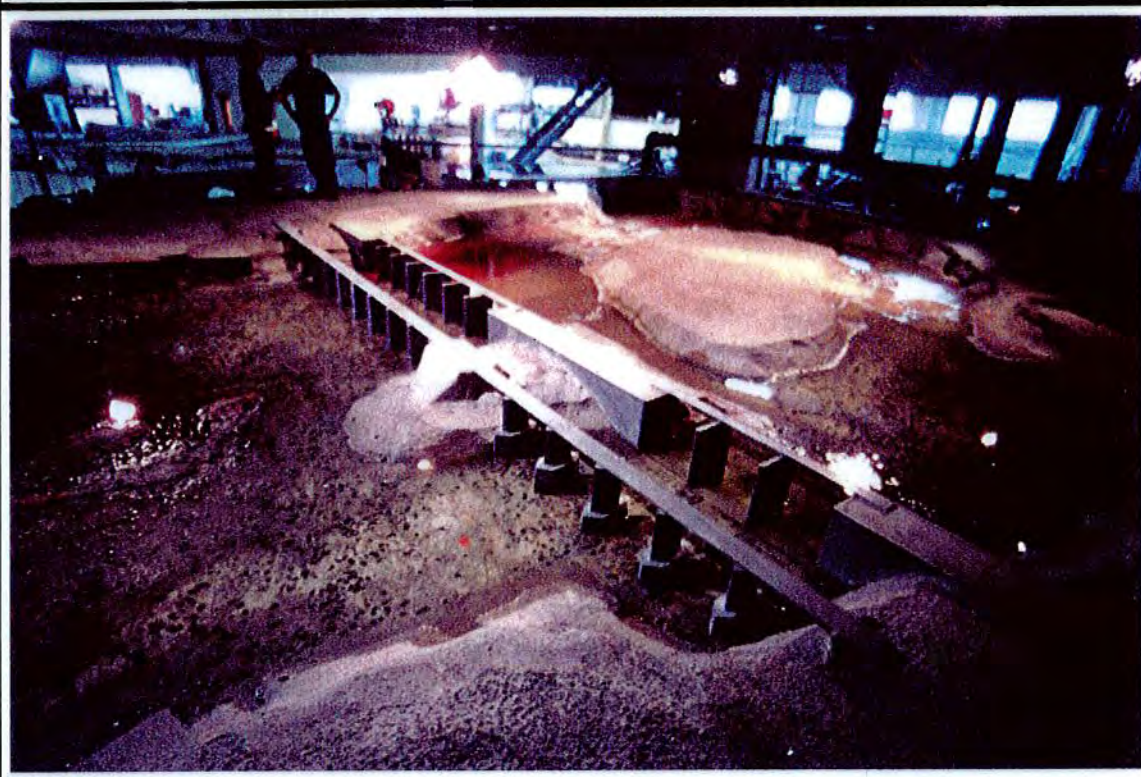


Centre d'expertise
hydrique

Québec 



Entrée de la rivière des Mille Îles

Étude sur modèle réduit -Rapport d'étape



Le Groupe - Conseil LaSalle

R.1515
Juillet 2003

Le Groupe-Conseil LaSalle Inc.
9620, rue Saint-Patrick, LaSalle (Québec) Canada H8R 1R8
Téléphone : (514) 366-2970 / Télécopieur : (514) 366-2971
Courrier électronique : gcl@gcl.qc.ca
Site internet : www.gcl.qc.ca

Note technique présentée à :

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC
Centre d'expertise hydrique du Québec

Rivière des Mille-Îles

**Étude sur modèle réduit de l'entrée
de la Rivière des Mille-Îles**

R.1515

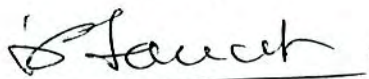
Juin 2003

Préparé par :



Tristan Aubel, ing. jr

135-104(765)



Jean-Philippe Saucet, ing.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES

1.0	INTRODUCTION	1
2.0	CONDITIONS ACTUELLES	2
2.1	Relation niveau débit en étiage	2
2.2	Étiages exceptionnels	3
3.0	DESCRIPTION DU MODÈLE	4
3.1	Choix des échelles	4
3.2	Limites et dimensions	4
3.2.1	Limites horizontales	4
3.2.2	Limites verticales	5
3.2.3	Les ouvrages	5
3.3	Construction	6
3.3.1	Méthode	6
3.3.2	La bathymétrie	6
3.3.3	Rugosité	7
3.4	Conditions aux limites	7
3.5	Instruments de mesures	7
3.6	Lois de similitudes	8
4.0	RÉGLAGE DU MODÈLE	9
4.1	Mise en place de la rugosité	9
4.2	Le niveau amont	10
4.3	Comparaison visuelle	11
5.0	PREMIERS RÉSULTATS	12
5.1	Niveau-débit en conditions actuelles	12
5.1.1	Le lac	12
5.1.2	À l'amont du modèle	12
5.2	Étiage 1/100 ans, niveau 21,24 m	13
5.3	Essais préliminaires	13
6.0	CONCLUSION	14

FIGURES

LISTE DES FIGURES

- FIGURE 1 : Lac des Deux Montagnes – Entrée de la rivière des Mille-Îles
- FIGURE 2 : Niveau à la station Sainte Anne de Bellevue en fonction du débit de la rivière des Mille-Îles – Données moyennes journalières de 1991 à 2002
- FIGURE 3 : Niveau à la station Pointe-Calumet en fonction du débit de la rivière des Mille-Îles – Données moyennes journalières de 1991 à 2002
- FIGURE 4 : Niveau à la station pompage en fonction du débit de la rivière des Mille-Îles – Données moyennes journalières de 2000 à 2002
- FIGURE 5 : Modèle réduit – Échelle 1/15 verticale, 1/60 horizontale
- FIGURE 6 : Comparaison des vitesses dans la fosse – Bathymétrie réelle/bathymétrie avec calage à 5,75 m – Débit 800 m³/s – Niveau 23 m
- FIGURE 7 : Sources des points de bathymétrie
- FIGURE 8 : Comparaison entre relevés de bathymétrie et courbes de niveaux interpolées
- FIGURE 9 : Bathymétrie
- FIGURE 10 : Ligne d'eau – Rivière des Mille-Îles – Zone île Turcotte – Bras droit
- FIGURE 11 : Ligne d'eau – Rivière des Mille-Îles – Zone île Turcotte – Bras gauche
- FIGURE 12 : Niveau mal défini pour les forts débits dans la zone indiquée, localisation de la pointe numéro 5 (ici environ 400 m³/s)
- FIGURE 13 : Relation entre le niveau du lac des Deux Montagnes (Sainte-Anne-de-Bellevue) et le débit de la rivière des Prairies
- FIGURE 14 : Niveau à la station Pointe-Calumet et à l'amont du modèle en fonction du débit de la rivière des Mille-Îles – Pour des débits inférieurs à 800 m³/s
- FIGURE 15 : Chenal gauche vu du barrage – Q = 25 m³/s
- FIGURE 16 : Chenal droit vu de l'aval – Q = 25 m³/s
- FIGURE 16A : Rapides du chenal droit, vu de la rive droite – Q = 25 m³/s
- FIGURE 17 : Chenal séparant l'île Boisée et l'île Turcotte, côté chenal droit – Q = 25 m³/s

LISTE DES FIGURES (SUITE)

- FIGURE 17A : Chenal séparant l'île Boisée et l'île Turcotte, côté chenal gauche – $Q = 25 \text{ m}^3/\text{s}$
- FIGURE 18 : Relation niveau-débit à l'amont du modèle
- FIGURE 19 : Relation niveau-débit à l'amont du modèle – Débits compris entre 10 et $105 \text{ m}^3/\text{s}$
- FIGURE 20 : Niveau à la station Pointe-Calumet et à l'amont du modèle en fonction du débit de la rivière des Mille-Îles – Pour des débits inférieurs à $800 \text{ m}^3/\text{s}$
- FIGURE 21 : Niveau-débit à l'amont du modèle

1.0 INTRODUCTION

La rivière des Mille Îles, dont l'entrée est un exutoire du lac des Deux Montagnes (figure 1) constitue une source d'approvisionnement en eau potable pour une population d'environ 300 000 personnes. Or des étiages sévères ont été observés lors de l'été 2001 : le lac des Deux Montagnes a atteint son niveau d'étiage centennal en août 2001 (cote 21,24m à Sainte Anne de Bellevue) et le débit de la rivière des Mille Îles représentait moins de 5% du débit total réparti entre tous les exutoires du lac. Afin de soutenir cet étiage, la gestion du réseau hydraulique du bassin a dû être exceptionnellement modifiée.

Pour pallier de manière permanente à ces conditions d'étiages sévères, le Centre d'Expertise Hydrique du Québec propose une intervention dont l'idée principale est d'excaver une partie de l'entrée de la rivière des Mille Îles, notamment au niveau de la zone de contrôle de l'écoulement située au voisinage du pont ferroviaire ayant appartenu au CN et du barrage du Grand-Moulin.

Le Groupe-Conseil LaSalle a donc été chargé de mener une étude sur modèle réduit afin de mettre au point un scénario d'intervention par excavation répondant aux critères suivants : Augmentation de la capacité hydraulique permettant le passage de 25 m³/s puis 50 m³/s pour le niveau d'étiage centennal du lac en limitant les volumes d'excavation et les conséquences environnementales.

La présente note rend compte de la première phase de l'étude, à savoir la mise en place du modèle et la validation des conditions actuelles. En effet il est important que le modèle réduit mis en eau corresponde en tous points à la réalité afin de pouvoir être certain que les scénarios d'intervention proposés par la suite produisent sur le terrain les effets escomptés.

Cette note débute par la description des conditions actuelles, ensuite le modèle est décrit (échelle, dimensions, bathymétrie, construction, etc.), la troisième partie traite du réglage du modèle et enfin les premiers résultats en conditions actuelles sont exposés.

2.0 CONDITIONS ACTUELLES

2.1 Relation niveau débit en étiage

Nous disposons de données hydrométriques pour l'amont et l'aval de la zone modélisée. À l'amont deux stations de mesure sont mises en jeu, l'une à Sainte Anne de Bellevue (station #02OA013 gérée par Environnement Canada) l'autre à Pointe Calumet (station #043108, gérée par le Centre d'Expertise Hydrique du Québec). La première est la mieux documentée des deux (mesures depuis 1919) et constitue la référence. La figure 2 illustre le niveau mesuré à Sainte Anne de Bellevue en fonction du débit de la rivière des Mille-Îles mesuré à la station Bois des Filions (station #02OA003 gérée par Environnement Canada) et l'équation 1 représente la courbe moyenne sous faibles débits (inférieurs à 200 m³/s). La figure 3 représente le niveau mesuré à Pointe Calumet et l'équation 2 correspond à la courbe moyenne sous faibles débits (inférieurs à 200 m³/s).

$$Q=122,89(h_A-20,805)^{2,527} \quad (\text{Équation 1})$$

$$Q=113,77(h_C-20,805)^{2,523} \quad (\text{Équation 2})$$

où : h_A est le niveau à Sainte Anne de Bellevue (Équation 1)
et h_C le niveau à Pointe Calumet (Équation 2) et Q le débit coulant dans la rivière des Mille-Îles.

À l'aval de la zone modélisée, un relevé d'observation des niveaux à la station de pompage (station #043212 gérée par le Centre d'Expertise Hydrique du Québec) en fonction du débit de la rivière des Mille-Îles nous a été fourni (figure 4). L'équation 3 représente la courbe moyenne.

$$Q=99,0(h_{\text{aval}}-19,145)^{1,679} \quad (\text{Équation 3})$$

où h_{aval} est le niveau à la station de pompage
et Q le débit coulant dans la rivière des Mille-Îles

Les équations 1 et 2 permettent d'évaluer la différence de niveau entre les stations Sainte Anne de Bellevue et Pointe-Calumet. Le niveau à Pointe-Calumet est supérieur à celui de Sainte Anne de Bellevue et la différence varie de 1 à 3 cm pour des niveaux du lac compris entre 21,1 m et 21,7 m. D'après les données mises à notre disposition par le Centre d'expertise Hydrique du Québec, on détermine le débit moyen entrant dans la rivière des Mille-Îles : 218 m³/s (données entre 1961 et 1996). Le débit minimum atteint entre 1961 et 2002 est de 13,5 m³/s et le maximum 1 390 m³/s (Centre d'expertise Hydrique du Québec).

2.2 Étiages exceptionnels

Les niveaux exceptionnellement bas du lac des Deux Montagnes ont été analysés systématiquement par le Centre d'Expertise Hydrique du Québec. La station à Sainte Anne de Bellevue conduit au niveau 21,23 m pour l'étiage 1/100 ans de durée 1 jour et au niveau 21,25 m pour l'étiage 1/100 ans pendant 7 jours consécutifs. Dans ce qui suit on considère que l'étiage centennal correspond au niveau 21,24 m mesuré à Sainte Anne de Bellevue (moyenne).

Le 25 août 2001, on a mesuré 21,23 m à Sainte Anne de Bellevue et 21,25 m à Pointe-Calumet. Les équations 1 et 2 conduisent à estimer le débit de la rivière des Mille-Îles à 14,5 m³/s. Cette estimation est toutefois basée sur les courbes moyennes présentées aux figures 2 et 3 et le débit effectif à cette date peut être sensiblement différent.

3.0 DESCRIPTION DU MODÈLE

3.1 Choix des échelles

L'objet de l'étude est de fournir des scénarios d'intervention visant à augmenter la capacité hydraulique de l'entrée de la rivière des Mille-Îles pour pallier aux conditions d'étiages sévères notamment rencontrées lors de l'été 2001. On se focalise donc sur les petits débits et les faibles niveaux d'eau pour établir des relations niveau-débit précises. Ces conditions imposent une échelle verticale suffisamment grande afin de pouvoir, non seulement, mesurer des variations de niveaux significatives (dues à des faibles variations de débit ou à des modifications du terrain) clairement différentes des petites fluctuations résultant de la mise en vitesse de l'eau mais aussi pour s'affranchir des effets de tension superficielle et de capillarité lorsque les vitesses et les niveaux sont très faibles. L'échelle 1/15 choisie comme échelle verticale satisfait les conditions précédemment citées, et permet, en outre, une meilleure précision dans l'ajustement des conditions actuelles (notamment par la rugosité).

Cependant horizontalement, on ne peut conserver une échelle aussi grande car on désire couvrir une vaste étendue notamment à l'amont des ouvrages (pont ferroviaire et barrage) puisque le niveau du lac des Deux-Montagnes constitue une référence connue et n'est que très peu affecté par des modifications de terrain au voisinage des ouvrages. L'échelle 1/60 est alors retenue comme échelle horizontale et permet d'étendre la partie amont à environ 600 m des ouvrages. La limite aval peut aussi être placée assez en aval des pieds des rapides du Moulin.

Le modèle réduit présente un rapport de distorsion de 4, ce qui n'est pas inhabituel pour ce type de modèle.

3.2 Limites et dimensions

3.2.1 Limites horizontales

Le modèle réduit couvre une surface correspondant à environ 840 000 m² (soit environ 230 m² dans le laboratoire). La partie amont s'étend sur environ 600 m en amont des ou-

vrages. La partie aval s'étend sur environ 700 m pour le bras gauche et sur environ 1 000 m pour le bras droit (figure 5).

3.2.2 Limites verticales

La cote la plus élevée du modèle a été déterminée pour un débit de l'ordre de 800 m³/s, débit maximum atteint dans la rivière des Mille-Îles. Selon les données niveau-débit disponibles (figures 2 et 3), on remarque qu'en plaçant les berges à la cote 24,5 m on évite toute inondation lors du passage de gros débits.

La fosse (cote d'environ -10 m) à l'aval des rapides doit être limitée en profondeur afin que le modèle puisse être implanté dans le laboratoire, la cote du fond de la fosse devient alors 5,75 m. La figure 6 montre comment le fait de prendre la cote du fond de la fosse à 5,75 m affecte les vitesses dans les sections concernées. À 800 m³/s, le plus gros débit envisageable pour le modèle, les vitesses dans cette zone sont de l'ordre de 0,25 m/s en moyenne pour la fosse complète et subissent une augmentation de 0,02 à 0,06 m/s en mettant la cote du fond de la fosse à 5,75 m. Ainsi on peut dire que l'écoulement n'est pas affecté de manière significative par cette manipulation.

3.2.3 Les ouvrages

Un pont ferroviaire et le barrage du Grand-Moulin constituent les ouvrages de génie civil présents sur le site étudié. L'île Boisée sépare chaque ouvrage en deux parties : partie droite et partie gauche en regardant vers l'aval. Le pont possède 13 piles réparties comme suit : 5 pour la partie droite et 8 pour la partie gauche; l'entre axe des piles est de 20 m. Le barrage ayant pour but de laminar les crues, présente 10 passes de 20 m de large et munies de vannes volets abaissées au maximum la plupart du temps. Les seuils du barrage sont à la cote 20,43 m. Les axes des piles du pont et du barrage sont confondus.

3.3 Construction

3.3.1 Méthode

Les techniques usuelles de modélisation ont été utilisées pour reproduire les ouvrages ainsi que la bathymétrie naturelle. Le modelé du terrain a été façonné à l'aide de gravier épousant les formes définies par les courbes de niveaux matérialisées au modèle par des tiges métalliques flexibles. Une couche protectrice de lait de ciment est ensuite rajoutée sur le relief naturel. Les ouvrages sont réalisés en plexiglas, matériau lisse permettant d'approcher, au modèle, la rugosité du béton.

3.3.2 La bathymétrie

Le choix et la mise en place de la bathymétrie apparaissent comme une étape de grande importance étant donné les objectifs de l'étude.

L'existence d'une grande quantité de données provenant de sources différentes, impose de porter une attention particulière à leur intérêt et à leur pertinence. Ainsi les relevés les plus récents (2001-2002) ont été utilisés comme base, ensuite les parties manquantes ou moins denses ont été complétées à l'aide de relevés plus anciens numérisés à partir de plans papier. Cette opération a été nécessaire pour compléter les zones des rapides (bras gauche et bras droit), l'aval direct des ouvrages et la fosse située tout à l'aval.

La figure 7 met en évidence la provenance des différents points de bathymétrie pour tout le domaine situé à l'aval du pont ferroviaire. La partie amont, quant à elle, n'a été mise en place qu'avec les points des relevés les plus récents. L'étape suivante consiste à établir les courbes de niveaux par interpolation entre ces points. La figure 8 montre la correspondance entre les relevés et les courbes de niveaux interpolées. Quelques petites différences apparaissant localement du fait de la nature de l'interpolation et seront corrigées cas par cas lors de l'ajustement du modèle aux conditions naturelles. Cependant ces petites différences, déjà faibles, montrent qu'il n'y a pas de biais systématique entre les relevés et les courbes interpolées. La figure 9 présente le plan de bathymétrie tel qu'il a été utilisé pour la construction.

3.3.3 Rugosité

Compte tenu de l'échelle verticale, la rugosité a servi de paramètre d'ajustement du modèle aux conditions actuelles. À titre d'exemple un coefficient de Manning moyen voisin de $n = 0,033$ correspond à une échelle caractéristique des éléments de rugosité de l'ordre de 30 cm soit de l'ordre de 2 cm sur le modèle.

3.4 Conditions aux limites

Le modèle est équipé de trois systèmes d'alimentation. Un déversoir normalisé triangulaire à 27° permet de traiter les faibles débits (de $10 \text{ m}^3/\text{s}$ à $60 \text{ m}^3/\text{s}$), un déversoir normalisé triangulaire à 90° assure l'alimentation pour les débits moyens (jusqu'à environ $140 \text{ m}^3/\text{s}$), un déversoir plat laisse passer un débit allant jusqu'à $550 \text{ m}^3/\text{s}$ et en combinant ces différentes alimentations on peut couvrir une gamme de débits de $10 \text{ m}^3/\text{s}$ à $730 \text{ m}^3/\text{s}$. La précision de la mesure des débits sur le modèle est évaluée à 3%.

Le niveau à la limite aval du modèle est réglé selon la relation niveau-débit moyenne interpolée entre les points mesurés à la station Bois des Filions (équation 3, figure 4).

3.5 Instruments de mesures

Les débits sont mesurés à l'aide de déversoirs normalisés.

Le modèle est équipé de 11 limnimètres à pointe numérotés de 1 à 11 de l'amont vers l'aval et répartis comme suit : 1 et 3 du côté droit à l'amont, 5, 7 et 9 dans le chenal droit à l'aval et 2 et 4 du côté gauche à l'amont, 6, 8, 10 dans le chenal gauche à l'aval et enfin 11 pour le niveau aval. La figure 5 illustre les positions de ces limnimètres. Ces limnimètres permettent une lecture du niveau d'eau au $1/10$ de millimètre modèle, soit 1,5 mm nature.

3.6 Lois de similitudes

Le type d'écoulement étudié permet d'appliquer les lois de similitude de Froude aux divers paramètres mesurés sur le modèle. L'échelle distordue 1/15 verticale et 1/60 horizontale conduit aux rapports prototype/modèle suivants :

Horizontale	λ	60
Verticale	μ	15
Vitesse	$\mu^{1/2}$	3,873
Débit	$\mu^{3/2}\lambda$	3 485,7
Temps	$\lambda\mu^{-1/2}$	15,492
Surface horizontale	λ^2	3 600
Surface verticale	$\lambda\mu$	900
Volume	$\lambda^2\mu$	54 000
Coefficient de Manning	$\lambda^{-1/2}\mu^{2/3}$	0,7852

4.0 RÉGLAGE DU MODÈLE

Il a été porté à notre connaissance que les vannes-volets du barrage du Grand Moulin étaient partiellement relevées à cause de débris accumulés sous les volets. Les vannes se trouvaient alors relevées de 25 cm, en moyenne, en 2001 et de 20 cm en 2002. Lors de l'examen des données relatives aux lignes d'eau, pour des débits de 28 m³/s et 285 m³/s (débits avec lesquels on a réglé le modèle) on a vérifié que ce léger relèvement n'affecte pas de manière significative la ligne d'eau lors du passage du barrage. Les seuils des passes restent totalement noyés comme si les vannes avaient été à plat. Dans ces conditions, la validation en conditions actuelles du modèle a été effectuée avec les vannes entièrement abaissées.

4.1 Mise en place de la rugosité

La mise en place de la rugosité permet d'ajuster les lignes d'eau du modèle à celles établies d'après les mesures effectuées sur le terrain. Comme indiqué à la section 2.2, on utilise des éléments de rugosité ayant une taille caractéristique de 0,30 m nature, soit 0,02 m modèle. La répartition judicieuse de graviers, de taille moyenne de 2 cm, permet d'obtenir des lignes d'eau qui se rapprochent au maximum de la réalité. En effet les zones de contrôle de l'écoulement (entre les piles du pont, entre les ouvrages, tête des rapides) et les zones où les vitesses sont plus importantes à l'amont des ouvrages ont été tapissées de graviers (voir photos) jusqu'à ce que les lignes d'eau correspondent. Cette opération a été effectuée sous des débits de 28 m³/s et 285 m³/s qui reflètent les conditions du 20 septembre 2001 et du 25 octobre 2001. Une fois que les résultats sont considérés comme satisfaisants, cette rugosité est fixée par une fine couche de lait de ciment et les essais à 28 m³/s et 285 m³/s sont repris. Les résultats pour le bras droit et pour le bras gauche constituent les figures 10 et 11.

On note toutefois une différence de hauteur d'eau entre les mesures au modèle et les mesures sur le terrain au niveau de la pointe de mesure numéro 5 pour le débit 285 m³/s. La position de la prise de mesure s'avère peu adaptée lorsque de gros débits (supérieurs à 200 m³/s) coulent. En effet la prise se trouve juste sur la crête du versant aval de la fosse située sous la partie droite des ouvrages, et le passage d'un fort débit crée une forte accélération juste au niveau de la prise, par conséquent le niveau est plus bas que celui juste en amont de la prise

(juste en aval, à fort débit, le niveau n'est pas réellement défini à cause des ondulations) (photo figure 12).

4.2 Le niveau amont

On finalise le réglage du modèle en s'assurant qu'il est à même de reproduire la relation entre le niveau du lac des Deux-Montagnes et le débit entrant dans la rivière des Mille-Îles, en conditions actuelles (lorsque les vannes du barrage sont complètement abaissées). On doit pour cela tenir compte de la différence de niveau entre Pointe-Calumet et Sainte Anne de Bellevue d'une part, entre Pointe-Calumet et l'entrée du modèle d'autre part. La différence de niveau entre Pointe-Calumet et l'entrée du modèle à 500 m en amont des ouvrages est établie par un calcul de courbe de remous (HEC-RAS).

Le débit total comprend le débit alimentant la rivière des Mille-Îles et celui se dirigeant vers la rivière des Prairies par le rapide Lalemant. Les relations entre le niveau à Sainte Anne de Bellevue et chacun de ces deux débits nous ont également été fournies par le Centre d'Expertise Hydrique du Québec. Elles sont présentées aux figures 2 et 13. La figure 1 présente le domaine de calcul, et les six sections en travers qui ont été établies à partir d'une carte des fonds marins. La rugosité a été réglée à l'aide du n de Manning, $n = 0,037$, ordre de grandeur de valeur adoptée dans des études antérieures réalisées par le Centre d'Expertise Hydrique du Québec.

À titre d'exemple, considérons un niveau de 21,70 m à Pointe-Calumet. Il s'écoule alors 86 m³/s vers la rivière des Mille-Îles (équation 2). Le niveau est alors 21,674 m à Sainte-Anne de Bellevue (équation 1) et le débit vers le rapide Lalemant est 394 m³/s (figure 3). Le calcul par courbe de remous montre que le niveau est alors de 21,63 m à l'entrée du modèle.

On est ainsi en mesure d'établir la relation niveau-débit que l'on s'attend à observer à 500 m en amont des ouvrages. Elle est présentée sur la figure 14, et on constate que les points relevés sur le modèle s'alignent avec précision sur cette courbe.

4.3 Comparaison visuelle

Outre la comparaison des lignes d'eau, une comparaison visuelle a été effectuée pour un débit de 25 m³/s. Des photos ont été prises lors d'une reconnaissance du site le 25 septembre 2002, ainsi il est possible de comparer la position et l'étendue des zones exondées et les caractéristiques de l'écoulement, notamment au niveau des ouvrages et à l'approche des rapides. Lorsque des ondulations sont présentes, il est à noter que du fait de la distorsion elles apparaissent 4 fois plus importantes au modèle.

Les photos des figures 15 à 17 attestent de la bonne correspondance entre le modèle et la réalité. La figure 15 montre le bras gauche à l'aval du barrage (rapides) : le banc découvreur y apparaît de façon similaire; le bras droit est illustré par les figures 16 et 16A : On note que les trajectoires de l'écoulement sont identiques et que les zones exondées au droit des rapides et à leur amont sont semblables. On note finalement l'identité des configurations au droit du chenal qui sépare les deux îles (figures 17 et 17A).

5.0 PREMIERS RÉSULTATS

5.1 Niveau-débit en conditions actuelles

5.1.1 Le lac

Pour des raisons historiques mentionnées à la section 2, le niveau de référence du lac des Deux Montagnes est le niveau mesuré à la station Sainte Anne de Bellevue. Ainsi lorsqu'on se réfère au niveau du lac il s'agit du niveau à Sainte Anne de Bellevue. On rappelle que l'équation 1 représente la relation niveau-débit moyenne à cette station.

Cependant en ce qui nous concerne, la station Pointe-Calumet est plus représentative du niveau du lac à l'amont de la zone modélisée car éloignée de tout exutoire du lac des Deux Montagnes, contrairement à Sainte Anne de Bellevue. (Équation 2). Ainsi les équations 1 et 2 permettent de relier les niveaux des deux stations pour un même débit et de définir le niveau à Pointe-Calumet en fonction du niveau de référence de Sainte Anne de Bellevue.

5.1.2 À l'amont du modèle

Une série d'essais a permis d'établir une relation niveau-débit à l'amont du modèle illustrée par la figure 18. Après interpolation, on obtient l'équation suivante :

$$Q=242,55(h_{\text{amont}}-21,06)^{1,637} \quad (\text{Équation 4})$$

où : Q est le débit dans la rivière
et h_{amont} est le niveau d'eau à l'amont du modèle.

Pour les petits débits, on peut ajuster une courbe plus précise, figure 19. On obtient alors dans l'intervalle de 10 m³/s à 105 m³/s la relation suivante :

$$Q=235,097(h_{\text{amont}}-21,00)^{1,9216} \quad (\text{Équation 5})$$

Ces équations interpolées sont par la suite utilisées afin de calculer les débits correspondants aux niveaux amont considérés.

On remarque (figure 20) que pour des débits supérieurs à 600 m³/s les niveaux calculés du lac (niveaux à Sainte Anne de Bellevue obtenus à partir des calculs de HEC-RAS pour Pointe Calumet) sont plus bas que ceux mesurés sur le terrain. Cela s'explique par le fait que les vannes du barrage sont manipulées à partir de 600 m³/s afin de contrôler les débits de crue dans la rivière, alors que les essais ont été effectués avec les vannes maintenues à plat. Ainsi pour un même débit, les niveaux mesurés en amont du barrage diffèrent du modèle à la réalité.

5.2 Étiage 1/100 ans, niveau 21,24 m

Compte tenu du fait qu'on étudie surtout les conditions d'étiage, il est important que le niveau d'étiage centennal soit bien défini. Il s'agit du niveau 21,24 m observé à la station de référence Sainte Anne de Bellevue. Cela correspond à un niveau 21.26 m à la station Pointe-Calumet (équation 2) qui est le niveau cible qui nous permet de déterminer par un calcul de courbe de remous (HEC-RAS) le niveau à l'amont du modèle. Ce niveau est alors de 21,24 m. D'après la relation niveau-débit établie précédemment (équation 5), on estime le débit entrant dans la rivière des Mille-Îles à 15,14 m³/s.

5.3 Essais préliminaires

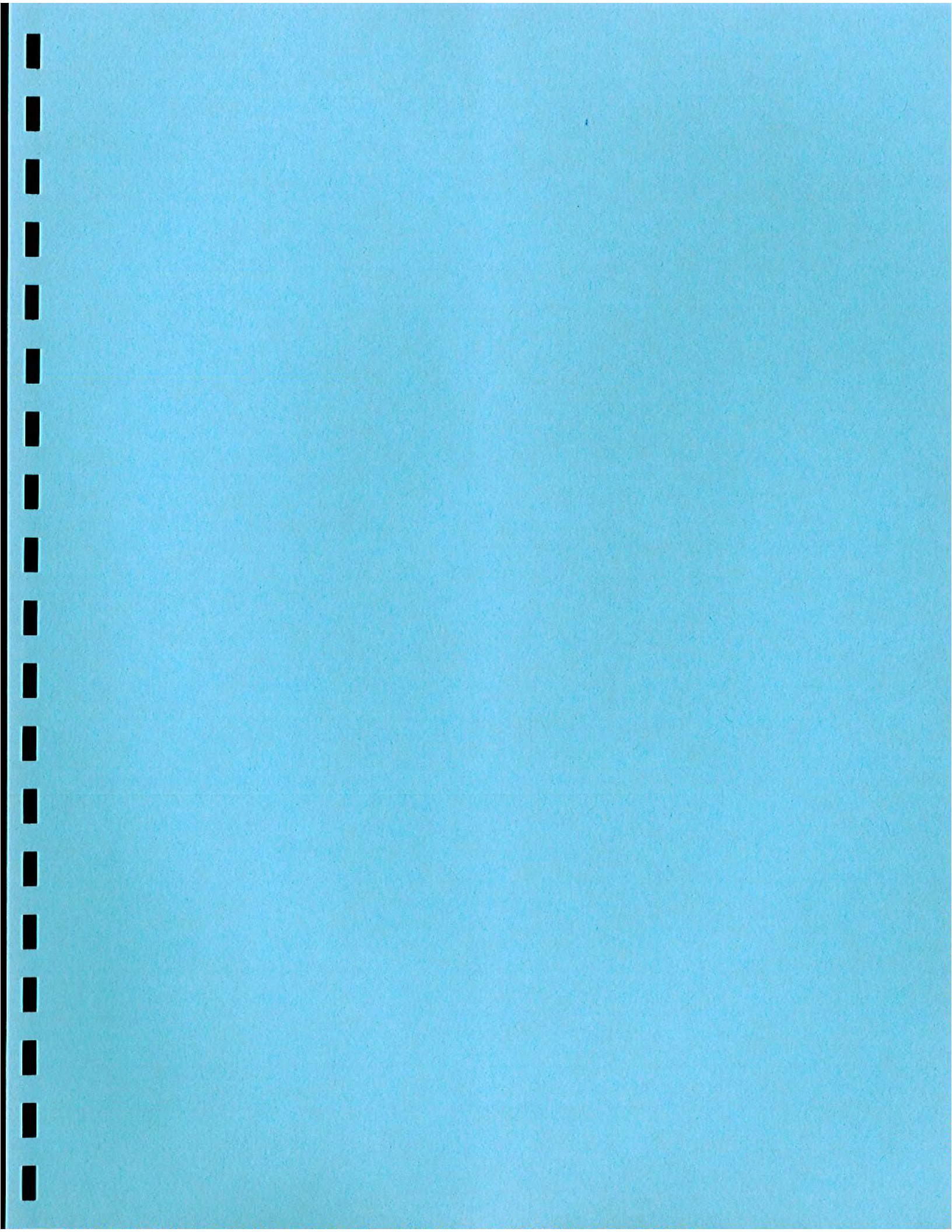
Des essais préliminaires ont été effectués avant que le modèle ait été achevé. Toute la partie amont étant excavée d'environ 6ccm au modèle soit 90 cm en nature, les niveaux amont ont été relevés pour les débits 10 m³/s, 25 m³/s, 50 m³/s et 100 m³/s. Les mêmes essais ont été faits avec la partie amont excavée seulement jusqu'à l'amont du pont ferroviaire. La figure 21 illustre ces résultats et les compare à la courbe obtenue en conditions actuelles. En visant le niveau 21,24 m à l'amont du modèle (étiage 1/100 ans), on obtient un débit de 15,2 m³/s dans le cas actuel et 38 m³/s dans le cas où l'amont des ouvrages est totalement excavé. Cela montre qu'une intervention de grande ampleur permettrait de faire passer un débit de 25 m³/s pour un niveau 21,24 m à l'amont du modèle (et à Sainte Anne de Bellevue) mais pas 50 m³/s. Cependant il sera plus efficace, en termes de rapport augmentation de débit/volume excavé, d'explorer le potentiel de l'aval des ouvrages.

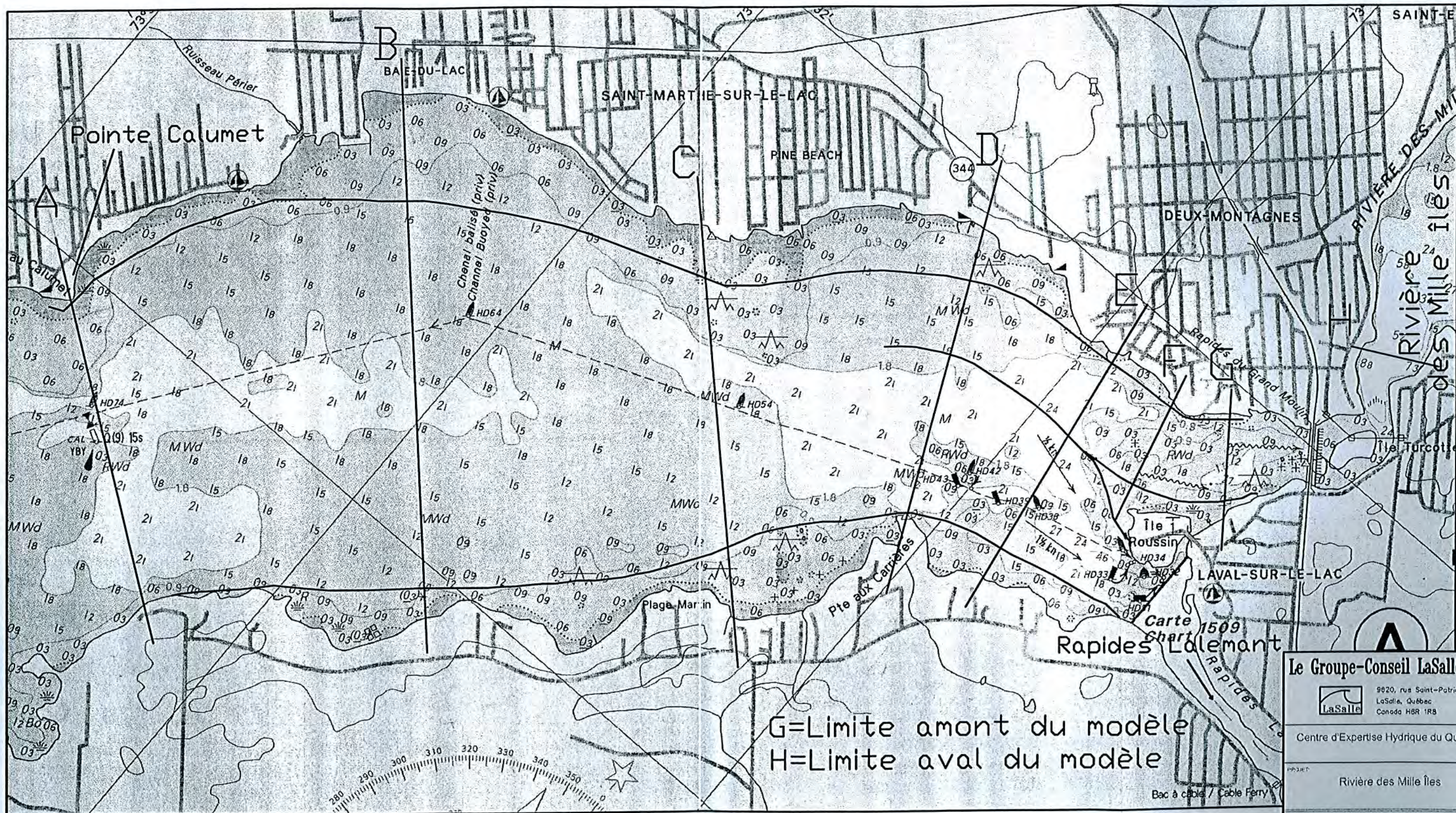
6.0 CONCLUSION

Le modèle réduit couvre une large surface de l'entrée de la rivière des Mille Îles à l'aval des rapides du Moulin et permet une étude précise des faibles niveaux d'eau (et donc des faibles débits) grâce à une échelle distordue, 1/60 horizontale et 1/15 verticale.

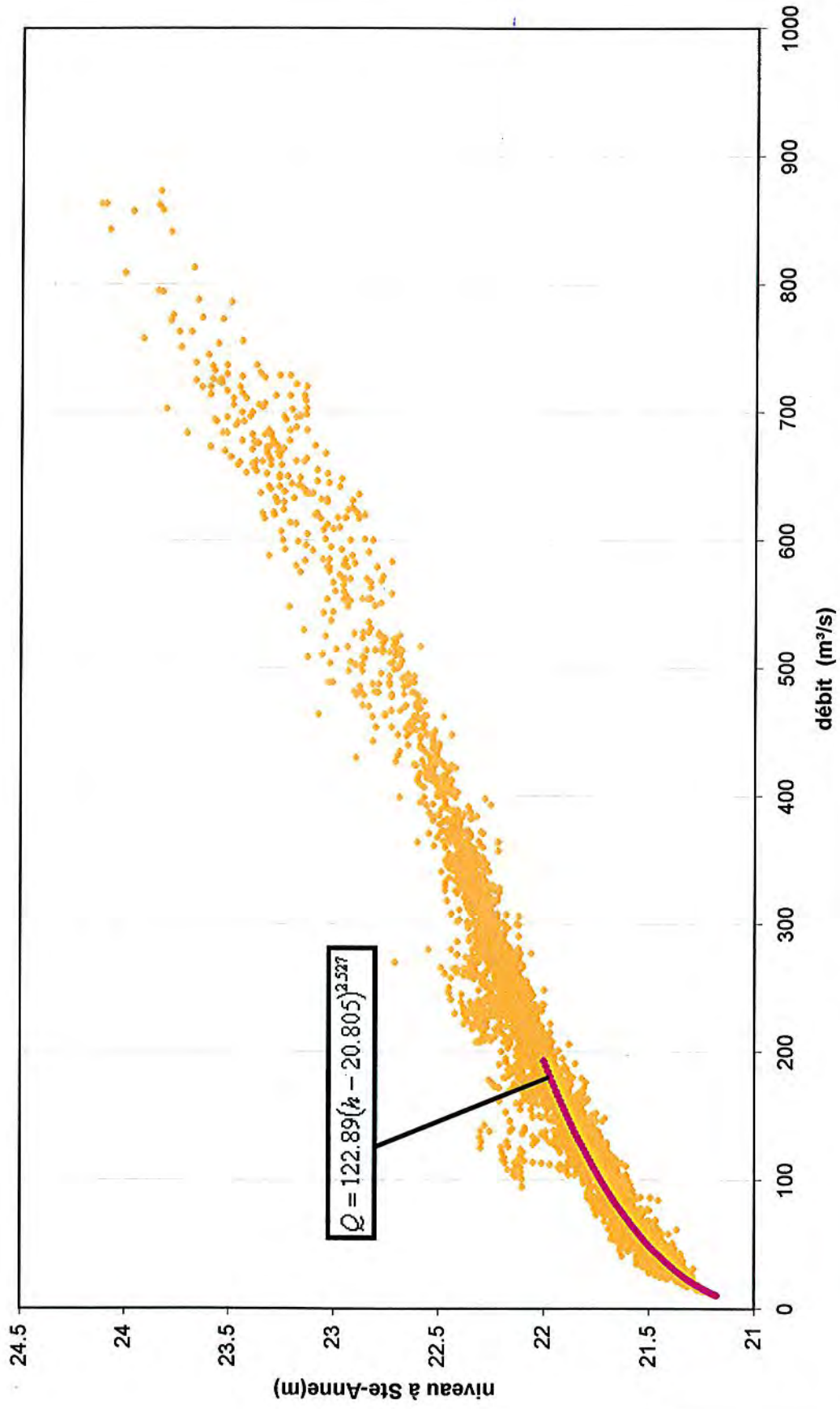
Lors de cette première phase de l'étude, nous nous sommes focalisés sur le calage et l'ajustement du modèle en vue de reproduire exactement les conditions actuelles d'écoulement. Les résultats fournis dans cette note montrent clairement que ce premier objectif a été atteint. En effet les lignes d'eau pour les différents débits concordent en tous points à la fois quantitativement (mesure des niveaux) et qualitativement (comparaison visuelle d'après photos du site). De plus la relation niveau-débit à l'amont du modèle permet de remonter par un calcul de courbes de remous (HEC-RAS) à la relation entre le niveau du lac à la station Pointe-Calumet et le débit de la rivière des Mille-Îles observée sur le terrain et inversement.

Ainsi nous pouvons conclure que le modèle est validé pour les conditions actuelles et est opérationnel pour la deuxième phase, à savoir la mise en place de scénarios d'excavation en vue d'augmenter la capacité hydraulique de cet exutoire du lac des Deux Montagnes.

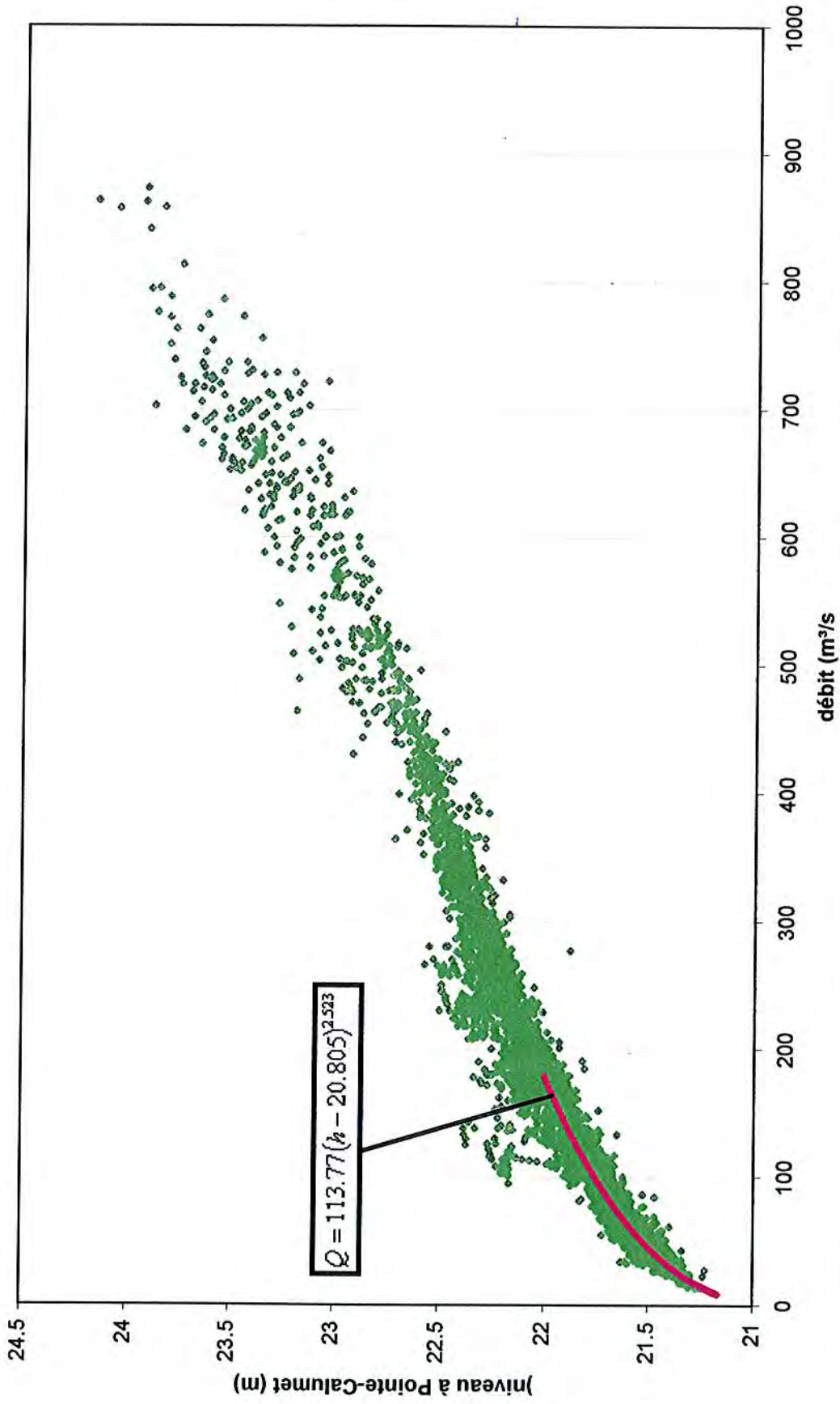




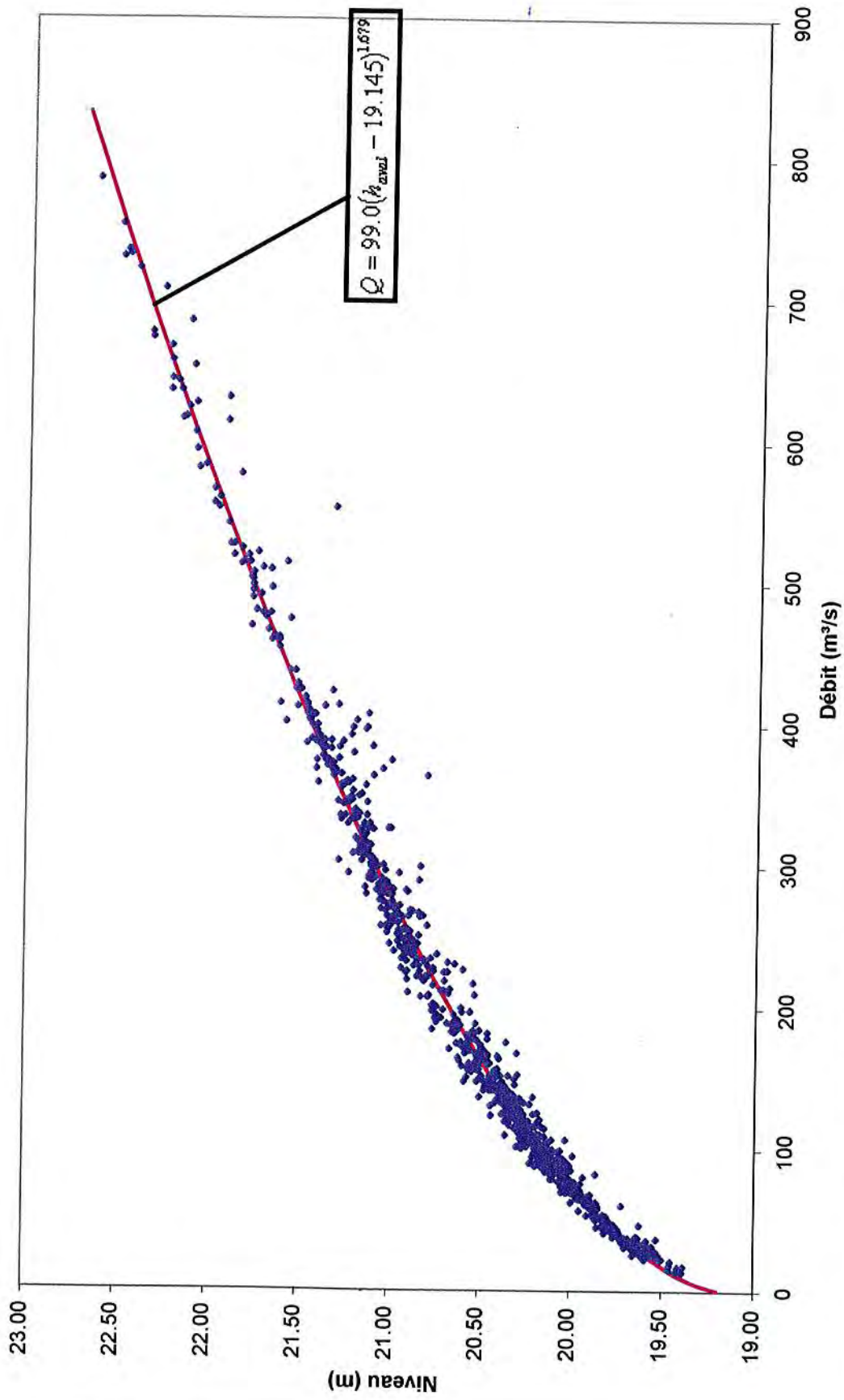
Niveau à la station Sainte-Anne-de-Bellevue en fonction du débit de la rivière des Milles-Îles
Données moyennes journalières de 1991 à 2002

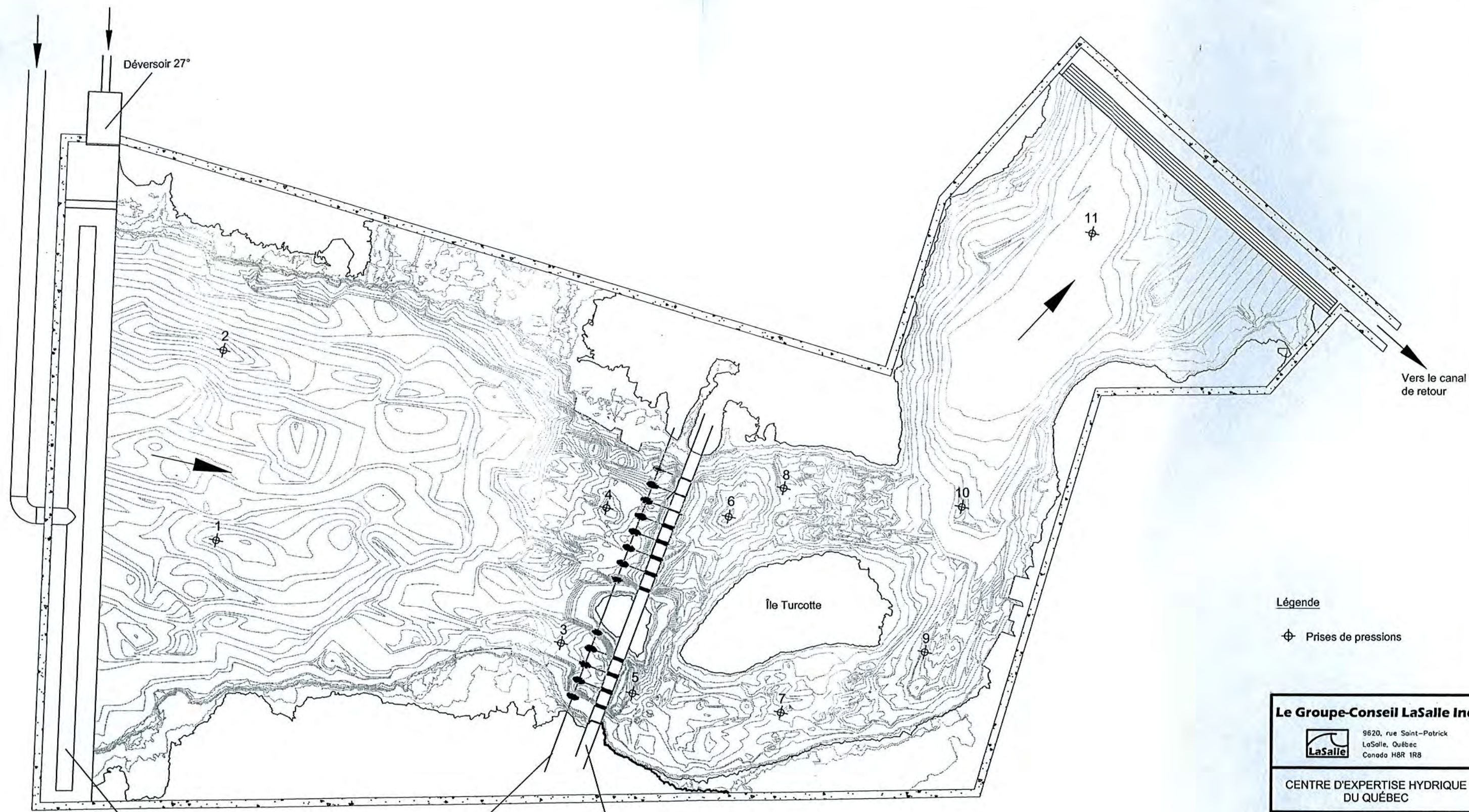


Niveau à la station Pointe-Calumet en fonction du débit de la rivière des Milles-Îles
Données moyennes journalières de 1991 à 2002



Niveau à la station pompage en fonction du débit de la rivière des Milles-Îles
données moyennes journalières de 2000 à 2002





Déversoir 27°

Vers le canal de retour

Île Turcotte


Conduite perforée (diffuseur)

Pont du CN Barrage de Grand Moulin

Légende

⊕ Prises de pressions

Le Groupe-Conseil LaSalle Inc.

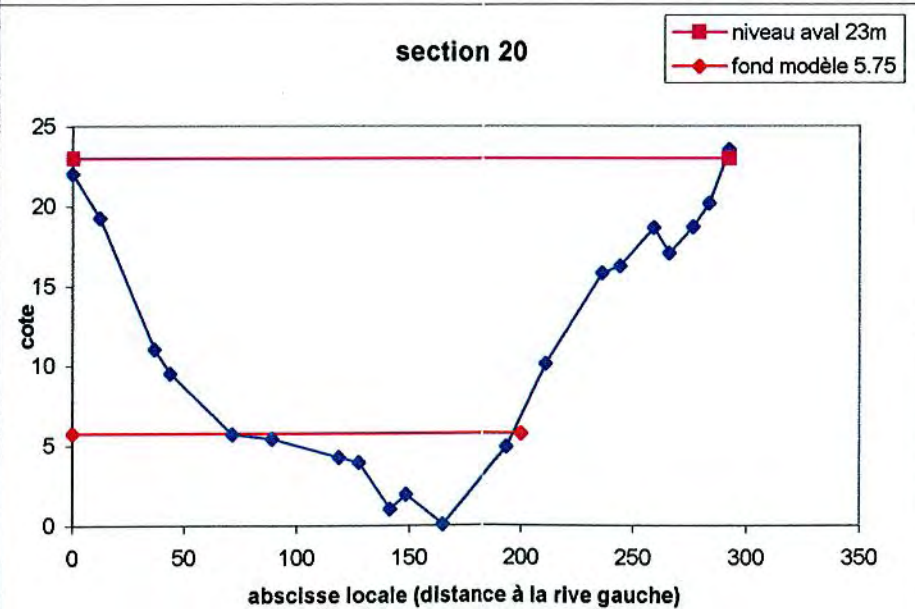
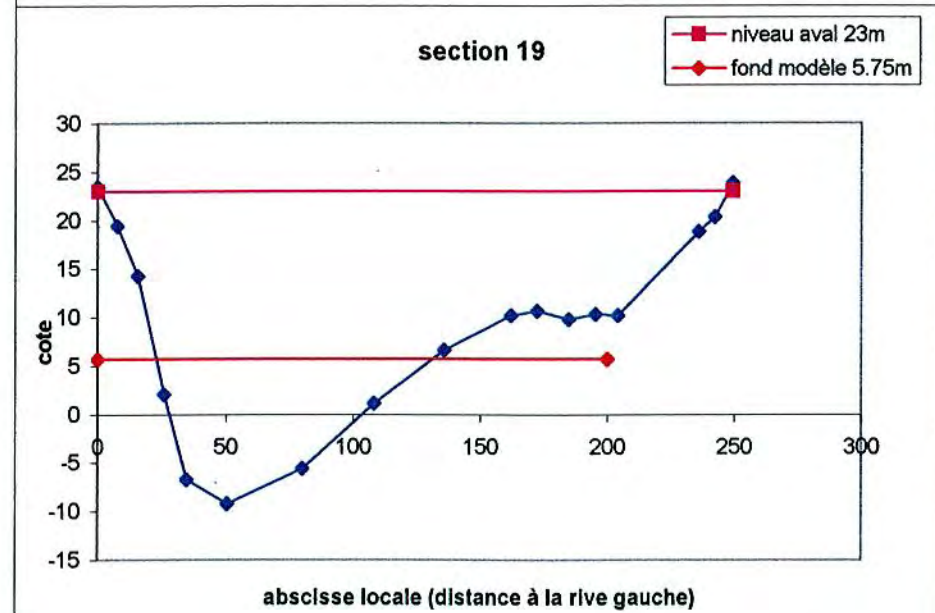
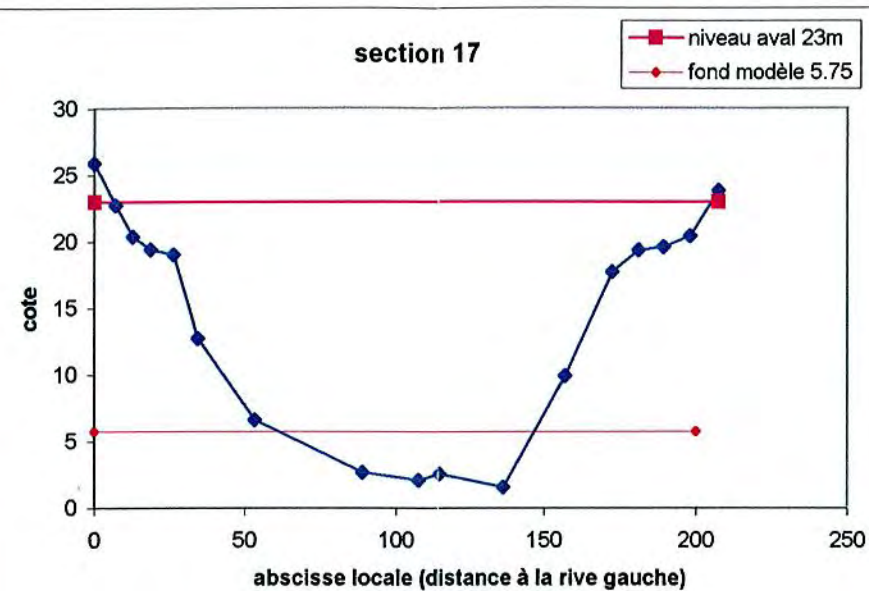
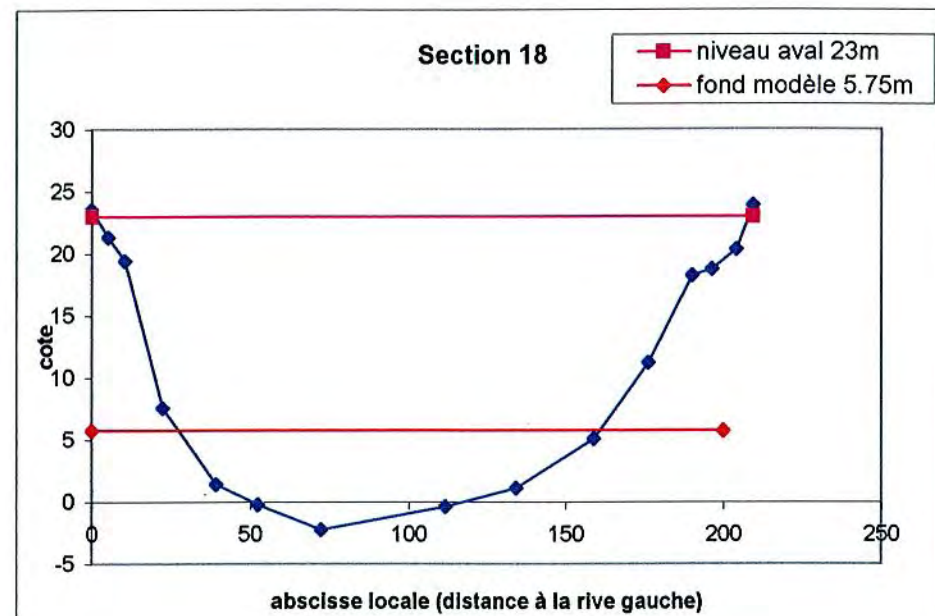
 9620, rue Saint-Patrick
LaSalle, Québec
Canada H8R 1R8

CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE
DU QUÉBEC

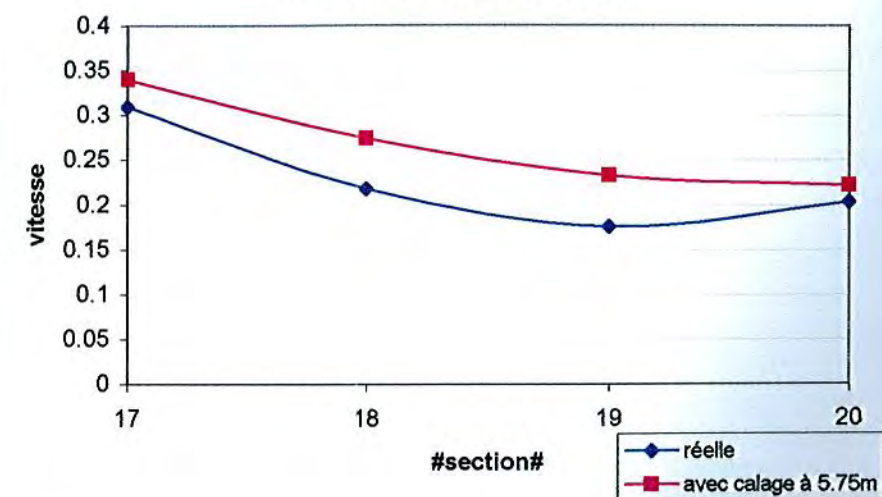
PROJET: ENTRÉE DE LA RIVIÈRE
DES MILLE ÎLES
Étude sur modèle réduit

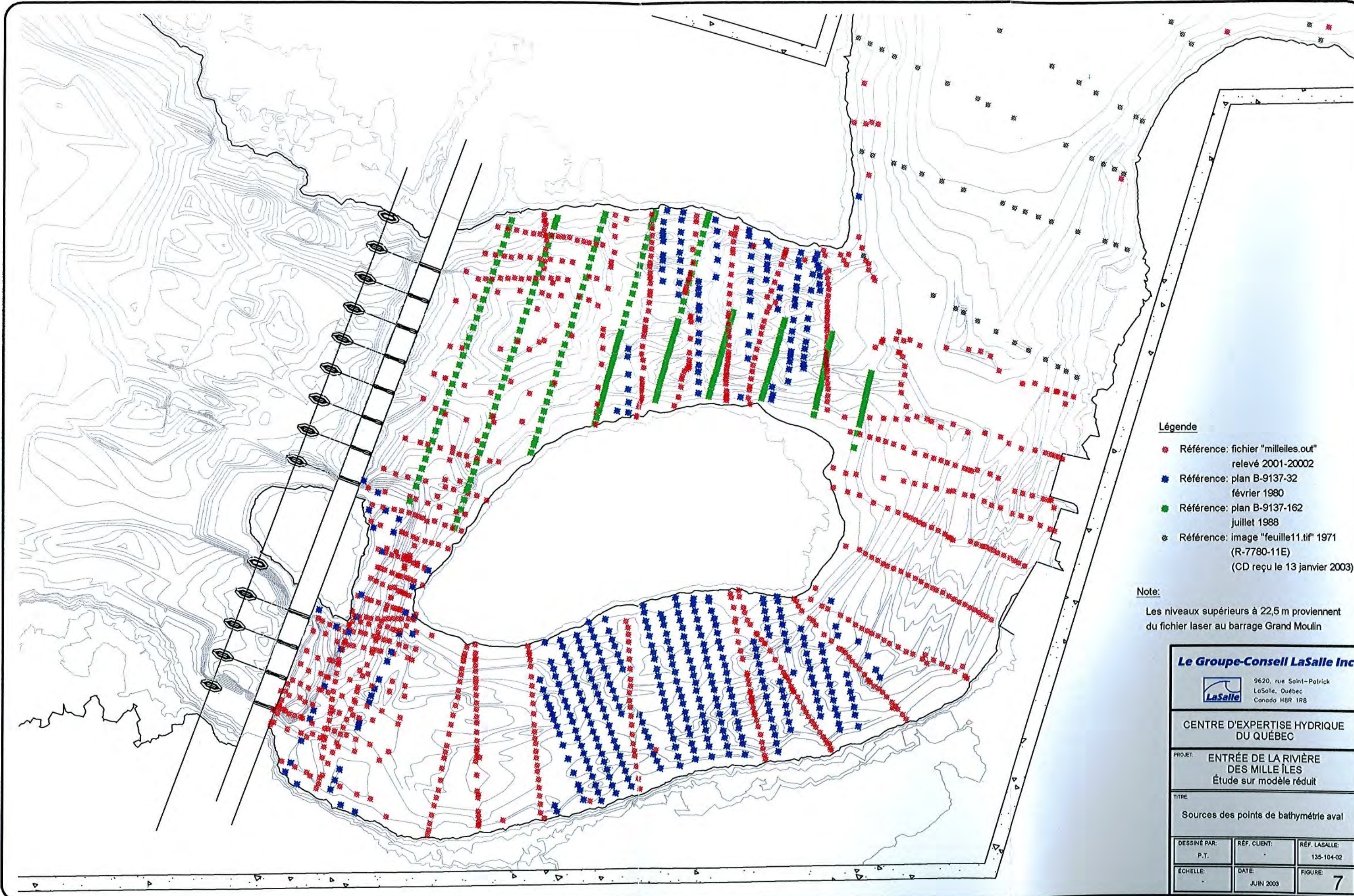
TITRE: Modèle réduit
Échelle: 1/60 horizontal
1/15 vertical

DESSINÉ PAR: P.T.	REF. CLIENT: -	REF. LASALLE: 135-104-01
ÉCHELLE: -	DATE: JUN 2003	FIGURE: 5



**comparaison des vitesses dans la fosse
bathymétrie réelle/bathymétrie avec calage à 5.75m
débit 800m³/s niveau 23m**





Légende

- ★ Référence: fichier "milleiles.out" relevé 2001-20002
- ★ Référence: plan B-9137-32 février 1980
- ★ Référence: plan B-9137-162 juillet 1988
- ★ Référence: image "feuille11.tif" 1971 (R-7780-11E) (CD reçu le 13 janvier 2003)

Note:

Les niveaux supérieurs à 22,5 m proviennent du fichier laser au barrage Grand Moulin

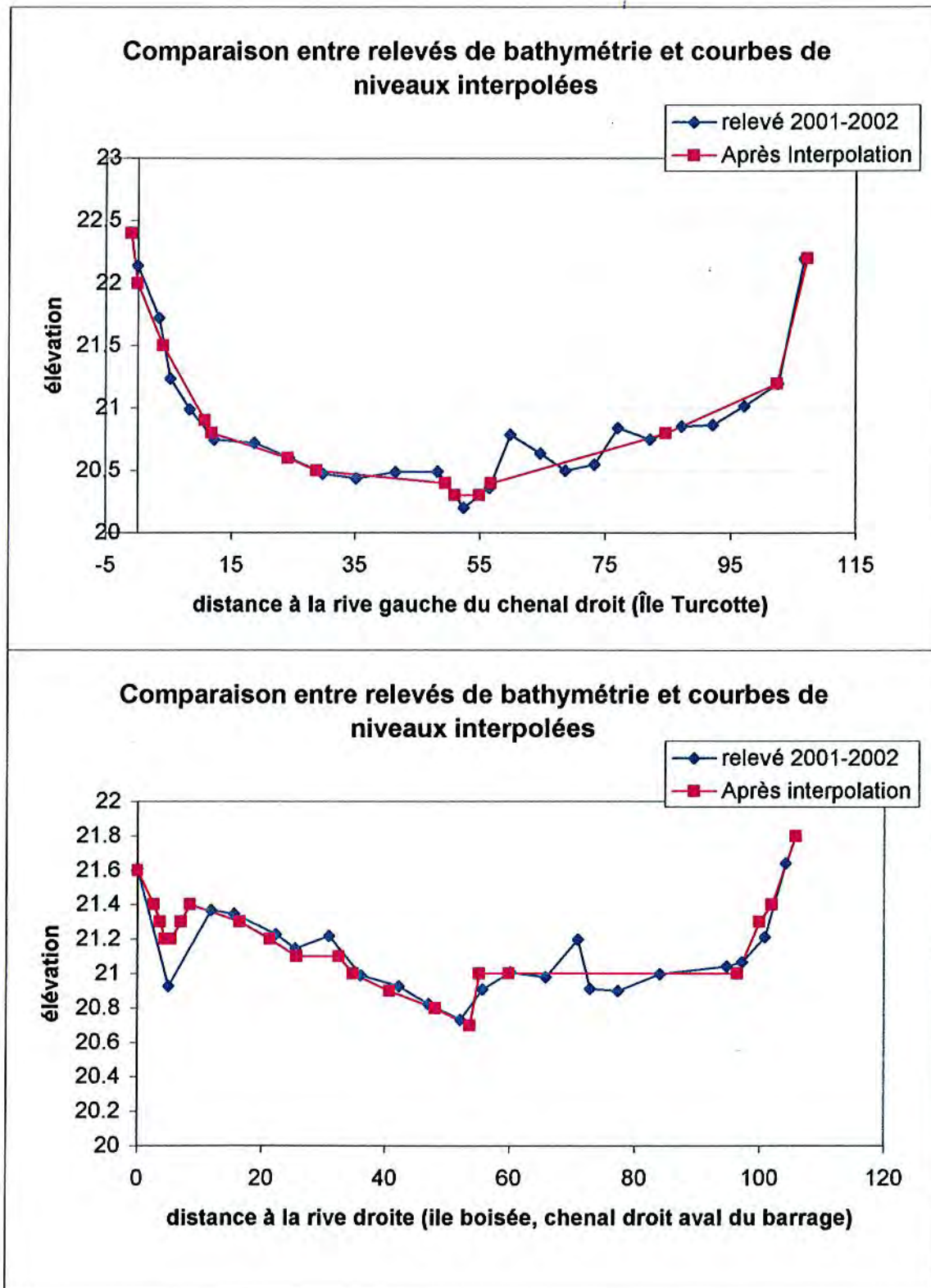
Le Groupe-Consell LaSalle Inc.
 9620, rue Saint-Patrick
 LaSalle, Québec
 Condo HBR 1R8

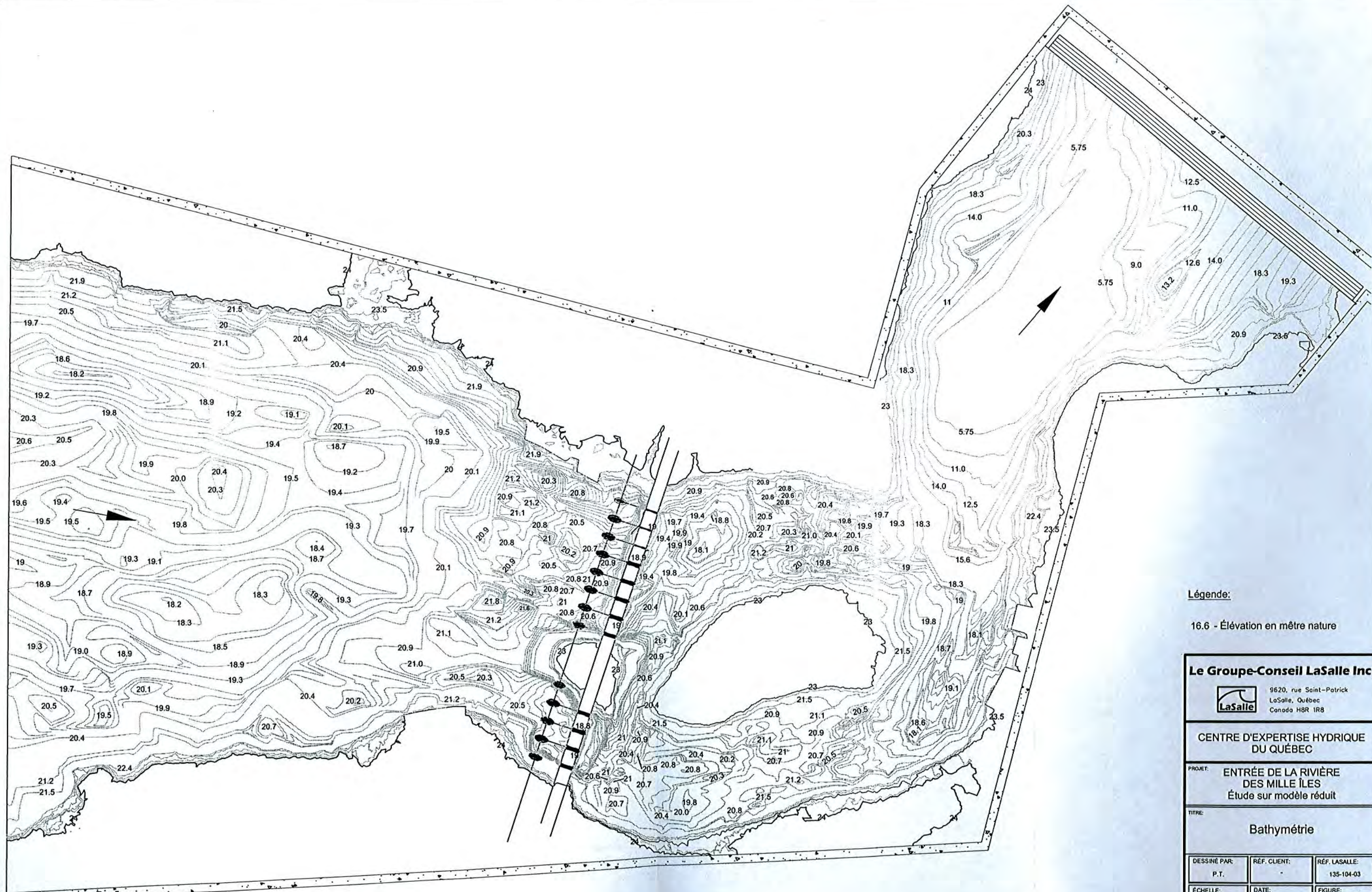
CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC

PROJET: **ENTRÉE DE LA RIVIÈRE DES MILLE ÎLES**
 Étude sur modèle réduit

TITRE: **Sources des points de bathymétrie aval**

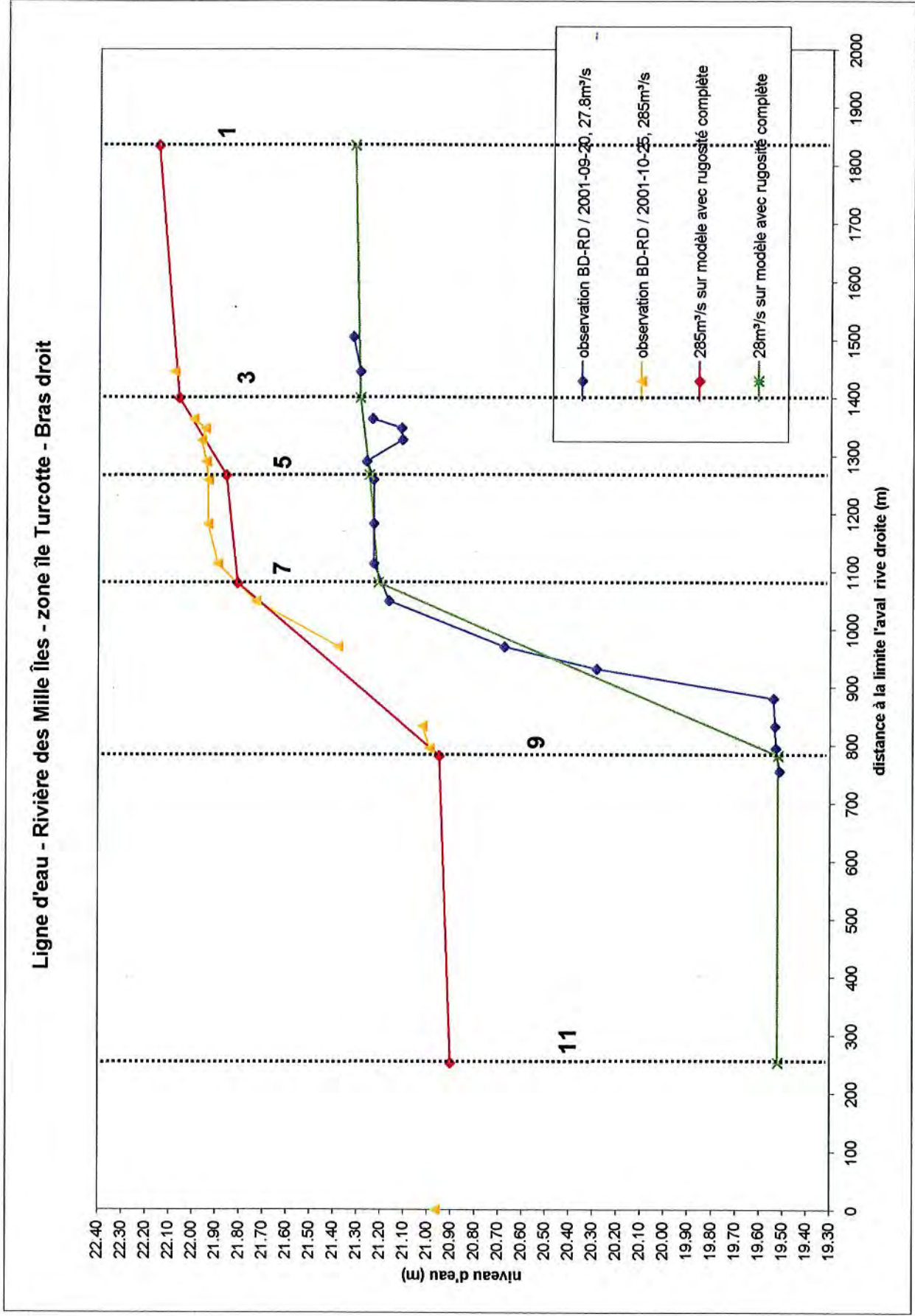
DESSINÉ PAR: P.T.	RÉF. CLIENT: -	RÉF. LASALLE: 135-104-02
ÉCHELLE:	DATE: JUN 2003	FIGURE: 7

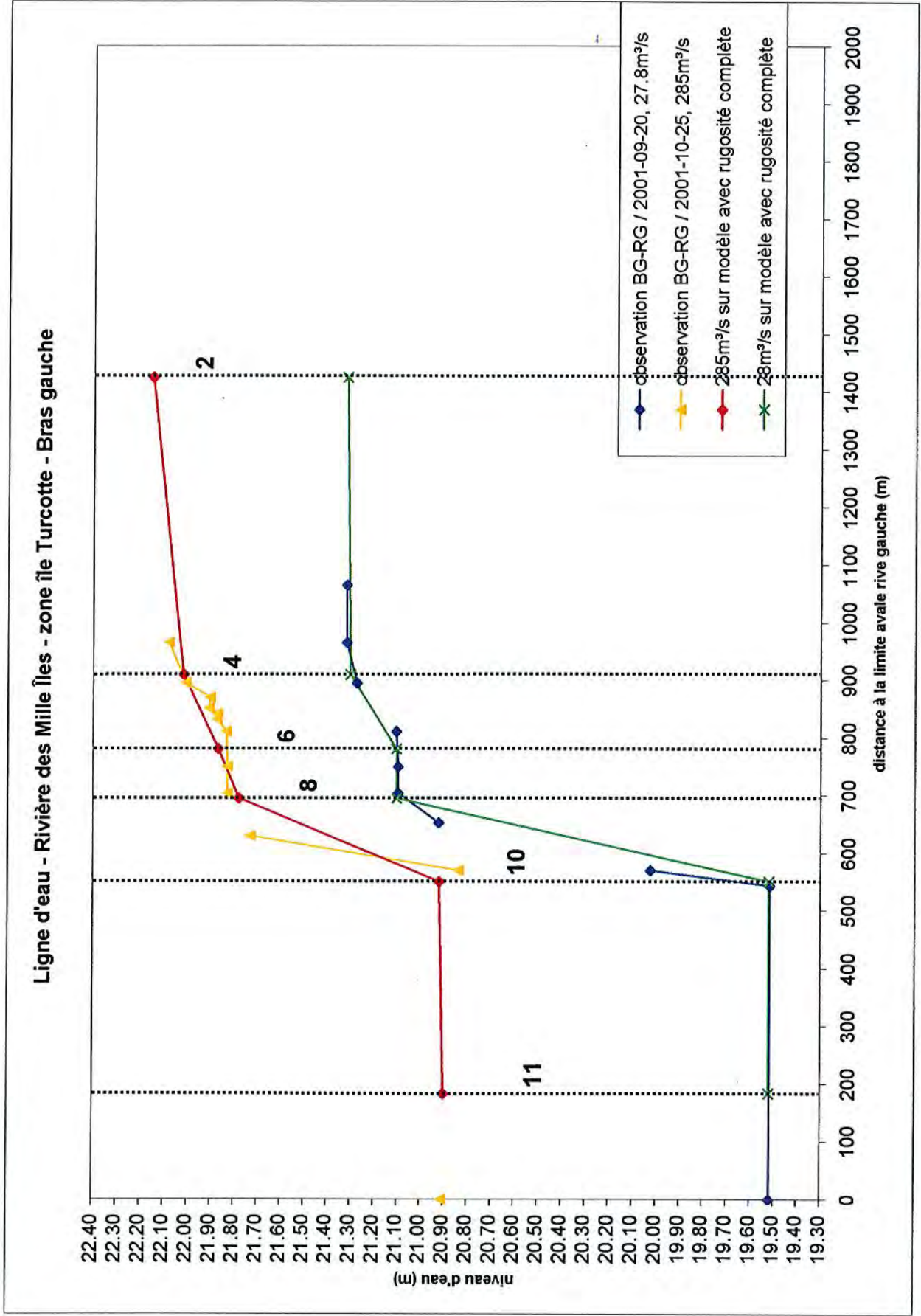




Légende:
 16.6 - Élévation en mètre nature

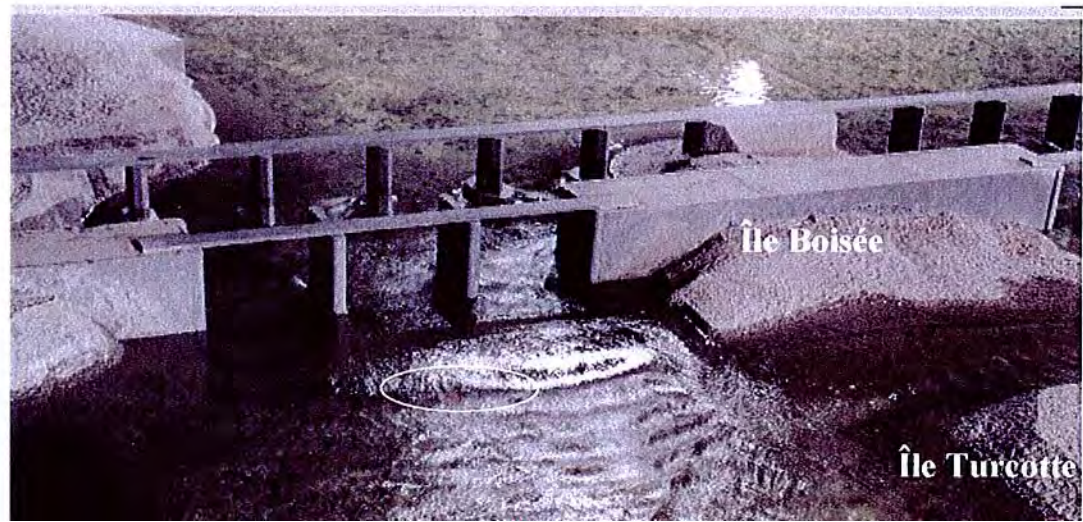
Le Groupe-Conseil LaSalle Inc.		
 9620, rue Saint-Patrick LaSalle, Québec Canada H8R 1R8		
CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE DU QUÉBEC		
PROJET: ENTRÉE DE LA RIVIÈRE DES MILLE ÎLES Étude sur modèle réduit		
TITRE: Bathymétrie		
DESSINÉ PAR: P.T.	REF. CLIENT: -	REF. LASALLE: 135-104-03
ÉCHELLE: -	DATE: JUN 2003	FIGURE: 9

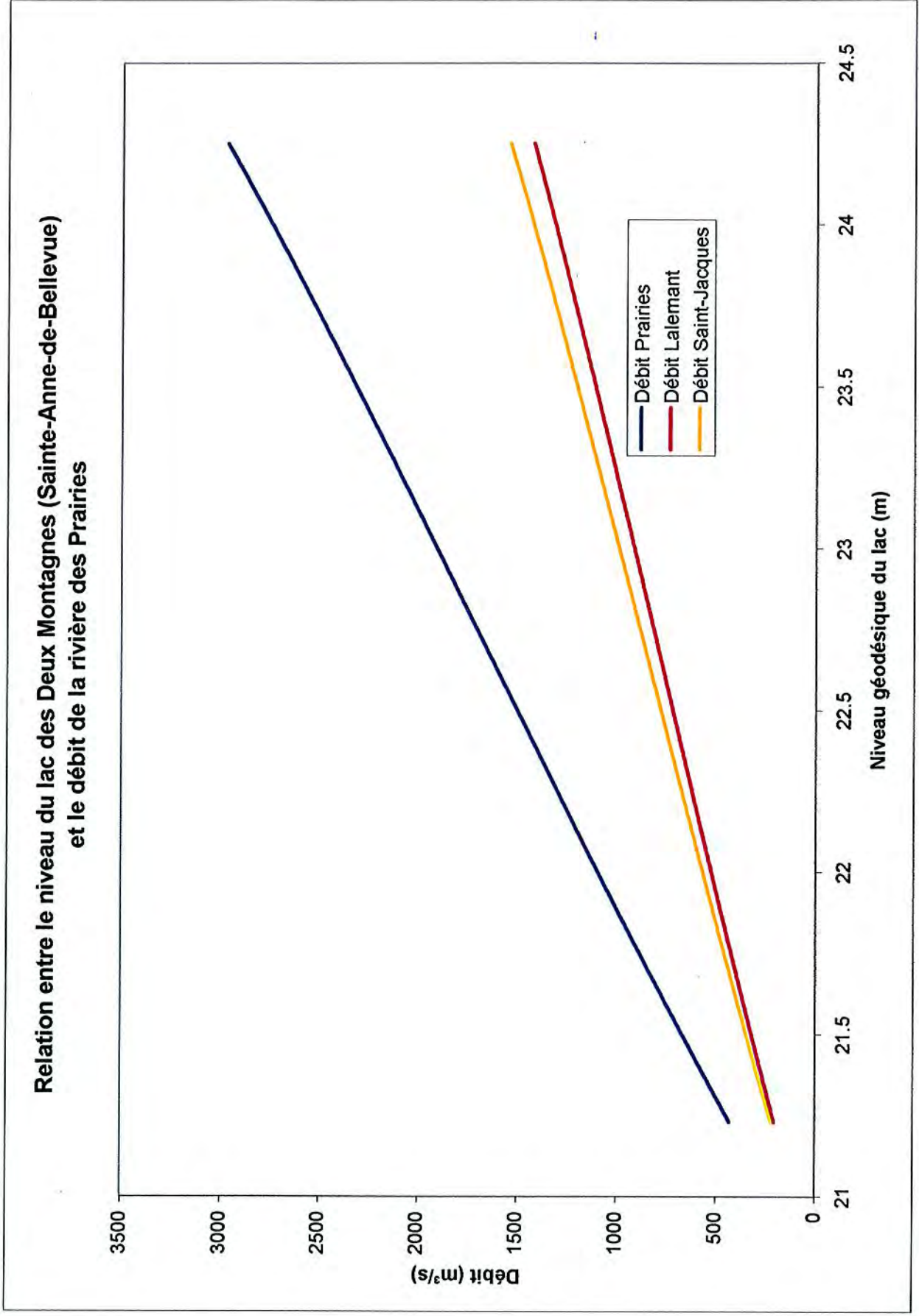




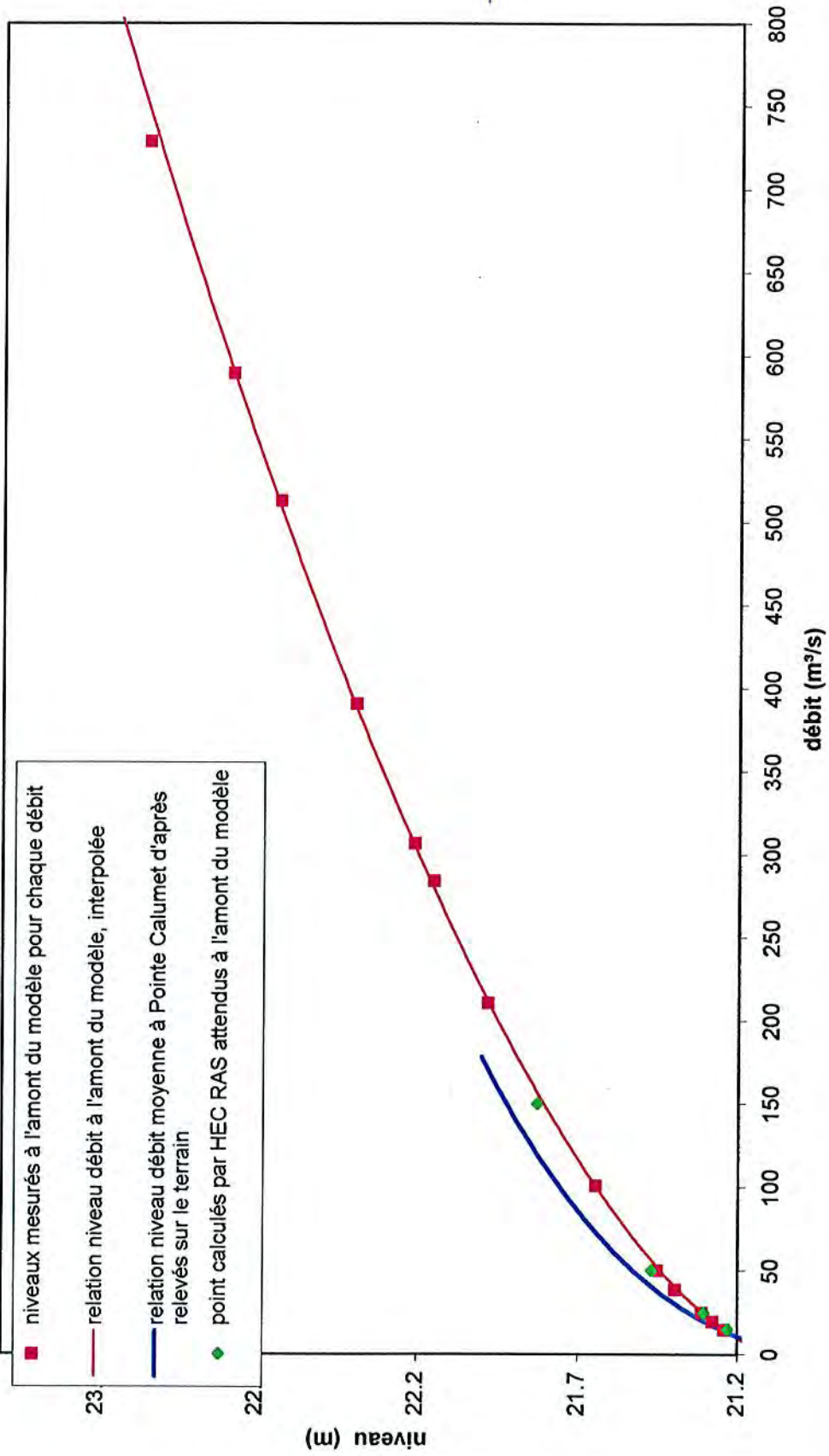


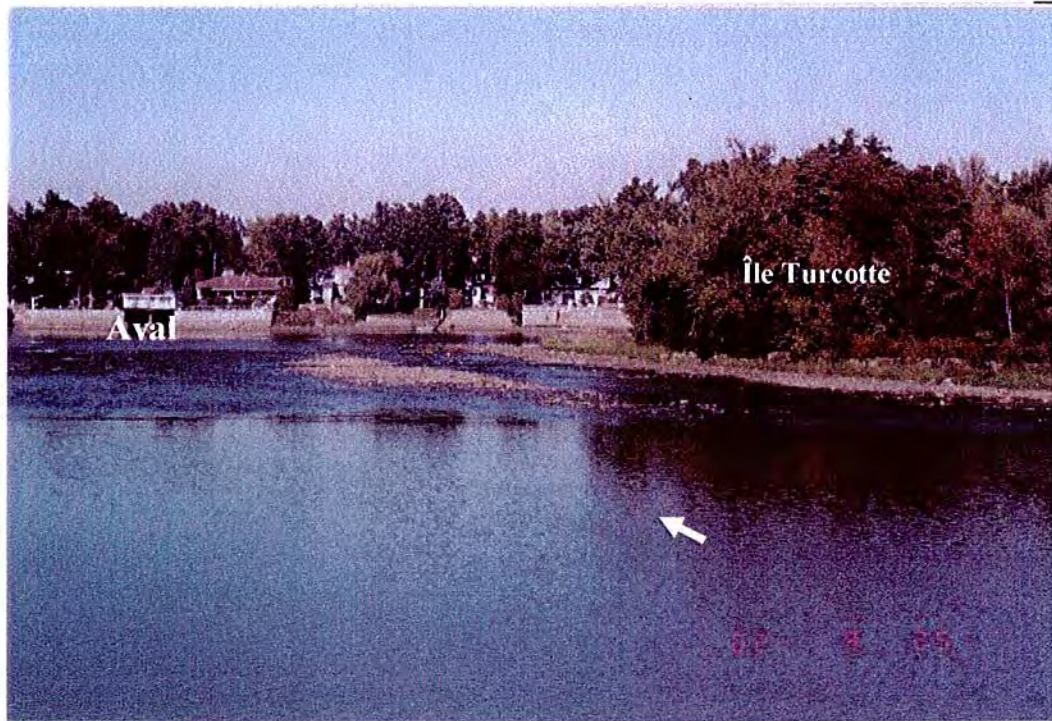
Niveau mal défini pour les forts débits dans la zone indiquée, localisation de la pointe numéro 5 (ici environ $400\text{m}^3/\text{s}$)



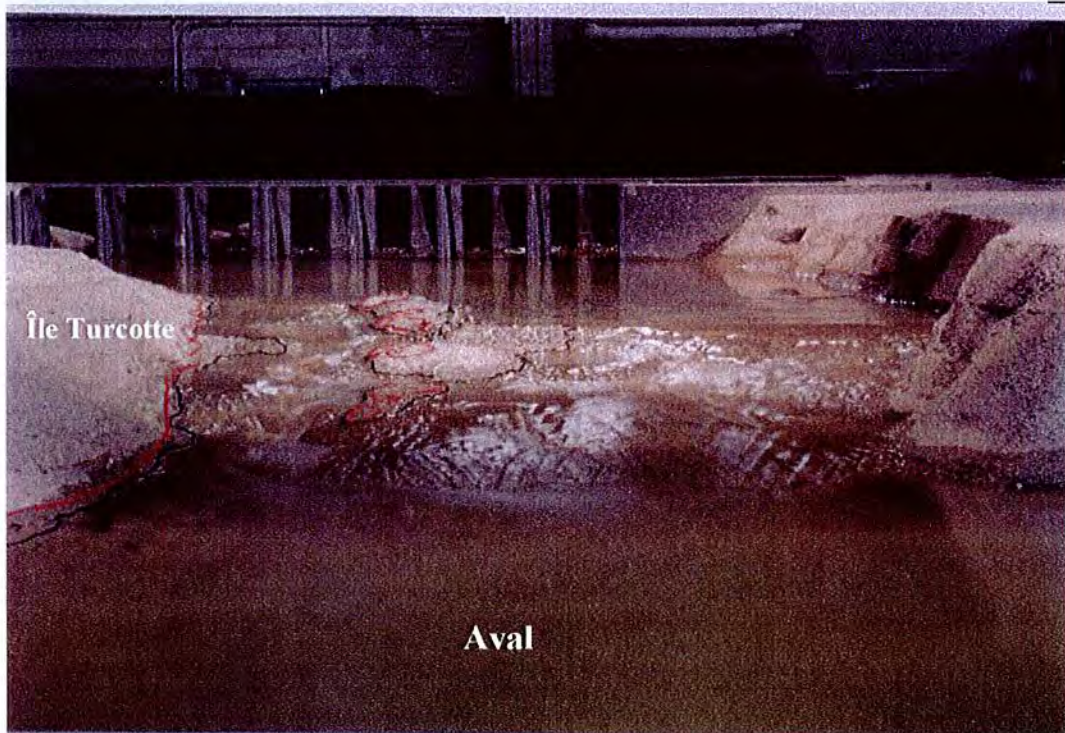


Niveau à la station Pointe Calumet et à l'amont du modèle en fonction du débit de la rivière des Milles-îles Pour des débits inférieurs à 800m³/s





Chenal gauche vu du barrage (nature), $Q=25\text{m}^3/\text{s}$



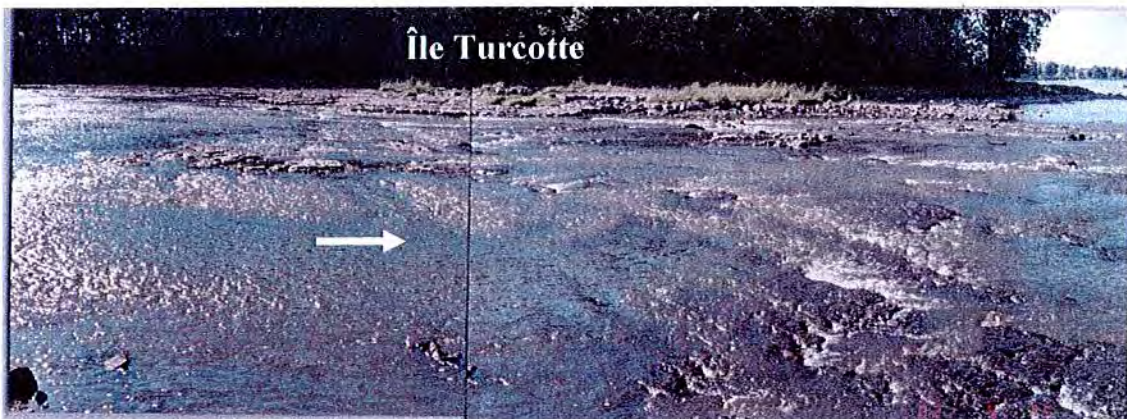
Chenal gauche vu de l'aval (modèle), $Q=25\text{m}^3/\text{s}$



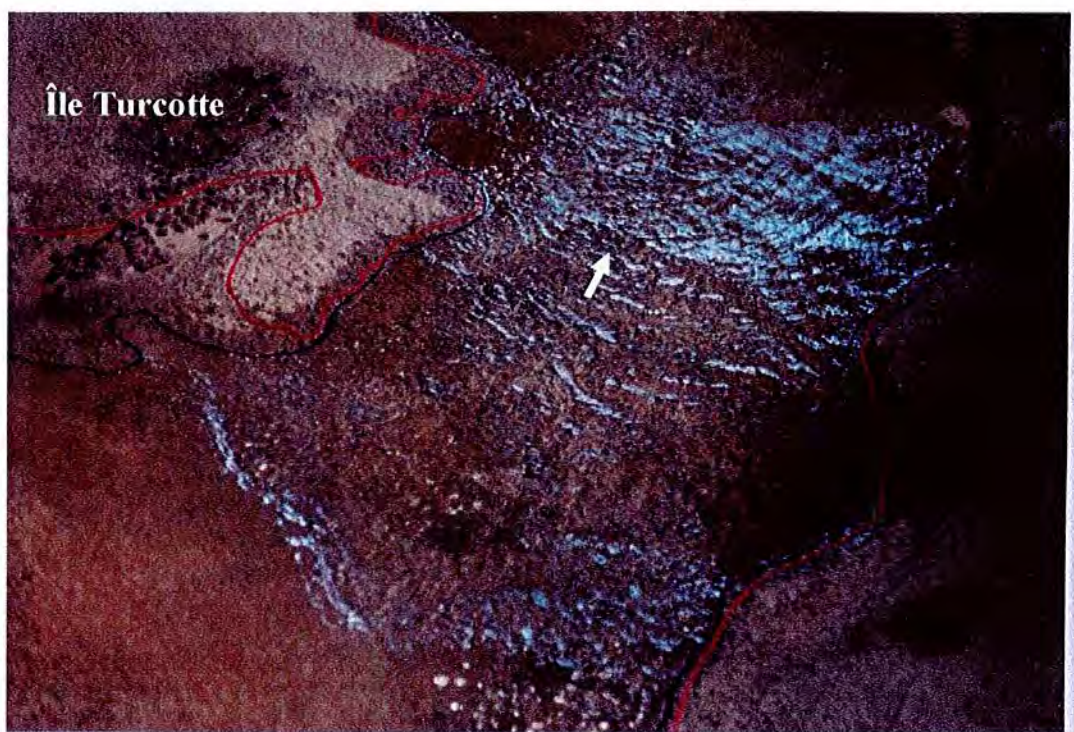
Chenal Droit vu de l'aval (nature), $Q=25\text{m}^3/\text{s}$



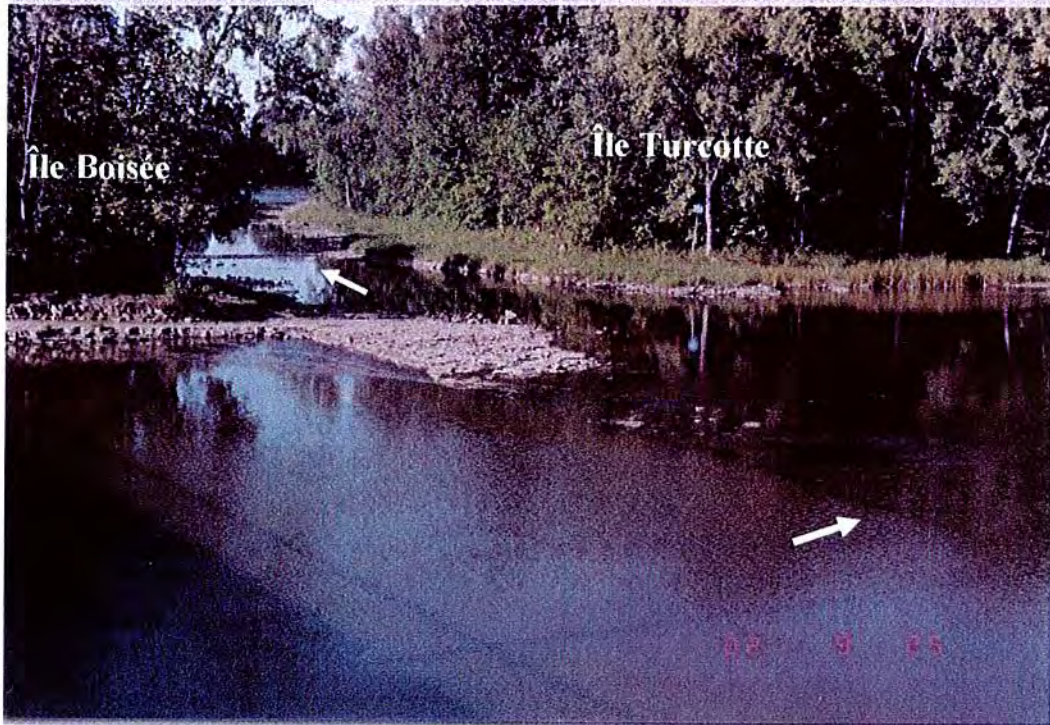
Chenal Droit vu de l'aval (modèle) ; ligne noire : $25\text{m}^3/\text{s}$



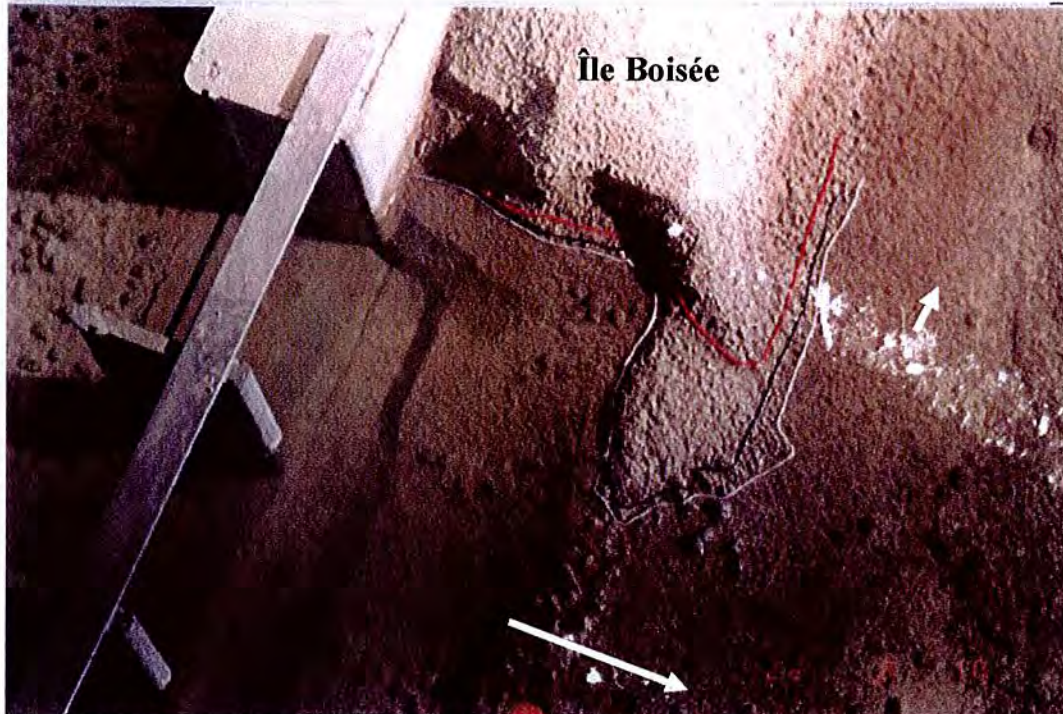
Rapides du chenal droit, vu de la rive droite (nature), $Q=25\text{m}^3/\text{s}$



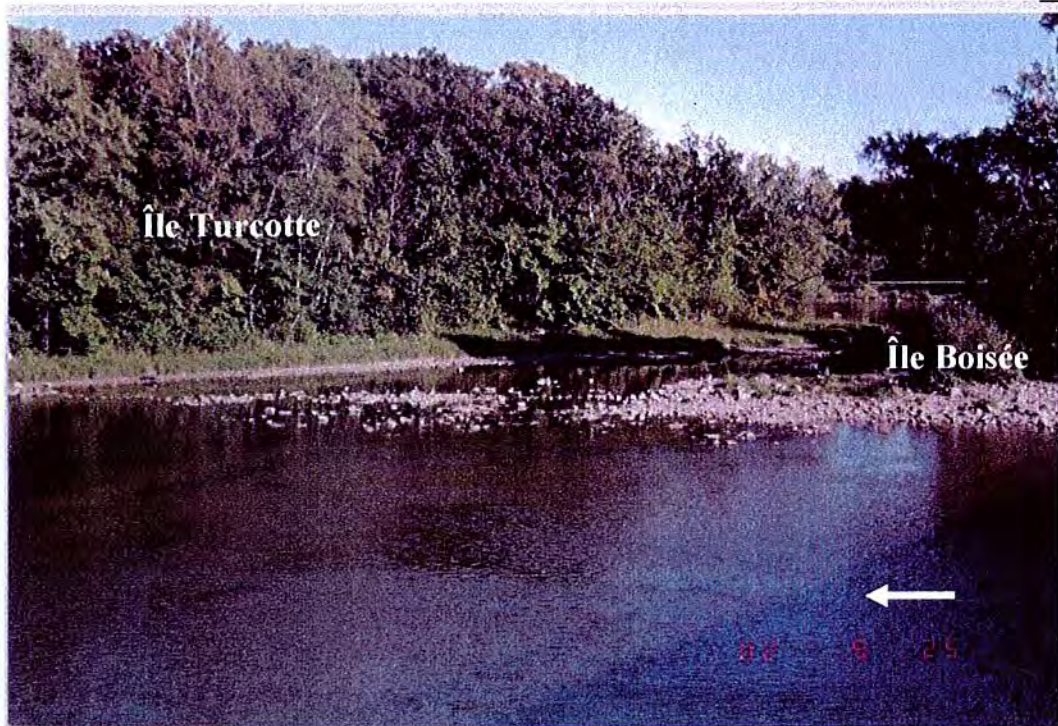
Rapides du chenal droit (modèle), $Q=25\text{m}^3/\text{s}$



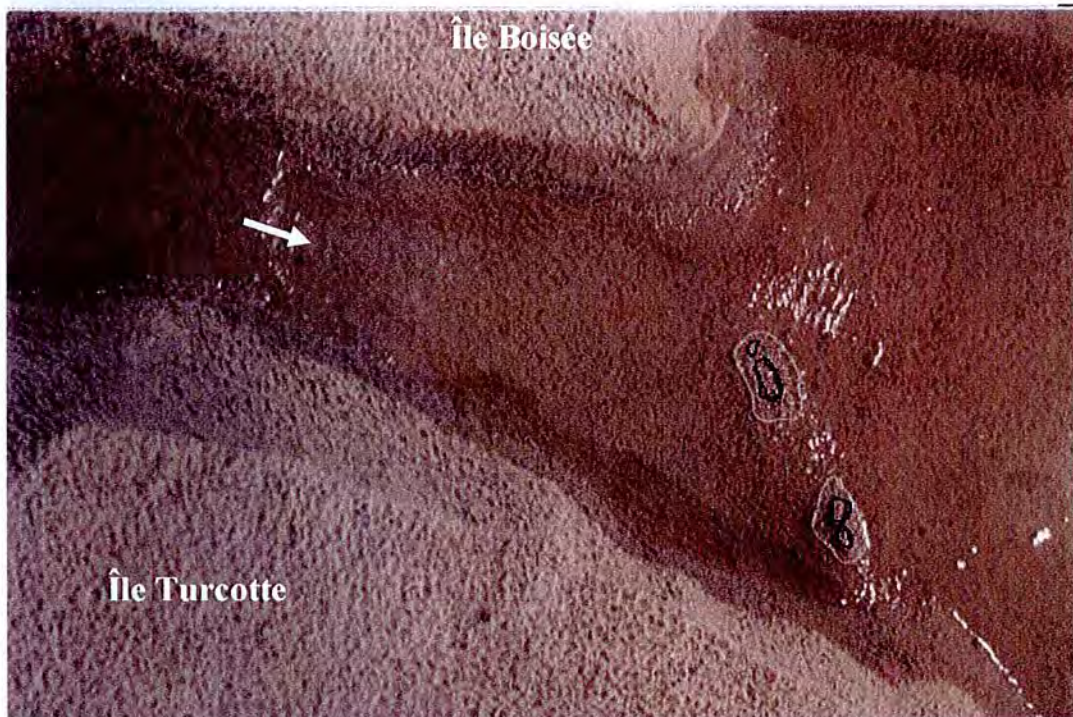
Chenal séparant l'Île boisée et l'Île Turcotte, côté chenal droit (nature), $Q=25\text{m}^3/\text{s}$



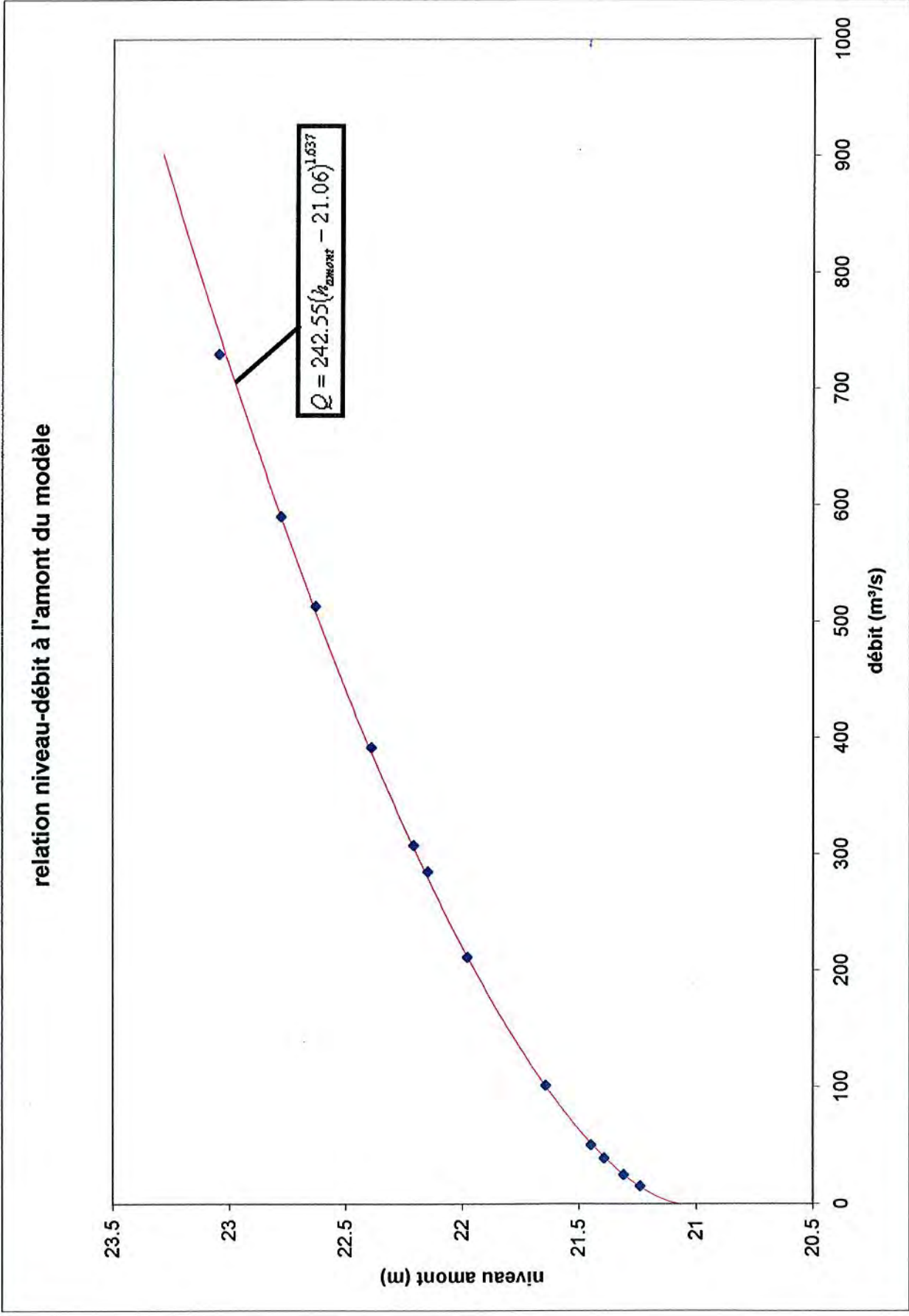
Chenal séparant l'Île boisée et l'Île Turcotte, côté chenal droit (modèle), $Q=25\text{m}^3/\text{s}$

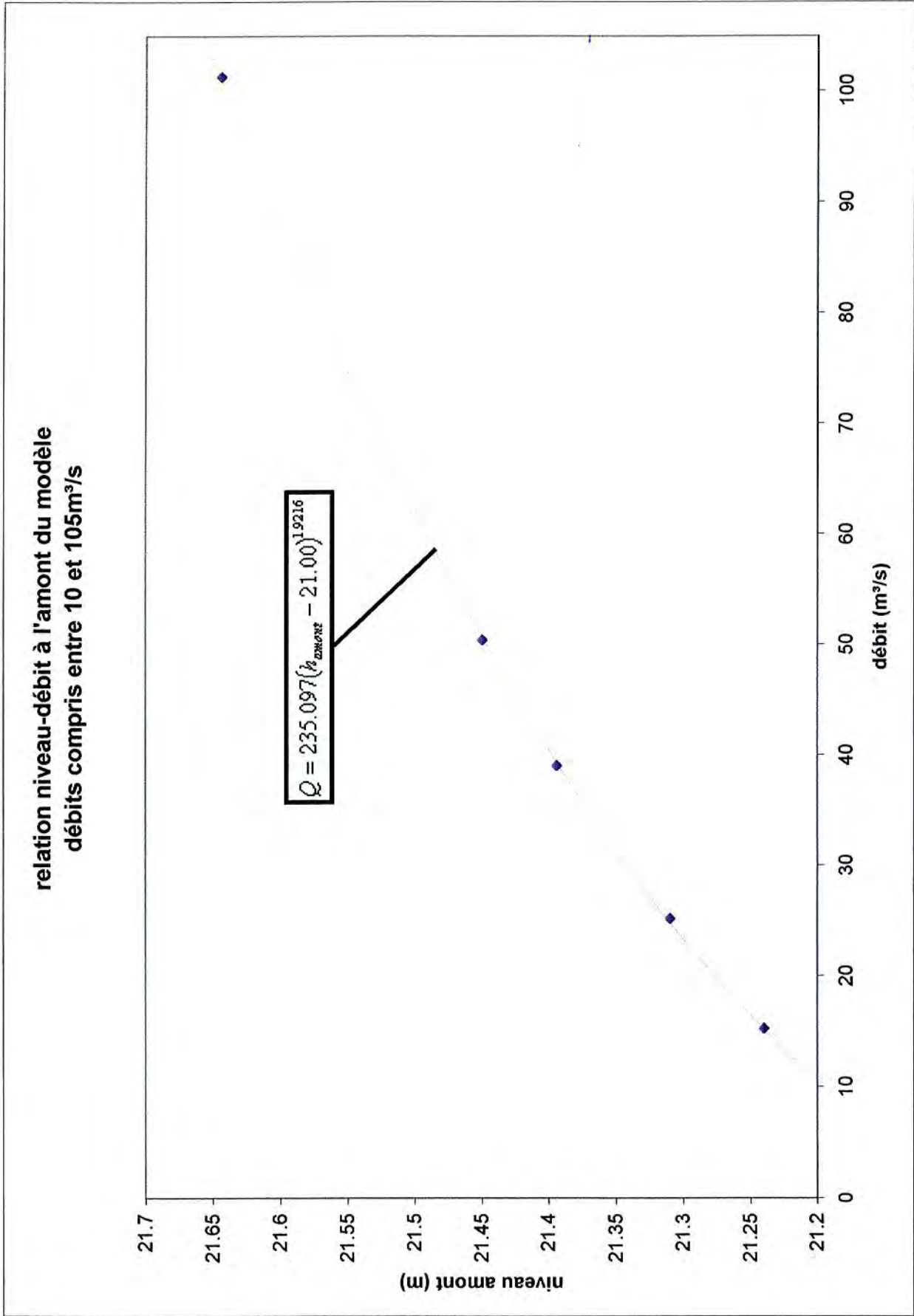


Chenal séparant l'Île boisée et l'Île Turcotte, côté chenal gauche (nature), $Q=25\text{m}^3/\text{s}$



Chenal séparant l'Île boisée et l'Île Turcotte, côté chenal gauche (modèle), $Q=25\text{m}^3/\text{s}$





Niveau à la station Sainte-Anne-de-Bellevue en fonction du débit de la rivière des Milles-Îles Pour des débits inférieurs à 800m³/s

