibles d'érosion. Une revanche de sécurité doit donc être considérée pour déterminer l'élévation minimale de la crête de ces composantes. Afin de tenir compte de toutes les incertitudes hydrauliques, une analyse de la capacité à gérer la crue et du rehaussement du plan d'eau causé par les vagues et une estimation de l'élévation des niveaux d'eau atteint en crues sera effectuée.

En premier lieu, nous sommes d'avis que les crues et la capacité d'évacuation du barrage projeté ont été déterminées d'une manière conservatrice et selon les règles de l'art. Par ailleurs, compte tenu du type d'appareil d'évacuation préconisé, soit un déversoir fixe, il n'y a pas d'incertitude quant à la capacité de gérer la crue. En ce qui concerne la présence de vagues, un calcul de la hauteur de vagues a été réalisé à l'aide d'une méthode décrite dans le Shore Protection Manuel (1977). Selon ce calcul, on estime à 49 cm la hauteur de vagues pouvant être générée par un vent de 75 km/h, et à 31 cm le rehaussement causé par un vent de 50 km/h. Les tableaux présentés en annexe présentent le calcul du fetch effectif et de la hauteur des vagues. Afin de déterminer si la revanche est adéquate, les conditions suivantes doivent être respectées :

- A L'élévation en crête des composantes du barrage qui sont susceptibles d'érosion doit être supérieure ou égale au rehaussement dû aux vagues engendrées par un vent de 50 km/h s'ajoutant au niveau correspondant à l'évacuation de la crue de sécurité;

- B L'élévation en crête des composantes du barrage qui sont susceptibles d'érosion doit être supérieure ou égale au rehaussement dû aux vagues engendrées par un vent de 75 km/h s'ajoutant au niveau normal d'exploitation du barrage, lequel est considéré égal à l'élévation de la crête du déversoir;
- C La revanche doit permettre le passage d'une crue supérieure à la crue de sécurité, soit une crue 1000 ans; et
- D La revanche doit être d'au moins 30 cm.

Le tableau 6 indique l'élévation obtenue selon chacune de ces conditions.

Tableau 6 : Niveau minimal de la crête des digues selon différentes conditions

<i>Condition</i>	<i>Élévation (m)</i>
A	100,14
B	99,87
C	99,95
D	100,13

Pour respecter toutes ces conditions, l'élévation de la crête des digues devrait être au minimum de 100,14 m.

3.0 CONCLUSION

Cette étude concerne l'analyse hydrologique et hydraulique au site du barrage à la Pipe. Elle avait pour but de permettre à la DMB de reconstruire le barrage en respect des normes minimales relatives aux crues qui sont prescrites dans le Règlement sur la sécurité des barrages.

D'une part, des débits de crues de différentes récurrences ont été évalués au site à l'étude en utilisant des stations hydrométriques ayant des bassins versant dont les caractéristiques physiographiques sont similaires à celle de celui à l'étude. Le niveau des conséquences du barrage à la Pipe serait « minimal ». Selon les normes minimales de sécurité relatives aux crues qui sont prescrites dans le Règlement sur la sécurité des barrages, la crue de sécurité minimale requise dans l'éventualité d'un tel niveau des conséquences est la crue de récurrence de 1 : 100 ans. Celle-ci est estimée à 5,27 m³/s.

La capacité d'évacuation du barrage a ensuite été calculée. En considérant le déversoir fixe d'une longueur de 10,0 m et un coefficient de débit de 1,6, on estime à 99,83 m le niveau d'eau atteint lors de l'évacuation de la crue centennale.

Enfin, la revanche de sécurité minimale a été estimée en tenant compte des incertitudes hydrologiques et hydrauliques et du rehaussement du plan d'eau dû aux vagues. En outre, rappelons qu'il n'y a pas d'incertitude quant à la capacité de gérer la crue vu la présence du déversoir fixe. Une revanche de sécurité minimale d'environ 31 cm permet de tenir compte des incertitudes précitées.

DOCUMENTS CONSULTÉS

U.S Army Coastal Engineering Research Center. 1977. Shore protection manual – Volume 1.

Chaire en hydrologie statistique, Institut national de la Recherche scientifique (INRS-ETE). 2002. Analyse fréquentielle locale et régionale et cartographie des crues au Québec. Rapport d'étape pour le projet PARDE, 268 pages.

Annexe **1**

BARRAGE À LA PIPE
CALCUL DU FETCH EFFECTIF ET
DE LA HAUTEUR DES VAGUES

Tableau A-1 : Calcul du fetch effectif

Degrés	Cosinus	r	Xi	Xi*Cosinus
42	0,7431	26,66	19,8122	14,7234
36	0,8090	55,30	44,7386	36,1943
30	0,8660	229,12	198,4237	171,8400
24	0,9135	244,65	223,4989	204,1764
18	0,9511	713,58	678,6549	645,4392
12	0,9781	721,06	705,3031	689,8905
6	0,9945	1050,66	1044,9044	1039,1803
0	1,0000	1458,60	1458,6000	1458,6000
6	0,9945	15,83	15,7433	15,6570
12	0,9781	11,36	11,1118	10,8689
18	---	---	---	---
24	---	---	---	---
30	---	---	---	---
36	---	---	---	---
42	---	---	---	---
Total	9.2281			4286.5701
$F_e = \Sigma xi * Cosinus / \Sigma Cosinus :$				464.51

