


Centre d'expertise
hydrique

Québec 



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

Rapport final

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

Rapport présenté à :

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

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

Rapport Final

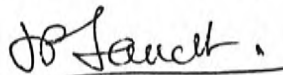
R.1530 Janvier 2004

Préparé par :



Tristan Aubel, ing. jr

135-104(765)



Jean-Philippe Saucet, ing.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

1.0	INTRODUCTION	1
2.0	ORIENTATIONS DE L'ÉTUDE	2
2.1	L'urgence	2
2.2	Les autres solutions.....	2
3.0	RETOUR SUR LES CONDITIONS ACTUELLES	4
3.1	Niveau d'étiage.....	4
3.2	Relation niveau-débit.....	4
3.3	Période de fraie	5
4.0	SCÉNARIO D'URGENCE	6
4.1	Excavations	6
4.2	Volume	7
4.3	Relation niveau-débit.....	8
4.4	Lignes d'eau	8
4.5	Impact	9
4.5.1	Zones ennoyées	9
4.5.2	Vitesses	10
4.6	Compensation	10
5.0	SCÉNARIO A	12
5.1	Excavations.....	12
5.2	Volume	13
5.3	Relation niveau-débit.....	13
5.4	Lignes d'eau.....	13
6.0	SCÉNARIO B	15
6.1	Excavations.....	15
6.2	Volumes excavés	15
6.3	Relation niveau-débit.....	16
6.4	Lignes d'eau	16
6.5	Compensation	17
6.6	Mesures de vitesses.....	18
6.7	Influence des renforts des semelles de piles de pont.....	19
7.0	SCÉNARIO C, VARIANTE 1	20
7.1	Excavations.....	20
7.2	Volumes excavés	21
7.3	Relation niveau-débit.....	21
7.4	Lignes d'eau	22
7.5	Compensation	22
7.6	Influence des renforts de semelles de piles de pont	24

TABLE DES MATIÈRES (SUITE)

8.0	SCÉNARIO C, VARIANTE 2	25
8.1	Excavations.....	25
8.2	Volumes excavés.....	25
8.3	Relation niveau-débit.....	26
8.4	Lignes d'eau.....	26
8.5	Compensation.....	26
8.6	Mesures de vitesses.....	27
8.7	Étiages d'été.....	28
9.0	SCÉNARIO D	29
9.1	Excavations.....	29
9.2	Volume.....	29
9.3	Relation niveau-débit.....	30
9.4	Lignes d'eau.....	30
9.5	Estimation d'une autre variante pour le scénario D.....	31
10.0	SCÉNARIO E	32
10.1	Excavations.....	32
10.2	Volume.....	32
10.3	Relation niveau-débit.....	33
10.4	Lignes d'eau.....	33
11.0	CHAMP DES VITESSES	34
11.1	Conditions et acquisition.....	34
11.2	Résultats.....	34
12.0	ÉVALUATION DES MÉTHODES ET DES COÛTS DE RÉALISATION	36
12.1	Scénario B.....	36
12.2	Scénario C, variante 1.....	36
13.0	CONCLUSION	37

ANNEXE A : Évaluation des méthodes et des coûts de réalisation des travaux – Rapport de Tecsuit-Excotech.

ANNEXE B : Tableaux de valeurs pour les lignes d'eau

ANNEXE C : Coupes des principales excavations

FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

- TABLEAU 1 : Caractéristiques des excavations pour le scénario d'urgence
- TABLEAU 2 : Vitesses en quelques points du bras droit
- TABLEAU 3 : Compensation pour le scénario d'urgence
- TABLEAU 4 : Caractéristiques des excavations pour le scénario A
- TABLEAU 5 : Caractéristiques des excavations pour le scénario B
- TABLEAU 6 : Compensation pour le scénario B
- TABLEAU 7 : Caractéristiques des excavations pour le scénario C variante 1
- TABLEAU 8 : Compensation pour le scénario C
- TABLEAU 9 : Position des vannes pour passer progressivement de la condition compensée à la condition de pleine capacité, scénario C
- TABLEAU 10 : Caractéristiques des excavations pour le scénario C variante 2
- TABLEAU 11 : Caractéristiques des excavations pour le scénario d'urgence
- TABLEAU 12 : Caractéristiques des excavations pour le scénario E

LISTE DES FIGURES

- FIGURE 1 : Lac des Deux Montagnes - Entrée de la rivière des des Mille-Îles
- FIGURE 2 : Modèle réduit et répartition des habitats et frayères
- FIGURE 3 : Conditions actuelles - Étiage centennal d'été - Niveau du lac 21,24 m, débit 15 m³/s
- FIGURE 4 : Conditions actuelles - Période de fraie - Niveau du lac 22,36 m, débit 340 m³/s
- FIGURE 5 : Mesures des vitesses sur quatre sections à l'aval du barrage - Niveau 22,36 m, débit 340 m³/s
- FIGURE 6 : Mesures des vitesses sur une section à l'amont du pont - Niveau 22,36 m, débit 340 m³/s
- FIGURE 7 : Scénario d'urgence – Excavations
- FIGURE 8 : Scénario d'urgence - Relations niveau-débit - Comparaison entre conditions actuelles et futures
- FIGURE 9 : Scénario d'urgence - Lignes d'eau - Comparaison entre conditions actuelles et futures - Niveau 21,24 m.
- FIGURE 10A : Scénario d'urgence - Photos du bras gauche - Comparaison entre conditions actuelles et futures - Niveau 21,24 m
- FIGURE 10B : Scénario d'urgence - Photos du bras droit - Comparaison entre conditions actuelles et futures - Niveau 21,24 m
- FIGURE 11 : Scénario d'urgence - Étiage centennal d'été - Niveau du lac 21,24 m, débit 29 m³/s
- FIGURE 12 : Scénario d'urgence - Période de fraie - Niveau du lac 22,36 m, débit 340 m³/s
- FIGURE 13 : Scénario d'urgence - Photos de l'aval - Période de fraie - Niveau 22,36 m, débit 340 m³/s
- FIGURE 14 : Scénario A - Étiage centennal d'été - Niveau du lac 21,24 m, débit 26 m³/s
- FIGURE 15 : Résultats préliminaires - Relation entre le niveau à l'amont du modèle et le débit dans la rivière - Excavations amont maximales

LISTE DES FIGURES (SUITE)

- FIGURE 16 : Scénario A - Relations niveau-débit - Comparaison entre conditions actuelles et futures
- FIGURE 17 : Scénario A - Lignes d'eau - Comparaison entre conditions actuelles et futures - Niveau 21,24 m
- FIGURE 18 : Scénario B - Étiage centennal d'été - Niveau du lac 21,24 m, débit 35 m³/s
- FIGURE 19 : Scénario B - Relations niveau-débit - Comparaison entre conditions actuelles et futures
- FIGURE 20 : Scénario B - Relations niveau-débit - Niveaux inférieurs à 21,5 m
- FIGURE 21 : Scénario B - Lignes d'eau - Comparaison entre conditions actuelles et futures - Niveau 21,24 m
- FIGURE 22A : Scénario B - Photos du bras gauche - Comparaison entre conditions actuelles et futures - Niveau 21,24 m
- FIGURE 22B : Scénario B - Photos du bras droit - Comparaison entre conditions actuelles et futures - Niveau 21,24 m
- FIGURE 23 : Mesures des vitesses sur quatre sections à l'aval du barrage - Conditions actuelles, scénario B, scénario C variante 2 - Niveau 22,36 m, débit 340 m³/s
- FIGURE 24 : Mesures des vitesses sur une section à l'amont du pont - Conditions actuelles, scénario B, scénario C variante 2 - Niveau 22,36 m, débit 340 m³/s
- FIGURE 25 : Scénario C variante 1 - Étiage centennal d'hiver - Niveau du lac 21,27 m, débit 72 m³/s
- FIGURE 26 : Scénario C variantes 1 et 2 - Relations niveau-débit - Comparaison entre conditions actuelles et futures
- FIGURE 27 : Scénario C variantes 1 et 2 - Relations niveau-débit - Niveaux inférieurs à 21,5 m
- FIGURE 28 : Scénario C variantes 1 et 2 - Lignes d'eau - Comparaison entre conditions actuelles et futures - Niveau 21,27 m
- FIGURE 29A : Scénario C variante 1 - Photos du bras gauche - Comparaison entre conditions actuelles et futures - Niveau 21,27 m

LISTE DES FIGURES (SUITE)

- FIGURE 29B : Scénario C variante 1 - Photos du bras droit - Comparaison entre conditions actuelles et futures - Niveau 21,27 m
- FIGURE 30 : Scénario C variante 2 - Étiage centennal d'hiver - Niveau du lac 21,27 m, débit 72 m³/s
- FIGURE 31A : Scénario C variante 2 - Photos du bras gauche - Comparaison entre conditions actuelles et futures - Niveau 21,27 m
- FIGURE 31B : Scénario C variante 2 - Photos du bras droit - Comparaison entre conditions actuelles et futures - Niveau 21,27 m
- FIGURE 32 : Scénario C variante 2 - Relations niveau-débit - Demi-compensation
- FIGURE 33 : Scénario C variante 2 - Lignes d'eau - Demi-compensation - Niveau 21,24 m
- FIGURE 34A : Scénario C variante 2 - Photos de l'aval - Demi-compensation - Niveau 21,24 m
- FIGURE 34B : Scénario C variante 2 - Photos de l'aval - Demi-compensation – obstacle d'Obstruction dans le sillon - Niveau 21,24 m
- FIGURE 35 : Scénario D - Étiage centennal d'été - Niveau du lac 21,24 m, débit 56,5 m³/s
- FIGURE 36 : Scénario D - Relations niveau-débit - Comparaison entre conditions actuelles et futures
- FIGURE 37 : Scénario D - Lignes d'eau - Comparaison entre conditions actuelles et futures - Niveau 21,24 m
- FIGURE 38 : Scénario D variante 2- Étiage centennal d'été - Niveau du lac 21,24 m, débit 50 m³/s
- FIGURE 39 : Scénario E - Étiage centennal d'hiver - Niveau du lac 21,27 m, débit 90 m³/s
- FIGURE 40 : Scénario E - Relations niveau-débit - Comparaison entre conditions actuelles et futures
- FIGURE 41 : Scénario E - Lignes d'eau - Comparaison entre conditions actuelles et futures - Niveau 21,27 m
- FIGURE 42 : Champ des vitesses pour un débit de 180 m³/s en conditions actuelles

1.0 INTRODUCTION

À la suite de l'étiage du mois d'août 2001 (période de retour 100 ans), le Centre d'expertise hydrique du Québec a analysé un projet d'intervention destiné à augmenter la capacité hydraulique de l'entrée de la rivière des Mille-Îles (figure 1). Cette dernière est l'exutoire du lac des Deux Montagnes qui a été le plus touché. Moins de 5% du débit total sortant du lac ont transité par la rivière des Mille-Îles soit 15 m³/s, ce qui ne peut garantir une dilution suffisante des rejets des eaux usées.

L'intervention mentionnée précédemment serait d'écrêter par excavation les seuils naturels qui limitent et contrôlent le débit dans la rivière. La zone toute désignée pour la réalisation de ce projet est le secteur Grand Moulin. Ce secteur est muni du barrage du Grand Moulin qui peut servir à compenser les effets des excavations en période hors étiage.

Le Groupe-Conseil LaSalle a réalisé une étude sur modèle réduit, présentée en figure 2, permettant de reproduire le fonctionnement hydraulique de l'entrée de la rivière des Mille-Îles afin de mettre au point des scénarios d'excavation. Selon l'objectif fixé, des contraintes de nature différente (de temps ou environnementales) conditionnent les choix des zones à excaver.

Entre les objectifs initiaux et les scénarios finalement mis au point, l'étude a suivi plusieurs directions qui sont énoncées dans la section 2 de ce rapport. Un rappel de certains résultats de l'étude en conditions actuelles fait l'objet de la section 3. Les différentes solutions sont ensuite présentées : le scénario d'urgence, le scénario A répondant à des besoins comparables à ceux actuellement observés, les scénarios B et C répondant à des besoins de plus grande ampleur selon que l'étiage se produise en été (B) ou en hiver (C) et les scénarios D et E répondant à des besoins encore plus importants lors d'étiage d'été (D) ou d'hiver (E). La partie suivante est dédiée au champ des vitesses en conditions actuelles pour des conditions moyennes d'automne, période la plus probable pour les travaux. On présente finalement une évaluation réalisée par TECSULT et EXCOTECH des méthodes et de coûts relatifs à la réalisation des scénarios B et C variante 1.

2.0 ORIENTATIONS DE L'ÉTUDE

2.1 L'urgence

Lors du commencement des essais dans le courant du mois de mars 2003 l'objectif de l'étude était de fournir des scénarios d'excavation visant à augmenter la capacité de l'entrée de la rivière des Mille-Îles à 25 m³/s puis à 50 m³/s pour un niveau d'étiage centennal du lac des Deux Montagnes, 21.24 m à la station de Sainte-Anne de Bellevue (# 02OA013, Environnement Canada). Après avoir ajusté le modèle et étudié les conditions actuelles⁽¹⁾ les bas niveaux dans les réservoirs de l'Outaouais Supérieur en mai 2003 présageaient d'un étiage sévère pour l'été 2003. Ainsi un scénario d'intervention d'urgence a été élaboré afin qu'environ 30 m³/s puissent transiter dans la rivière des Mille-Îles sans effectuer d'excavations sous le pont. En effet excaver sous le pont implique une procédure de renforcement des piles ce qui demande un délai supplémentaire. Le choix des zones à excaver est conditionné par cette contrainte de temps. Lors de la construction du barrage du Grand Moulin, en 1985, une excavation a été effectuée sous le pont, entre le pont et le barrage et un peu en amont du pont à une cote voisine de celle des seuils du barrage 20,43 m, alors que du côté gauche le terrain situé sous le pont est bien plus élevé, environ 20,8 m. Ainsi, au cas où une intervention d'urgence serait nécessaire, le bras droit apparaît comme le meilleur choix pour la recevoir du fait de cette excavation déjà existante sous le pont et de la facilité avec laquelle on peut y accéder. De plus il faut pouvoir recréer des conditions semblables à celles qui existent actuellement (diversité de profondeurs et de vitesses) afin de rétablir les habitats de poissons.

2.2 Les autres solutions

Cependant au mois de juin 2003, l'urgence n'avait plus lieu d'être étant donné l'évolution favorable des niveaux des différents réservoirs du bassin de la rivière des Outaouais. Notre étude s'oriente alors vers l'établissement de scénarios dont le choix des excavations est conditionné par des contraintes de nature essentiellement environnementale.

⁽¹⁾: Groupe-Conseil LaSalle, Entrée de la Rivière des Mille-Îles - Étude sur modèle réduit, rapport d'étape R-1515, par Tristan Aubel et Jean Philippe Saucet, juillet 2003.

L'objectif initial consistait à définir une solution permettant de subvenir aux besoins semblables à ceux observés actuellement. Le débit minimum requis dans la rivière permettant d'éviter les problèmes de dilution relatifs aux rejets des eaux usées a été évalué à 25 m³/s. L'urgence n'étant plus, un ordre de priorité conditionné par des contraintes environnementales, liées à la répartition des habitats de poissons et des frayères (figure 2, d'après G. Massé⁽²⁾, 1981), définit la progression de l'exploration du scénario A. Contrairement au cas précédent (scénario d'urgence), c'est en face du bras gauche, à l'amont et sous le pont ferroviaire, et dans le bras gauche qu'on cible l'intervention.

Ensuite on considère le cas où les rejets sont de plus grande ampleur que ceux actuellement observés. En outre on ouvre la problématique aux étiages se produisant en période hivernale. Le débit minimum requis pour avoir une dilution acceptable a été fixé à 35 m³/s, ce débit doit être fourni par la rivière pour un étiage de récurrence 1/100 ans qui se traduit par un niveau du lac des Deux Montagnes de 21,24 m. En ce qui concerne les périodes d'eau froide, le débit minimum requis est alors estimé à 72 m³/s et le niveau d'étiage centennal est 21,27 m. Selon les mêmes contraintes que le scénario A, on établit les scénarios B et C. Le scénario C présente deux variantes.

Finalement afin de compléter l'éventail des solutions, on considère un rejet encore plus important. Les nouveaux débits deviennent alors 50 m³/s et 90 m³/s pour les étiages estivaux et hivernaux respectivement dont les niveaux sont du lac correspondant sont identiques à ceux précédemment cités (21,24 m et 21,27 m). On suit le même ordre de priorité pour les scénarios D et E.

⁽²⁾ : Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Service de l'Aménagement et de l'Exploitation de la Faune ; Les Frayères du Rapide du Grand Moulin, Rivière des Mille-Îles, par Gérald Massé et al., janvier 1981.

3.0 RETOUR SUR LES CONDITIONS ACTUELLES

Le but de cette section est de rappeler les résultats pertinents de l'étude en conditions actuelles et d'y apporter quelques compléments. Les détails de cette étude figurent dans un rapport émis par le Groupe-Conseil LaSalle en juillet 2003⁽³⁾.

3.1 Niveau d'étiage

Tout au long de ce rapport lorsqu'on se réfère au niveau d'étiage centennal d'été (eau chaude) pour le lac des Deux Montagnes, cela signifie que l'on considère le niveau 21,24 m relevé à la station Sainte-Anne de Bellevue. La figure 3 représente les zones ennoyées pour le niveau 21,24 m et le débit 15 m³/s en conditions actuelles. De plus on est amené à considérer le niveau d'étiage centennal d'hiver (eau froide), ce niveau est 21,27 m relevé à la même station. En conditions actuelles, le débit correspondant est 17 m³/s.

3.2 Relation niveau-débit

Une relation générale entre le niveau du lac des Deux Montagnes et le débit entrant dans la rivière des Mille-Îles couvrant toute la gamme des niveaux inférieurs à 22,7 m (au-delà de ce niveau 22,7, le graphe des valeurs observées présente une inflexion liée à la gestion du barrage pendant les crues de printemps) a été établie :

$$Q = 206,128(h_{\text{SteAdeB}} - 21,03)^{1,7659} \quad \text{Équation 1}$$

où h_{SteAdeB} est le niveau du lac des Deux Montagnes à Sainte-Anne de Bellevue et Q le débit entrant dans la rivière des Mille-Îles.

Le niveau d'eau du lac des Deux Montagnes mesuré à l'amont du modèle est corrigé par le calcul à l'aide du logiciel HEC-RAS pour le ramener à celui que l'on mesurerait à Sainte-Anne de Bellevue. Les détails de cette opération figurent dans le rapport d'étape sus-mentionné.

⁽³⁾ : Groupe-Conseil LaSalle, Entrée de la Rivière des Mille-Îles - Étude sur modèle réduit, rapport d'étape R.1515, par Tristan Aubel et Jean Philippe Saucet, juillet 2003.

3.3 Période de fraie

Des mesures de vitesses ont été réalisées pour les conditions moyennes d'écoulement de printemps représentatives de la période de fraie. Pour ces essais on a considéré un niveau du lac de 22,36 m correspondant à un débit de 340 m³/s, moyenne interannuelle sur la période du 1^{er} avril au 30 juin. La figure 4 met en évidence la ligne d'eau matérialisant les zones ennoyées dans ces conditions.

Ces mesures de vitesses ont été effectuées sur 5 sections représentées sur la figure 4. Les figures 5 et 6 illustrent ces mesures.

4.0 SCÉNARIO D'URGENCE

Comme indiqué à la section 2.1, les bas niveaux des réservoirs de l'Outaouais supérieur au début de l'été 2003 ont amené à mettre au point une intervention permettant de faire passer 29 m³/s (sous le niveau 21,24 m à Sainte-Anne de Bellevue), et réalisable rapidement. Le potentiel du bras droit est alors exploré en priorité afin d'utiliser l'excavation qui existe déjà sous le pont (excavation réalisée en 1985 lors de la construction du barrage). À gauche, les principales zones de contrôle se trouvent entre les piles du pont et entre les ouvrages. Excaver cette zone demande un travail plus important et plus long qu'une simple excavation puisqu'il faut consolider les semelles des piles. Le scénario d'urgence combinant des excavations à l'amont des ouvrages le long de la rive droite et dans le bras droit des rapides a été mis au point.

4.1 Excavations

La figure 7 schématise les excavations proposées. Elles ont été mises au point en visant deux objectifs :

- Assurer un débit total dans la rivière des Mille-Îles de 25 à 30 m³/s lorsque le niveau du lac des Deux Montagnes mesuré à Sainte-Anne de Bellevue est 21,24 m, alors qu'il n'est que de 15 m³/s avant intervention.
- Maintenir les superficies ennoyées dans le bras droit à la valeur qu'elles avaient avant intervention pour ce même niveau du lac.

Les seuils naturels de contrôle ont été supprimés. En écrêtant le seuil situé directement à l'aval du barrage (zone B) on a pu exploiter l'excavation qui existait déjà sous le pont ferroviaire. La partie la plus en aval (zone C) est composée de quatre sous-parties : la partie centrée sur l'axe de l'écoulement constitue l'excavation principale (C1) par laquelle la majeure partie du débit supplémentaire passe ; on effectue de part et d'autre des excavations moins profondes (C2 et C3) dont le rôle est de maintenir la superficie de la zone ennoyée égale à celle observée en conditions actuelles lors d'étiages sévères et enfin la partie

située à l'aval (C4) permet de rétablir, par une excavation à une cote inférieure, les rapides qui existaient à cet endroit. Enfin l'excavation amont trouve son importance dans le fait qu'elle élimine le dernier seuil qui limite l'écoulement entre l'amont et l'aval excavé. Ainsi la capacité hydraulique de l'entrée de la rivière des Mille-Îles peut être accrue de manière significative.

4.2 Volume

Trois zones d'excavation sont considérées sur la figure 7 :

- Amont du pont ferroviaire côté rive droite : excavation A
- Aval direct du barrage Grand Moulin : excavation B
- Aval, dans les rapides du bras droit : excavation C, divisée en quatre parties, voir figure 7 : C1 (partie principale), C2 (côté rive droite), C3 (côté rive gauche), C4 (partie aval)

Le tableau 1 donne les caractéristiques des excavations :

Tableau 1 :
Caractéristiques des excavations pour le scénario d'urgence

	Cote	Superficie (m ²)	Épaisseur (m)	Volume (m ³)
A	20,5	5 000	0,15	750
B	20,2	3 800	0,53	2 014
C1	20,0	4 400	0,7	3 080
C2	20,4	1 300	0,5	650
C3	20,4	1 760	0,6	1 056
C4	19,8	1 600	0,6	960
Total		17 860		8 510

Le volume total d'excavation est ainsi de l'ordre de 8 500 m³.

L'excavation amont, bien que la plus faible en termes de volume, est indispensable. Les épaisseurs excavées sont faibles puisqu'elles sont en moyenne inférieures à 1 m.

4.3 Relation niveau-débit

Une relation entre le niveau à Sainte-Anne de Bellevue et le débit entrant dans la rivière des Mille-Îles a été établie pour ce scénario d'urgence, figure 8. Le débit d'étiage 1/100 ans entrant dans la rivière passe de 15 m³/s à 29 m³/s. Ainsi les excavations du scénario d'urgence permettent de doubler le débit d'étiage centennal sans avoir à excaver sous le pont.

La relation est la suivante :

$$Q = 148,829(h_{\text{Ste, A de B}} - 20,8)^{2,0067} \quad \text{Équation 2}$$

où $h_{\text{Ste, A de B}}$ est le niveau du lac des Deux Montagnes à Sainte-Anne de Bellevue et Q le débit entrant dans la rivière des Mille-Îles.

4.4 Lignes d'eau

Du fait des excavations, le contrôle de l'écoulement dans le bras droit est transféré à l'extrême amont de l'excavation C où la discontinuité du terrain agit comme un seuil. Cela a pour effet d'abaisser globalement la ligne d'eau dans le bras droit, voir figure 9 et photos figures 10A et 10B, et ainsi le débit, pour des bas niveaux du lac, est contrôlé par la zone située en amont direct des ouvrages. La cote de l'excavation A (amont) a été définie comme étant égale à la cote du terrain existant à une dizaine de mètres en amont du pont afin que le potentiel du bras droit soit exploité au maximum sans intervenir sous le pont.

La ligne d'eau du côté rive gauche en amont des ouvrages reste inchangée (figure 9), les parties situées sous le pont et entre les ouvrages contrôlant l'écoulement en amont. En aval, dans le bras gauche, la ligne d'eau est quasiment la même, et même légèrement plus basse d'environ 1 cm, ce qui paraît négligeable. En effet, on constate que l'écoulement allant du bras droit au bras gauche dans le chenal qui sépare les deux îles est interrompu pour le niveau d'étiage centennal considéré ce qui réduit l'apport dans le bras gauche. De plus pour des débits à peine plus importants, la connexion entre les deux bras

est rétablie mais le sens est toujours du bras gauche vers le bras droit du fait des excavations.

N.B. : les tableaux de valeurs associés aux figures des lignes d'eau sont regroupés dans l'annexe B de ce rapport.

4.5 Impact

Si l'on se réfère à la figure 2, on constate que le bras droit est le siège de nombreux habitats de poissons. L'intervention doit pouvoir permettre un rétablissement des conditions propices à ces habitats.

4.5.1 Zones ennoyées

Bien que la ligne d'eau dans le bras droit soit plus basse qu'auparavant en conditions d'étiage centennal d'été, les zones ennoyées restent quasiment les mêmes (figure 3). Afin de pouvoir rétablir les conditions propices aux habitats de poissons, les excavations de la zone C ont été effectuées sur une grande largeur du bras (délimitée par la ligne d'inondation observée en conditions actuelles pour ce même niveau du lac) et à des cotes variables. Une grande diversité de combinaisons vitesse-profondeur (voir section 4.5.2) est offerte aux différentes espèces de poissons.

La figure 11 représente les caractéristiques de l'écoulement dans les rapides du Grand Moulin pour des conditions d'étiage centennal après excavation soit un débit de 29 m³/s pour un niveau du lac de 21,24 m. Les superficies ennoyées sont semblables à celles observées pour un même niveau du lac avant excavation.

Les figures 12 et 13 illustrent l'écoulement après excavation en condition moyenne de fraie. Comme indiqué plus haut (section 3.3) le niveau du lac, 22,36 m, correspond à la moyenne interannuelle du niveau du lac du 1^{er} avril au 30 juin, le débit correspondant est 340 m³/s. Les vannes du barrage sont en position de compensation, c'est-à-dire en une position qui permet d'avoir, après excavation, un débit semblable à celui qui transiterait par la rivière en conditions actuelles pour ce même niveau. La comparaison

avec les conditions actuelles (figure 4) permet de dire que la superficie exondée n'augmente pas.

N.B. : Si l'on avait seulement excavé les parties C1 et C4 à 19,8 m on aurait eu le même résultat sur le plan de la capacité hydraulique mais il aurait fallu un niveau du lac de 21,58 m (90 m³/s après excavation) pour commencer à inonder les zones maintenant appelées C2 et C3. Le niveau du lac est inférieur à 21,58 m au moins 10% du temps, ce qui est trop élevé pour rendre cette variante acceptable d'un point de vue environnemental.

4.5.2 Vitesses

Des mesures de vitesses ont été effectuées pour les conditions citées ci-dessus. Le bras gauche garde les mêmes caractéristiques qu'en conditions actuelles. Les points où la vitesse a été mesurée sont localisés sur les figures 11 et 12 selon les conditions considérées.

Tableau 2 :
Vitesses en quelques points du bras droit, scénario d'urgence

Condition	Étiage 1/100ans	Période de fraie
Débit total	29 m ³ /s	340, m ³ /s
Intervalle de vitesse (m/s)	0,2-1,2	0,8-2,3
Intervalle de profondeur (m)	0,2-0,85	0,5-1,8

En comparant ces résultats aux vitesses mesurées en conditions actuelles (figure 5), on constate que l'ordre de grandeur des vitesses dans le bras droit est conservé.

4.6 Compensation

Afin de retrouver, en temps normal hors étiage, la relation niveau-débit actuelle entre le niveau du lac des Deux Montagnes et le débit entrant dans la rivière des Mille-Îles, on relève les vannes volets du barrage du Grand Moulin. Une seule configuration permet de couvrir une large gamme de conditions. La relation niveau-débit illustrée sur la figure 8 est la suivante :

$$Q = 194,435(h_{\text{Ste.AdeB}} - 21)^{1,6507} \quad \text{Équation 3}$$

Bien que tous les pertuis soient partiellement fermés, ceux fermés à 20% sont le siège d'un écoulement noyé, ce qui permet la libre circulation des poissons de part et d'autre du barrage pour des niveaux du lac supérieurs à 21,5 m. Sous ce niveau, l'ouverture des vannes est requise afin d'utiliser la pleine capacité offerte par les excavations.

**Tableau 3 : Compensation
pour le scénario d'urgence**

Pertuis	Fermeture %
1	20
2	50
3	20
4	50
5	20
6	50
7	20
8	20
9	20
10	20

Exemple : Quand une vanne est fermée à 20% cela signifie que la cote de la crête de la vanne est 20,88 m soit 0,45 m au-dessus du seuil, 100% correspond à 22,66 m soit 2,23 m au-dessus du seuil.

5.0 SCÉNARIO A

Le débit de 25 m³/s correspond à l'un des objectifs initiaux de l'étude répondant aux besoins actuels pendant la période estivale. On désire donc augmenter la capacité hydraulique de l'entrée de la rivière des Mille-Îles jusqu'à ce qu'un débit de 25 m³/s y transite lorsque le lac des Deux Montagnes est au niveau d'étiage centennal d'été soit 21,24 m. Les excavations menant au scénario A ont été effectuées en suivant les critères de priorité suivants :

1. Il s'agit de prioriser les excavations à l'amont du pont ferroviaire. Cette partie est encore quasiment dans le lac et l'écoulement y est calme (faibles vitesses, ensemble des fonds ennoyés, pas de frayère connue...)
2. Ensuite on excave sous le pont ferroviaire, on préférera excaver profondément sous un nombre limité de travées que un peu sous toutes pour des questions de réalisation (batardage, consolidation des piles)
3. À l'aval, on commence par explorer le potentiel offert par le bras gauche car il présente une plus faible densité de frayère et d'habitat que le bras droit.
4. Finalement en dernier recours on excavera dans le bras droit.

Seules les deux premières étapes sont nécessaires pour atteindre l'objectif fixé.

5.1 Excavations

Les excavations illustrées par la figure 14 se situent à l'amont du pont ferroviaire (zone A) et sous une travée de ce pont jusqu'à 10 m du seuil du barrage (zone B). La zone A relie entre elles des zones plus profondes, cela permet de minimiser les volumes à excaver. Lors d'essais préliminaires (figure 15), nous avons vu que pour augmenter le débit d'étiage centennal de 15 m³/s à 30 m³/s en excavant seulement à l'amont du pont, il était nécessaire d'excaver sur de très grandes surfaces. C'est pourquoi nous avons préféré limiter les excavations amont et ouvrir sous une seule travée du pont jusqu'à 10 mètres du bar-

rage. Ainsi nous obtenons un débit de 26 m³/s pour l'étiage centennal d'été 21,24 m. Aucune excavation n'est requise à l'aval.

5.2 Volume

Le volume excavé pour ce scénario est de l'ordre de 6 600 m³ et est réparti comme l'indique le tableau 4 en référence à la figure 14 :

Tableau 4 :
Caractéristiques des excavations pour le scénario A

Zone	Cote (m)	Superficie (m ²)	Épaisseur (m)	Volume (m ³)
A	20,25	10,200	0,6	6 120
B	20,25	720	0,6	432
Total		10 920		6 550

Les épaisseurs excavées sont faibles puisqu'elles sont en moyenne de l'ordre de 0,60 m et toujours inférieures à 1 m.

5.3 Relation niveau-débit

La relation niveau-débit caractérisant ce scénario a été établie pour des niveaux inférieurs à 22,0 m. La figure 16 rend compte de cette relation ainsi que l'équation suivante :

$$Q = 171,263(h_{\text{SteAdeB}} - 20,87)^{1,9466} \quad \text{Équation 4}$$

où Q est le débit dans la rivière et h_{SteAdeB} est le niveau à Sainte-Anne de Bellevue.

5.4 Lignes d'eau

On compare les lignes d'eau en amont et en aval du barrage pour le niveau du lac 21,24 m (figure 17). La ligne d'eau dans le bras droit est identique à celle relevée lors de l'étude des conditions actuelles, l'écoulement y est le même. Le surplus de débit passe

donc entièrement par le bras gauche et comme il n'y a pas eu d'intervention en aval des ouvrages la ligne d'eau est plus élevée dans ce bras, environ 10 cm à la tête des rapides. L'intervention n'a donc pas d'effet sur les conditions hydrauliques qui semblent toujours être favorables aux habitats et frayères.

6.0 SCÉNARIO B

Comme mentionné plus haut (section 2.2), dans une optique de rejet d'eaux usées plus important, la rivière doit fournir au moins 35 m³/s en période d'étiage d'été centennal pour que les problèmes de dilution soient évités. Seules les deux premières étapes énoncées dans les priorités d'intervention (section 5) sont nécessaires pour augmenter la capacité de telle façon que 35 m³/s transitent dans la rivière pour le niveau d'étiage 1/100 ans du Lac des Deux Montagnes en été soit 21,24 m à Sainte-Anne de Bellevue.

6.1 Excavations

La figure 18 localise les zones excavées⁽⁴⁾. Tout comme pour le scénario A, les excavations effectuées en amont du pont (zone A) permettent de relier entre-elles des zones plus profondes à la cote 20,25 m afin de limiter les volumes d'excavation. La zone de contrôle est maintenant principalement localisée sous le pont et entre les ouvrages. On excave finalement entre les piles du pont (sous quatre travées) jusqu'à dix mètres du barrage. La cote est maintenant 20,0 m dans cette zone (zone B). À la suite de ces excavations, le débit transitant dans la rivière des Mille-Îles est 35,1 m³/s pour le niveau 21,24 m à Sainte-Anne de Bellevue. Aucune excavation n'a été effectuée à l'aval du barrage.

6.2 Volumes excavés

Le volume total excavé permettant une telle augmentation de capacité hydraulique est de l'ordre de 9400 m³ répartis comme l'indique le tableau 5 en se référant à la figure 18.

Tableau 5 :
Caractéristiques des excavations pour le scénario B

Zone	Cote (m)	Superficie (m ²)	Épaisseur (m)	Volume (m ³)
A	20,25	12 400	0,6	7 440
B	20,0	2 600	0,75	1950
Total		15 000		9 390

⁽⁴⁾ : L'annexe C illustre des coupes des excavations des scénarios B, C et D.

Les épaisseurs excavées sont faibles puisqu'elles sont de l'ordre de 0,6 m et 0,75 m en moyenne et toujours inférieures à 1 m.

6.3 Relation niveau-débit

La figure 19 présente les relations entre le niveau à Sainte-Anne de Bellevue et le débit dans la rivière des Mille-Îles avant et après intervention. L'équation 5 correspond aux conditions futures :

$$Q = 195,098(h_{\text{SteAdeB}} - 20,88)^{1,6789} \quad \text{Équation 5}$$

où Q est le débit dans la rivière et h_{SteAdeB} est le niveau à Sainte-Anne de Bellevue.

Afin de déterminer les débits correspondant à de très faibles niveaux, une relation a été établie pour les niveaux du lac inférieurs à 21,5 m à Sainte-Anne de Bellevue (figure 20). Il s'agit de l'équation 6 :

$$Q = 116,001(h_{\text{SteAdeB}} - 20,6)^{2,6317} \quad \text{Équation 6}$$

où Q est le débit dans la rivière et h_{SteAdeB} est le niveau à Sainte-Anne de Bellevue.

6.4 Lignes d'eau

Les lignes d'eau sont relevées et comparées à celles mesurées en conditions actuelles pour un niveau d'étiage centennal (21,24 m) du lac des Deux Montagnes. La figure 21 rend compte de cette comparaison et montre que ces lignes d'eau sont identiques en aval des ouvrages dans le bras droit (voir aussi les photos des figures 22A et 22B). Les excavations n'influent pas sur le fonctionnement du bras droit, ce qui est appréciable étant donné la densité d'habitats recensés dans ce bras (figure 2). Dans le bras gauche, en revanche, le niveau augmente entre le barrage et la tête des rapides (augmentation de l'ordre de 0,18 m). Cela s'explique par le fait qu'il n'y pas eu d'intervention dans la partie aval qui continue à se comporter comme en conditions actuelles ; ainsi une augmentation de débit

entraîne une augmentation du niveau. La majeure partie de l'écoulement du côté gauche est maintenant contrôlée par la tête des rapides du bras gauche.

La faible pente de la ligne d'eau du bras gauche indique que l'on ne peut quasiment plus augmenter le débit dans ce bras pour ce niveau du lac sans excaver à l'aval. En effet, des essais complémentaires ont montré qu'excaver sous une travée supplémentaire et jusqu'au seuil du barrage n'a aucune conséquence sur la capacité d'entrée de la rivière.

6.5 Compensation

Lorsqu'on se trouve hors des conditions d'étiage, il peut être utile de compenser l'augmentation de capacité hydraulique en agissant sur les vannes du barrage. La compensation permet de retrouver la relation niveau-débit en conditions actuelles.

La figure 19 rend compte de cette compensation pour laquelle quatre intervalles correspondant à quatre positions différentes des vannes ont été définis (tableau 6). Les pertuis du barrage sont numérotés de 1 à 10 à partir de la rive gauche.

Tableau 6 :
Compensation pour le scénario B

Intervalle	Fermeture de vanne (%)			
	<21,70 m	[21,70 ; 21,97]	[21,97 ; 22,35]	>22,35
Pertuis	Configuration 1	Configuration 2	Configuration 3	Configuration 4
1	0	0	0	0
2	100	100	100	100
3	100	100	100	0
4	34	0	0	0
5	100	100	100	100
6	100	100	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	100	0
10	0	0	0	0

Exemple : Quand une vanne est fermée à 20% cela signifie que la cote de la crête de la vanne est 20,88 m soit 0,45 m au-dessus du seuil, 100% correspond à 22,66 m soit 2,23 m au-dessus du seuil.

Pour les niveaux du lac supérieurs à 22,5 m (crue), le débit dans la rivière de Mille-Îles est habituellement contrôlé par le barrage.

Cependant, en pratique, il apparaît que les changements entre les configurations 1, 2 et 3 devront s'effectuer souvent en période hors crue. Or la manœuvre des vannes est une opération assez lourde, c'est pourquoi on convient de ne retenir que la configuration 2 pour la gestion de compensation. Il en découle alors une légère surcapacité pour les niveaux du lac inférieurs à 21,85 m (soit un débit d'environ 145 m³/s dans la rivière des Mille-Îles en conditions actuelles) et une légère sous-capacité pour les niveaux supérieurs. Lorsque le niveau diminue vers le niveau d'étiage centennal il suffit d'ouvrir les vannes au maximum pour utiliser les excavations à leur pleine capacité.

L'équation 7 et la figure 19 décrivent la relation entre le niveau du lac des Deux Montagnes et le débit dans la rivière des Mille-Îles lorsque les excavations sont compensées par les vannes positionnées en configuration 2.

$$Q = 185,378(h_{\text{SteAdeB}} - 21)^{1,5634} \quad \text{Équation 7}$$

où Q est le débit dans la rivière et h_{SteAdeB} est le niveau à Sainte-Anne de Bellevue.

6.6 Mesures de vitesses

Afin d'apprécier les impacts de cette intervention en période de fraie, des vitesses ont été mesurées sur cinq sections définies sur la figure 4. Comme indiqué plus haut (section 3.3), le débit moyen en période de fraie (du 1^{er} avril au 30 juin) a été estimé à 340 m³/s. La figure 23 illustre ces mesures de vitesses pour les quatre sections aval et la figure 24 rend compte des vitesses mesurées sur une section située à cinquante mètres en amont du pont ferroviaire.

Lorsqu'on compare les vitesses entre la situation actuelle et le scénario B, on peut dire qu'il n'y a pas de variation significative des conditions d'écoulement dans les deux

bras. Les caractéristiques hydrauliques restent donc peu différentes de celles observées en l'état actuel au dessus des habitats.

6.7 Influence des renforts des semelles de piles de pont

Lorsqu'on excave entre les piles du pont ferroviaire, il est ensuite nécessaire de consolider les piles concernées selon le schéma qui a été suivi du côté droit de l'Île Boisée lors de la construction du barrage en 1985 (annexe A). Cette consolidation des piles de pont a été simulée afin d'apprécier l'influence de cette opération sur la relation niveau-débit. Comme le montre la figure 19, il n'y a aucune modification de l'écoulement entre les piles de pont malgré les changements apportés aux semelles des piles. Dans un intervalle de niveau du lac [21,24 m; 21,9 m], les relations niveau-débit sont confondues.

7.0 SCÉNARIO C, VARIANTE 1

En période hivernale, les problèmes de dilution relatifs aux rejets des eaux usées sont accentués du fait de la basse température de l'eau, le débit minimum requis dans la rivière est plus élevé qu'en période estivale. Ce débit minimum est évalué à 72 m³/s lorsque le débit nécessaire en été est de 35m³/s. Comme indiqué à la section 2.2, l'étiage centennal en eau froide (plus forte probabilité d'occurrence en novembre, avant les glaces) correspond à un niveau du lac des Deux Montagnes de 21,27 m. Afin que ce débit de 72 m³/s puisse être disponible en tout temps, un scénario d'excavation a été mis en place.

Les excavations menant au scénario C ont été effectuées en suivant les mêmes critères de priorité que pour le scénario A.

Une étape supplémentaire, l'excavation à l'aval dans le bras gauche, est nécessaire pour augmenter le débit à 72 m³/s pour le niveau d'étiage 1/100 ans du Lac des Deux Montagnes en eau froide soit 21,27 m à Sainte-Anne de Bellevue. On essaie d'éviter tant que possible toute excavation dans le bras droit car la densité d'habitats et de frayères y est élevée.

7.1 Excavations

Comme le montre la figure 25, les excavations nécessaires pour atteindre 72 m³/s pour un niveau 21,27 m (étiage centennal en eau froide) sont les zones A et B du scénario B complétées par les zones C et D. La zone C étend les excavations effectuées entre le pont ferroviaire et le barrage du Grand Moulin jusqu'aux seuils du barrage. Afin que les seuils du barrage reprennent une grande partie du contrôle de l'amont, il est nécessaire d'excaver à l'aval du barrage. Le choix de la zone d'excavation D est conditionné par la répartition, établie par G. Massé⁽⁵⁾ en 1981, des frayères et autres habitats de poissons nombreux sur le site des rapides du Moulin. Le long de la berge de l'Île Turcotte, dans le bras gauche, il n'y a pas d'habitat recensé (figure 2), et ainsi cet emplacement constitue a

⁽⁵⁾ : Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Service de l'Aménagement et de l'Exploitation de la Faune ; Les Frayères du Rapide du Grand Moulin, Rivière des Mille-Îles, par Gérald Massé et al., janvier 1981.

priori le meilleur choix pour l'intervention. On verra au chapitre 8 comment cette variante a été modifiée au vu d'inventaires plus récents.

7.2 Volumes excavés

Le volume total excavé permettant une telle augmentation de capacité hydraulique est de l'ordre de 15 000 m³ et est réparti comme l'indique le tableau 7 en se référant à la figure 25.

Tableau 7 :
Caractéristiques des excavations pour le scénario C

Zone	Cote (m)	Superficie (m ²)	Épaisseur (m)	Volume (m ³)
A	20,25	12 400	0,6	7 440
B	20,0	2 600	0,75	1950
C	20,0	850	0,45	383
D	19,15	4 900	1,05	5,145
Total		20 750		14,918

L'excavation C, bien que faible, est indispensable car elle permet l'abaissement du seuil de contrôle de l'amont au niveau des seuils du barrage.

7.3 Relation niveau-débit

La figure 26 présente la relation entre le niveau à Sainte-Anne de Bellevue et le débit dans la rivière des Mille-Îles après intervention (équation 8).

$$Q = 20,809(h_{SteAdeB} - 19,8)^{3,218} \quad \text{Équation 8}$$

où Q est le débit dans la rivière et $h_{SteAdeB}$ est le niveau à Sainte-Anne de Bellevue.

Afin de déterminer plus précisément les débits correspondant à de très faibles niveaux, une relation a été établie pour les niveaux du lac inférieurs à 21,5 m à Sainte-Anne de Bellevue. Il s'agit de l'équation 9 (voir figure 27) :

$$Q = 101,4737(h_{\text{SteAdeB}} - 20,43)^{1,9829} \quad \text{Équation 9}$$

où Q est le débit dans la rivière et h_{SteAdeB} est le niveau à Sainte-Anne de Bellevue.

7.4 Lignes d'eau

Pour un niveau du lac 21,27 m (étiage centennal en eau froide), la figure 28 met en évidence le faible impact de l'intervention dans les parties présentant une forte densité d'habitats de poissons (figure 2) à l'aval des ouvrages. Le débit total entrant après intervention a plus que quadruplé pour un même niveau du lac. La pente de la ligne d'eau est plus raide en amont des ouvrages et ainsi le niveau juste en amont du pont est plus bas qu'en conditions actuelles (environ 3 cm). La ligne d'eau dans le bras droit s'en retrouve abaissée d'autant sans que toutefois il n'y ait d'augmentation significative de la superficie exondée (photos figures 29A et 29B). Pour le bras gauche, le fait d'ouvrir un canal le long de la berge de l'Île Turcotte permet d'augmenter la capacité hydraulique du bras. La plupart du surplus de débit passe par ce canal et le reste du surplus contribue à élever le niveau à l'aval du barrage et à la tête des rapides d'environ 7cm par rapport aux conditions actuelles. Cette différence ne change pas fondamentalement le fonctionnement du bras du côté de la rive gauche au-dessus des frayères. Les habitats recensés le long de la rive gauche de ce bras ne sont donc pas affectés par l'intervention, du point de vue hydraulique.

7.5 Compensation

Pour cette solution, on explore également la gestion de compensation pour les situations hors étiage. Tout comme précédemment, on recherche les positions de vannes qui permettent de retrouver la relation niveau-débit des conditions actuelles. Quatre configurations permettent de remplir cette condition sur quatre intervalles couvrant toute la gamme des niveaux inférieurs à 22,5 m à Sainte-Anne de Bellevue. La figure 26 illustre ces intervalles et le tableau 8 regroupe ces configurations.

Tableau 8 : Compensation pour le scénario C

Intervalle	Fermeture de vanne (%)			
	<21,76 m	[21.76 ; 21.98]	[21.98 ; 22.34]	>22.34
Pertuis	Configuration 1	Configuration 2	Configuration 3	Configuration 4
1	20	0	0	0
2	100	100	100	100
3	100	100	100	0
4	34	20	0	0
5	100	100	100	100
6	100	100	100	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0

Exemple : Quand une vanne est fermée à 20% cela signifie que la cote de la crête de la vanne est 20,88 m soit 0,45 m au-dessus du seuil, 100% correspond à 22,66 m soit 2,23 m au-dessus du seuil.

L'augmentation de débit est telle, de l'ordre de 60 m³/s pour les faibles niveaux du lac, que lorsqu'on veut passer de la position compensée (configuration 1) à la pleine capacité, il peut être judicieux d'ouvrir progressivement les vannes. Le graphe de la figure 26 rend compte des variations niveau-débit lors de l'ouverture des vannes suivant le schéma du tableau 9.

Tableau 9 :
Position des vannes pour passer progressivement de la condition compensée à la condition de pleine capacité, Scénario C

Pertuis	Configuration 1	Configuration 1-1	Configuration 1-2	Configuration 1-3	Configuration 1-4	Configuration 1-5
1	20	0	0	0	0	0
2	100	100	100	100	100	100
3	100	100	100	100	100	0
4	34	34	0	0	0	0
5	100	100	100	100	0	0
6	100	100	100	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0

Cependant, en pratique, il apparaît que les changements entre les configurations 1, 2 et 3 devront s'effectuer souvent en période hors crue. C'est pourquoi seule la configuration 2 est retenue pour gérer la compensation. Lorsque le niveau diminue vers le niveau d'étiage centennal, il suffit d'ouvrir les vannes au maximum et ainsi les excavations sont utilisées à pleine capacité.

L'équation 10, est la relation niveau-débit associée au cas où les vannes sont dans la position de la configuration 2 :

$$Q = 135,775(h_{\text{SteAdeB}} - 20,8)^{1,785} \quad \text{Équation 10}$$

où Q est le débit dans la rivière et h_{SteAdeB} est le niveau à Sainte-Anne de Bellevue.

7.6 Influence des renforts de semelles de piles de pont

Tout comme pour le scénario B, les renforts des piles de pont n'ont qu'un effet négligeable sur la courbe niveau-débit établie précédemment (figure 26).

8.0 SCÉNARIO C, VARIANTE 2

Le scénario C requiert une excavation dans le bras gauche le long de l'île Turcotte. Les excavations dans les rapides sont délicates car de nombreux habitats et frayères y ont été recensés. Des inventaires récents ont montré que le sillon excavé dans le cas de la variante 1 (figure 25) constituait aujourd'hui une zone de fraie très utilisée. Au vu de ces résultats, il a été convenu d'étudier une seconde variante du scénario C pour laquelle l'excavation aval serait plus centrée dans le bras gauche afin de ne dégrader aucun site d'habitat potentiel.

8.1 Excavations

Les excavations amont sont exactement les mêmes que celle de la variante 1. L'excavation aval a les mêmes dimensions que celles de la première variante : même cote, même surface, seule l'épaisseur moyenne excavée varie puisque la cote du terrain initial est plus élevée. La figure 30 illustre ces excavations.

8.2 Volumes excavés

Le volume total excavé permettant une telle augmentation de capacité hydraulique est de l'ordre de 15 500 m³ répartis comme l'indique le tableau 10 en se référant à la figure 30.

Tableau 10 : Volumes excavés pour le scénario C- Variante 2

Zone	Cote (m)	Superficie (m ²)	Épaisseur (m)	Volume (m ³)
A	20,25	12 400	0,6	7 440
B	20,0	2 600	0,75	1950
C	20,0	850	0,45	383
D	19,15	4 800	1,2	5 760
Total		20 650		15 533

L'excavation C, bien que faible, est indispensable car elle permet l'abaissement du seuil de contrôle de l'amont au niveau des seuils du barrage.

8.3 Relation niveau-débit

La relation entre le niveau à Sainte-Anne de Bellevue et le débit dans la rivière des Mille-Îles, pour cette variante 2 du scénario C, est confondue avec la relation niveau-débit de la variante 1 et suit l'équation 8 :

$$Q = 20,809(h_{\text{SteAdeB}} - 19,8)^{3,218} \quad \text{Équation 8}$$

où Q est le débit dans la rivière et h_{SteAdeB} est le niveau à Sainte-Anne de Bellevue.

8.4 Lignes d'eau

La comparaison des lignes d'eau dans le bras gauche (figure 28) montre que l'excavation de la variante 2 offre une plus grande capacité que celle de la variante 1. En effet, cette excavation permet d'écarter un seuil en moyenne 10 cm plus haut que celui excavé dans la variante 1. Maintenant tout le surplus de débit passe par le sillon. De plus, on constate une baisse du niveau de 1 cm à la tête des rapides de ce bras par rapport aux conditions actuelles. Cependant, on n'observe pas de variation significative des zones exondées (figures 31A et 31B).

Dans le bras droit, on peut dire que la ligne d'eau de la nouvelle variante correspond au centimètre près à la ligne d'eau observée sur la variante initiale. Ainsi les mêmes commentaires s'appliquent à ce cas, c'est-à-dire que les perturbations de l'écoulement au dessus des habitats et des frayères ne sont pas significatives.

8.5 Compensation

On observe aussi que les scénarios de gestion de compensation définis dans la variante 1 s'appliquent à cette nouvelle variante et donnent les mêmes relations niveau-débit que celles observées et décrites sur la figure 26. Ainsi, les configurations du tableau 10 sont encore valables pour cette variante et en particulier la configuration 2. L'équation

10 est la relation niveau-débit associée au cas où les vannes sont dans la position de la configuration 2 :

$$Q = 135,775 \left(h_{\text{SteAdeB}} - 20,8 \right)^{1,785} \quad \text{Équation 10}$$

où Q est le débit dans la rivière et h_{SteAdeB} est le niveau à Sainte-Anne de Bellevue.

Tout le comportement décrit dans la variante 1 lors du passage de la position compensée à la pleine capacité est donc le même pour la variante 2

8.6 Mesures de vitesses

Comme pour le scénario B (section 6.6), on a mesuré les vitesses sur les sections définies à la section 3.3 pour les conditions moyennes de fraie, soit un niveau du lac de 22,36 m pour un débit de 340 m³/s. Le scénario de compensation 2 conduit à un débit bien inférieur à cette valeur, et on utilise plutôt la configuration 4 bien qu'on avait convenu que seule la configuration 2 serait utilisée en pratique.

C'est dans ces conditions que nous avons mesuré les vitesses pour cette variante. Les résultats sont illustrés par les figures 23 et 24.

Au vu des vitesses mesurées dans le bras gauche, où l'excavation a été faite, on constate une uniformisation du profil des vitesses en aval (section de mesure 2) sur la frayère située le long de la rive gauche. Sur cette zone, les vitesses varient entre 2,45 m/s et 2,7 m/s alors qu'auparavant, en conditions actuelles, elles variaient de 1,3 m/s à 3,6 m/s. On maintient ainsi partout sur la frayère des vitesses supérieures à 2,5 m/s, ce qui semble satisfaisant.

En ce qui concerne le bras droit, les vitesses ont diminué de moins de 10% au voisinage des berges et jusqu'à 17% au centre du bras. Ainsi les conditions hydrauliques au-dessus des frayères semblent également rester favorables dans le bras droit.

8.7 Étiages d'été

En période d'étiage estival, la capacité d'entrée de la rivière des Mille-Îles avec le scénario C, variante 2 est largement supérieure au minimum requis. En effet, seulement 35 m³/s doivent transiter dans la rivière pour subvenir aux besoins en eau en période estivale. Ainsi, afin de limiter l'impact sur le lac des Deux Montagnes, on définit une configuration pour les vannes du barrage permettant de limiter le débit entrant dans la rivière à 35 m³/s pour un niveau du lac de 21,24 m. Cette « demi-compensation » est utilisable pour des niveaux du lac inférieurs à 21,5 m (figure 32). Les pertuis 1, 2, 6 et 7 sont fermés à 100%, le pertuis 3 est fermé à 20%, le pertuis 5 à 10% et le 4 est complètement ouvert (pertuis numérotés de 1 à 7 à partir de la rive gauche).

Le sillon excavé dans le bras gauche canalise toutefois l'écoulement et le reste du bras est largement exondé lorsque cette compensation est adoptée pour limiter le débit total à 35 m³/s (figure 33 et photos de la figures 34). Les conditions dans le bras droit restent quant à elles très voisines de celles que l'on connaîtrait en conditions actuelles pour un niveau 21,24 m du lac des Deux Montagnes.

Note : Un essai sommaire a été réalisé en obstruant le sillon par un obstacle ponctuel d'une hauteur de 1 m, de la largeur du sillon et situé à une distance de 200 m en aval du barrage (dans l'axe du sillon) pour le niveau 21,24 m le débit 35 m³/s et les vannes en position de «demi compensation ». Les zones précédemment exondées ne le sont plus et une fine lame d'eau (de 10 cm à 30 cm d'épaisseur) s'écoule, la ligne d'eau dans le bras gauche peut donc être remontée par cette méthode. Cependant il est important de noter qu'il s'agit d'un obstacle temporaire dont la mise en place, le démontage peuvent s'avérer difficile en pratique et, tout comme l'obstacle lui-même, coûteux. La figure 34B illustre ce cas. Les conditions dans le bras droit sont les mêmes que sans obstacle.

9.0 SCÉNARIO D

On considère ici des rejets d'ampleur encore plus importante et cela requiert un débit plus important que précédemment en période estivale pour pallier aux problèmes de dilution. Ainsi, le débit minimum devant transiter par la rivière pour répondre à ces besoins a été fixé à 50 m³/s en conditions estivales. En période d'étiage centennal d'été, soit un niveau du lac des Deux Montagnes de 21,24 m, la rivière doit être capable de fournir un tel débit. Pour ce faire, un scénario d'excavation a été mis en place en suivant l'ordre de priorité énoncé précédemment à la section 5.

À l'instar du scénario C, seules les trois premières étapes ont été nécessaires pour atteindre ce but.

9.1 Excavations

La figure 35 illustre les excavations mises au point pour faire passer 56,5 m³/s en condition d'étiage centennal d'été. Les excavations nécessaires pour accroître la capacité de l'entrée de la rivière sont, à l'amont, les mêmes que pour le scénario B (zones A et B) et à l'aval, on excave, selon le schéma du scénario C, mais à une profondeur moindre (zone C). Les essais préliminaires dont les résultats sont présentés à la figure 15 ont montré qu'il était possible d'atteindre 50 m³/s et plus en n'excavant qu'à l'amont du barrage mais les volumes d'excavation sont alors considérables. On préfère excaver moins à l'amont et compléter par le sillon C à l'aval. On peut alors atteindre l'objectif de débit sans excaver à proximité immédiate du barrage et le secteur B s'arrête à une dizaine de mètres du parement amont.

9.2 Volume

Le volume excavé pour ce scénario est de 12 300 m³ et est réparti comme l'indique le tableau 11 en référence à la figure 35 :

Tableau 11 : Caractéristiques des excavations pour le scénario D

Zone	Cote	Superficie (m ²)	Epaisseur (m)	Volume (m ³)
A	20,25	12 400	0,6	7 440
B	20,0	2 600	0,75	1950
C	19,6	4 900	0,6	2 940
Total		19 900		12 330

9.3 Relation niveau-débit

La relation niveau-débit caractérisant ce scénario a été établie pour des niveaux inférieurs à 22,0 m. La figure 36 rend compte de cette relation ainsi que l'équation suivante :

$$Q = 186,774(h_{\text{SteAnneB}} - 20,80)^{1,5134} \quad \text{Équation 11}$$

où Q est le débit dans la rivière et h_{SteAnneB} est le niveau à Sainte-Anne de Bellevue.

Ce scénario d'excavation augmente la capacité à 56,5 m³/s pour le niveau 21,24 m à Sainte-Anne de Bellevue.

9.4 Lignes d'eau

On compare les lignes d'eau obtenues pour un niveau du lac de 21,24 m (figure 37). On peut faire les mêmes observations que pour le scénario C : une légère baisse de niveau dans le bras droit de 3 cm maximum qui n'influe pas de manière significative sur la superficie exondée. Pour le bras gauche, le schéma de l'écoulement est le même que pour le scénario C, c'est-à-dire que la majorité du surplus de débit passe par l'excavation et le reste du surplus contribue à l'élévation du niveau de 8 cm. Les zones sensibles ne semblent donc pas être affectées par l'intervention.

9.5 Estimation d'une autre variante pour le scénario D

Le scénario d'urgence et le scénario B peuvent être réalisés simultanément afin de répondre à l'objectif du scénario D, sans excavations, dans le bras gauche. En effet, on remarque que le scénario d'urgence a pour conséquence une augmentation de débit de 15 m³/s dans le bras droit et que le scénario B permet une augmentation de débit de 20 m³/s dans le bras gauche. De plus, dans chacun de ces cas l'écoulement dans l'autre bras n'est pas modifié. Ainsi, on peut dire, que la combinaison de ces deux scénarios donne une augmentation totale de débit de 35 m³/s pour le niveau 21,24 m du lac des Deux Montagnes. On atteint alors l'objectif de 50 m³/s pour un étiage centennal d'été sans intervention dans le bras gauche (figure 38). Cependant, les volumes d'excavations sont de l'ordre de 18 500 m³ soit 6 000 m³ de plus que la variante comprenant une excavation dans le bras gauche. De plus, il faut intervenir le long des deux rive de la rivière ce qui alourdit considérablement la réalisation donc le coût.

10.0 SCÉNARIO E

On considère maintenant l'étiage centennal en condition hivernale, soit un niveau du lac de 21,27 m. Avec la même importance des rejets que précédemment un débit minimum de 90 m³/s est requis dans la rivière. Ce débit doit pouvoir transiter dans la rivière lorsque le lac est au niveau 21,27 m à Sainte-Anne de Bellevue. Ainsi le scénario E est mis au point pour que cette condition soit remplie.

Ce scénario a été établi en suivant les critères de priorités énoncés précédemment à la section 5 et seules les trois premières étapes ont été nécessaires.

10.1 Excavations

La figure 39 rend compte de l'intervention requise pour augmenter le débit d'entrée de la rivière à 90 m³/s pour un niveau du lac de 21,27 m. On élargit la partie gauche de la zone A du scénario C en amont des ouvrages et on excave sous deux autres travées du pont. À l'aval, on élargit le canal le long de la berge de l'île Turcotte.

10.2 Volume

Le volume excavé pour ce scénario est de 22 000 m³ et est réparti comme l'indique le tableau 12 en référence à la figure 39 :

Tableau 12 :
Caractéristiques des excavations pour le scénario E

Zone	Cote (m)	Épaisseur (m)	Superficie (m ²)	Volume (m ³)
A	20,25	0,6	16 700	10 020
B	20,0	0,75	3 700	2 775
C	20,0	0,45	1 200	540
D	19,15	1,1	7 800	8 580
Total			29 400	21 915

10.3 Relation niveau-débit

La relation niveau-débit caractérisant ce scénario a été établie pour des niveaux inférieurs à 22,0 m. La figure 40 rend compte de cette relation ainsi que l'équation suivante :

$$Q = 0,0523(h_{\text{SteAdeB}} - 18)^{6,287} \quad \text{Équation 12}$$

où Q est le débit dans la rivière et h_{SteAdeB} est le niveau à Sainte-Anne de Bellevue.

10.4 Lignes d'eau

L'étude des lignes d'eau, mesurées pour un niveau d'étiage centennal en hiver (niveau 21,27 m) illustrées sur la figure 41, permet de dire que l'écoulement au-dessus des habitats du bras gauche s'écarte peu de celui observé en conditions actuelles. Dans le bras droit, on observe une baisse de niveau de 3 à 4 cm maximum qui n'a pas d'effet significatif sur les superficies exondées. Le canal excavé le long de la berge de l'Île Turcotte est le lieu de passage du surplus de débit dans le bras gauche.

11.0 CHAMP DES VITESSES

11.1 Conditions et acquisition

Afin de compléter la caractérisation de l'écoulement à l'entrée de la rivière des Mille-Îles (zone du barrage du Grand Moulin), nous avons procédé à un relevé du champ des vitesses. Ce relevé a été effectué dans les conditions actuelles (aucune intervention) pour un niveau du lac des Deux Montagnes de 21,95 m à Sainte-Anne de Bellevue et un débit dans la rivière de 180 m³/s. Cela correspond au débit moyen des mois d'octobre, novembre et décembre, période pendant laquelle les travaux seraient envisagés. Ces données de vitesses serviront à l'étalonnage d'un modèle numérique destiné à une éventuelle étude ultérieure du transport des sédiments mis en suspension pendant les travaux.

Un relevé détaillé du champ des vitesses a donc été effectué à l'aide du système d'acquisition vidéo LaSalle-CORECO (logiciels Oculus pour l'acquisition et CVI pour le traitement). Toutes les excavations proposées sont couvertes par le champ d'acquisition. Les traceurs utilisés pour établir les vecteurs-vitesses (direction, sens, intensité) sont des flotteurs en polystyrène stabilisé par un croisillon de plexiglas donnant un tirant d'eau de 0,3 m (nature). Le champ des vitesses illustré par la figure 42 est donc représentatif d'une couche d'environ 0,3 m sous la surface. Les zones hachurées sur la figure 42 correspondent à des secteurs où les vitesses sont trop élevées et les profondeurs trop faibles pour qu'il soit possible de mesurer les courants par suivi de flotteurs.

11.2 Résultats

L'écoulement à l'entrée de la rivière ne présente aucune singularité majeure (figure 42). On note une accélération importante à environ 150 m en amont du pont ferroviaire : approche du seuil de déversement du lac dans la rivière. En sortie de barrage, on repère quelques zones de recirculation notamment rive gauche du bras gauche et rive gauche du bras droit (dans les 100 m en aval du barrage).

Sous 180 m³/s le chenal séparant les îles Boisée et Turcotte est le siège d'un écoulement très lent du bras gauche vers le bras droit. La direction de ce courant est inverse, du bras droit vers le bras gauche pour les faibles débits, l'inversion se produisant vers 160 m³/s. Cela est confirmé par des observations sur le site.

Au pied des rapides, l'écoulement est caractérisé par des vitesses très élevées, en particulier à la sortie du bras gauche. Ces vitesses de plusieurs mètres par seconde sont corroborées par les mesures aux micro-moulinets sous 340 m³/s présentées à la figure 5. Le débit 180 m³/s correspond à une situation présentant les plus grandes vitesses dans la mesure où le niveau aval s'élève lorsque le débit augmente encore, ce qui limite l'augmentation de la vitesse.

L'écoulement au pied des rapides du bras gauche vient frapper à grande vitesse la berge qui lui fait face. La grande majorité de ce courant prend deux directions, l'une le long de la berge de la rive droite vers l'aval et l'autre est un important courant de retour confiné à droite de l'axe du bras gauche. Un autre courant de retour est généré sur la gauche de l'axe du bras gauche mais il est beaucoup plus faible que celui précédemment cité.

L'écoulement provenant du bras droit est confiné le long de la berge de la rive droite sur une trentaine de mètres de large. Un courant de retour, généré par cet écoulement, occupe le reste de la largeur de la partie aval du bras droit. La recirculation observée en sortie du bras gauche impose la direction de l'écoulement venant du bras droit. Cela s'explique par le fait que la vitesse et le débit de sortie du bras gauche sont bien plus importants. Ainsi, l'écoulement en sortie de bras droit participe aussi à deux courants de retour. Une zone de stagnation est observée à la pointe aval de l'Île Turcotte.

À l'aval de la confluence des deux bras, l'écoulement se fait dans une fosse très profonde, ce qui explique la forte diminution des vitesses. Néanmoins, on constate qu'à ce débit, l'écoulement se concentre le long de la berge de la rive droite. L'autre partie du bief est le siège de larges courants de retour à faibles vitesses.

12.0 ÉVALUATION DES MÉTHODES ET DES COÛTS DE RÉALISATION

L'évaluation des méthodes et des coûts relatifs à la réalisation des scénarios B et C, variante 1, fait l'objet d'un mandat que le Groupe-Conseil LaSalle a confié à la firme Tecsuit. Les détails de cette étude de faisabilité, réalisée conjointement par Tecsuit et l'entrepreneur Excotech, figurent dans un rapport mis en annexe de ce rapport (annexe A).

12.1 Scénario B

Le débit réservé obligatoire dans la rivière ne peut être atteint si plus de quatre des vannes du barrage sont fermées en même temps. Ainsi deux phases de travaux sont requises pour réaliser les excavations du scénario B. Des batardeaux temporaires à l'amont direct des piles du pont sont requis pour chacune des phases. La plupart des excavations sont effectuées en eau. De plus, il n'est pas nécessaire d'utiliser des explosifs pour excaver étant donné la nature des fonds.

Le coût total de cette intervention, dont chaque étape est définie et chiffrée dans l'annexe A, s'élève à 1 491 130\$.

12.2 Scénario C, variante 1

Pour les excavations amont, on utilise le scénario décrit précédemment. L'excavation aval est réalisée en eau.

Le coût total de l'intervention pour le scénario C, variante 1, s'élève à 1 772 838\$, chaque étape est détaillée et chiffrée dans l'annexe A.

13.0 CONCLUSION

Le Centre d'expertise hydrique du Québec (Ministère de l'Environnement) a mis au point une solution à caractère permanent aux problèmes d'étiage dans la rivière des Mille-Îles. L'intervention consiste à effectuer des excavations pour écrêter les seuils naturels qui contrôlent l'écoulement des eaux du lac des Deux Montagnes dans la rivière des Mille-Îles. Le site des rapides du Grand Moulin est alors choisi pour cette intervention. En effet, ce site est l'entrée même de la rivière des Mille-Îles et est doté du barrage du Grand Moulin. Ce barrage, destiné à contrôler les crues, pourra alors être utilisé pour compenser les effets des excavations en période hors étiage.

Le Groupe-Conseil LaSalle a été mandaté pour mettre au point, sur modèle réduit distordu (échelle horizontale 1/60, échelle verticale 1/15), un éventail de scénarios d'excavations répondant non seulement aux contraintes liées à la qualité de l'eau lors du rejet des eaux usées mais aussi aux contraintes environnementales inhérentes au site (habitats et frayères).

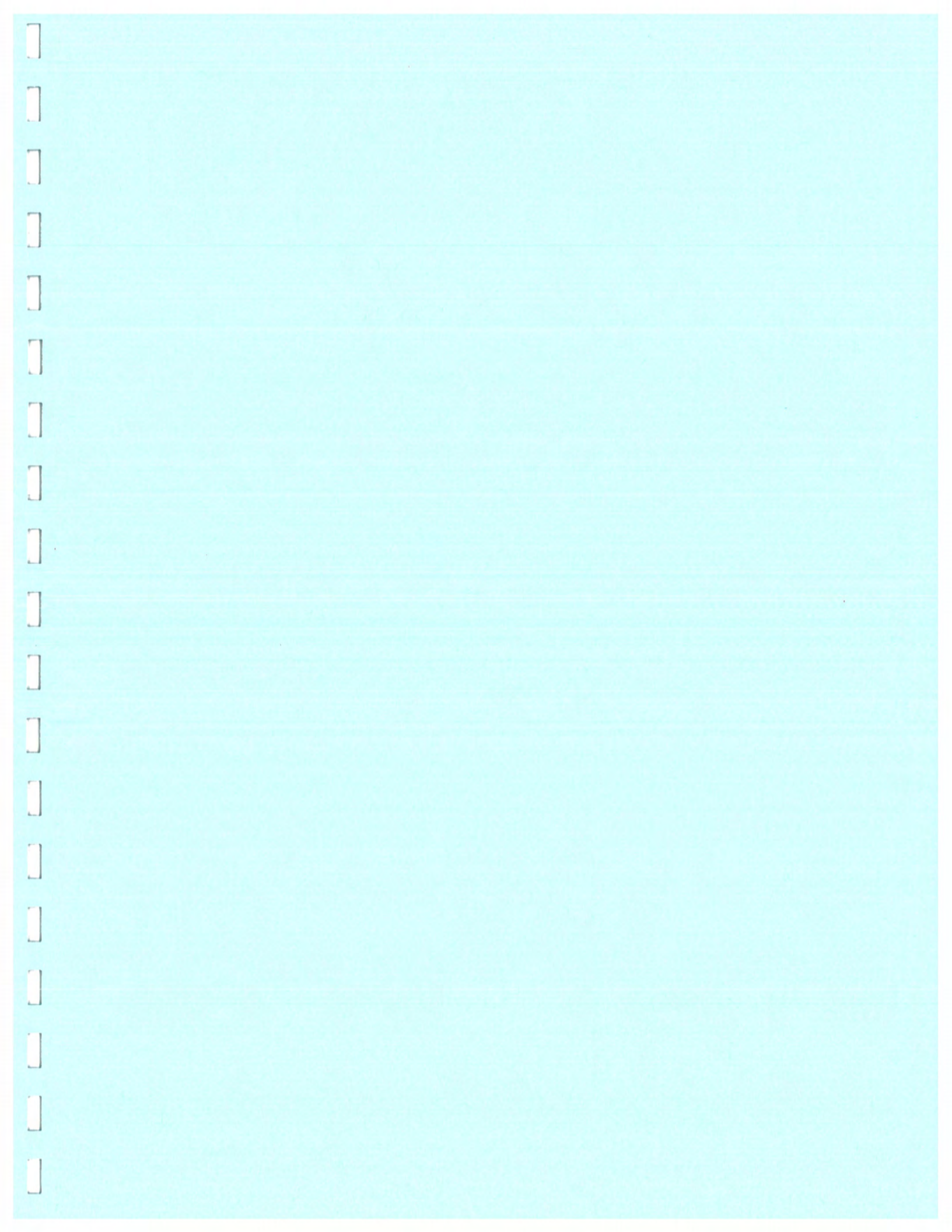
L'étude de six scénarios a donc été réalisée pour faire face aux étiages de récurrence 100 ans soit un niveau du lac de 21,24 m en été et 21,27 m en hiver :

- Un scénario d'urgence a d'abord été mis au point à la fin du printemps 2003 alors que les bas niveaux des réservoirs du bassin de la rivière des Outaouais présageaient d'un étiage sévère. Seul le bras droit est le siège d'excavations pour ne pas intervenir sous le pont ferroviaire. En faisant passer le débit correspondant au niveau d'étiage centennal d'été du lac de 15 m³/s à 29 m³/s, cette intervention permet de répondre aux besoins actuels. Le volume total excavé est alors de l'ordre de 8 500 m³.
- Le scénario A ne prévoit d'excavations qu'à l'amont du barrage du Grand Moulin et sous une seule travée du pont ferroviaire. Le débit correspondant au niveau d'étiage centennal d'été du lac est dans ce cas 26 m³/s et répond à la demande actuelle. Le volume total excavé est alors de l'ordre de 6 600 m³.

- Le scénario B est mis au point pour subvenir à des besoins d'été de plus grande ampleur permettant le passage d'un débit de 35 m³/s lors d'un étiage centennal d'été. On effectue des excavations d'environ 10 000 m³ seulement à l'amont du barrage du Grand Moulin et sous quatre travées du pont ferroviaire. Une gestion de compensation par les vannes du barrage est définie pour ce scénario.
- Le scénario C présente deux variantes qui ne diffèrent que par la position de l'excavation réalisée dans le bras gauche à l'aval du barrage. Les excavations amont restent identiques à celle du scénario B et on prolonge les excavations sous le pont jusqu'aux seuils du barrage. Ce scénario permet d'augmenter le débit correspondant au niveau d'étiage centennal d'hiver du lac à 72 m³/s lorsque les conditions de rejet sont les mêmes que pour le scénario B. 15 000 m³ ou 15 500 m³ sont alors excavés selon la variante. Une gestion de compensation par les vannes du barrage est aussi définie pour ce scénario.
- Le scénario D permet de pallier aux problèmes de dilution dans le cas où le rejet est d'ampleur encore plus importante lors de l'étiage centennal d'été. Le débit alors obtenu est 56,5 m³/s pour un volume excavé de 12 500 m³. Une excavation dans le bras gauche à l'aval du barrage est requise.
- Le scénario E permet de répondre aux problèmes de dilution lors de l'étiage centennal d'hiver quand le rejet est aussi important que celui évoqué au scénario D. Le débit alors obtenu est 90 m³/s pour un volume excavé de 22 000 m³. Les excavations amont et aval ont été élargies par rapport au scénario C et on a excavé sous deux travées supplémentaires.

Pour chacun de ces scénarios, la superficie des zones exondées ne varie pas de manière significative par rapport aux conditions actuelles qu'on soit en étiage centennal ou en période de fraie. De plus, les caractéristiques des écoulements au-dessus des zones d'habitats et de frayères sont peu différentes de celles observées en conditions actuelles.

Pour deux de ces scénarios, B et C variante 1, un mandat pour une évaluation des méthodes et des coûts a été confié à TECSULT. Il faudra donc compter 1 491 130\$ pour le scénario B et 1 772 838\$ pour la variante 1 du scénario C.



ANNEXE A
ÉVALUATION DES MÉTHODES ET
DES COÛTS DE RÉALISATION DES TRAVAUX
RAPPORT DE TECSULT-EXCOTECH

TRAVAUX DE DRAGAGE

1. MANDAT

Dans le cadre de l'étude hydraulique de l'exutoire du Lac de Deux-Montagnes vers la rivière des Mille-Îles, le Groupe-conseil Lasalle inc. a mandaté la firme TecSult dans le but d'effectuer une étude de faisabilité sur les travaux relatifs aux excavations et au confortement des piliers du pont ferroviaire. L'évaluation des coûts comparatifs et la description des travaux de dragage correspondant aux scénarios B et C variante 1 ont été réalisés par l'entrepreneur Excotech inc.

2. RELEVÉS

Des visites de reconnaissance du site ont été effectuées par MM. Alain Plante, ingénieur, et François Passemard, ingénieur, de TecSult et Excotech respectivement. Les documents relatifs aux travaux d'excavation de roc effectués dans le bras droit de la rivière en 1984, soient les études géotechniques, les recommandations sur les travaux de dynamitage, ainsi que les plans de construction ont été consultés.

3. DESCRIPTION DES TRAVAUX

Essentiellement, les travaux nécessitent la construction d'un batardeau temporaire à l'amont du pont ferroviaire et sont réalisés en deux phases. Compte tenu qu'il faut excaver le fond de la rivière au pourtour de certains piliers du pont ferroviaire dans le bras gauche de la rivière, les semelles des piliers doivent être consolidées par la mise en place d'une surépaisseur de béton ancré à la semelle existante afin d'éviter la perte de roc sous-jacent aux piliers existants. Vous trouverez ci-joint le rapport préparé par Excotech décrivant les méthodes de travail, les contraintes liées aux travaux, les échéanciers et les estimations budgétaires de chacune des variantes d'excavation. Un plan montrant les détails de confortement des piliers du pont est également joint.

3.1 Méthode de travail

Selon les campagnes de forage réalisées antérieurement, le roc est constitué d'un calcaire dolomitique ayant des valeurs d'indice de qualité du roc (RQD) de l'ordre de 50 %, le roc est fracturé et sa capacité portante minimale est de l'ordre de 575 kPa. La hauteur d'eau au droit des excavations est relativement faible de l'ordre de 500 mm.

Le roc étant relativement friable, nous préconisons que les excavations soient réalisées à l'aide d'un marteau hydraulique monté sur pelle (Tramak). Cette méthode de travail permettra d'éviter certaines contraintes reliées aux travaux de dynamitage. La méthode d'excavation mécanique est la même pour chacune des quatre zones A, B, C et D. Les travaux d'excavation dans les zones B et C sont réalisés à sec tandis que ceux des zones A et D sont en eau.

3.2 Excavation en eau – Protection de l'environnement

Dans les secteurs A et D des zones à excaver, le roc est affleurant, il n'y a pas de matériaux fins à excaver, nous n'entrevoions pas de problème de confinement des matériaux excavés. Aucun dispositif de confinement n'est prévu.

À cette étape-ci du projet, les exigences en matière de protection environnementale nous sont inconnues (frayères, zones locales du milieu aquatique à protéger, etc.) Cependant, compte tenu qu'il n'y a pas de matériaux fins à excaver en rivière et que les morceaux de roc excavés seront de dimensions

relativement importantes, nous prévoyons que seulement de très faibles quantités de matériaux excavés seront charriés en aval des travaux.

Compte tenu de la nature rocheuse du lit de la rivière, du fort courant d'eau et de la faible profondeur d'eau, il serait difficilement réalisable, voir quasi impossible de construire un ouvrage temporaire de retenu des matériaux en suspension.

Pour limiter au minimum les fuites d'hydrocarbures venant de la machinerie lourde durant les travaux, des exigences limitatives devraient être émises lors des appels d'offres. Par exemple, l'utilisation de machinerie récente devrait être préconisée plutôt que la mise en place d'estacades flottantes temporaires pour contenir les fuites d'hydrocarbures qui seraient difficiles à installer dans ce secteur et dont les coûts pourraient être élevés.

3.3 Excavation au voisinage des piles du pont ferroviaire

Les travaux projetés prévoient l'excavation du roc au périmètre de la fondation des piliers du pont ferroviaire. Pour permettre ces excavations, des travaux de renforcement à la base des piliers sont prévus. Ces travaux sont semblables à ceux déjà effectués dans le chenal droit.

Les vibrations imposées à la structure du pont durant les travaux seront minimales et contrôlées lors de l'exécution des travaux. Nous recommandons qu'un trait de scie soit effectué dans le socle rocheux au pourtour des piles du pont, de façon à bien contenir les volumes de roc excavés.

3.3.1 Passage des trains durant les travaux

La méthode de travail que nous préconisons permet de maintenir la libre circulation des trains sur le pont durant les travaux et nos estimations de coûts en tiennent compte. Dans une étape ultérieure du projet, une rencontre devrait avoir lieu avec les autorités concernées pour coordonner les travaux, de façon à ce que la sécurité soit maintenue en tout temps lors du passage des trains durant les travaux.

3.4 Transport des matériaux excavés

Dans nos estimations, nous avons considéré que le réseau routier municipal est compétent pour permettre le transport des véhicules lourds. L'entrepreneur devra s'assurer que les charges des véhicules lourds, dont il fait l'usage durant les travaux, respectent les limites de charge spécifiées sur le permis de transport qu'il aura obtenu au préalable.

Compte tenu du volume important de circulation des véhicules lourds sur les routes secondaires à prévoir durant les travaux, nous avons prévu, dans les estimations des coûts, de réduire le chargement des camions pour minimiser l'impact du passage répété des véhicules lourds. Une investigation devrait être faite au niveau des routes d'accès concernant leur état et leur capacité portante. Des informations pertinentes aux travaux devraient être prises auprès des autorités compétentes en matière de limitation des charges, types de véhicules, débit de circulation, périodes d'opération, etc. dans les zones résidentielles entre autres.

Pour les fins de ce mandat, compte tenu de l'information disponible, nous avons jugé pertinent d'augmenter les coûts pour tenir compte de cette contrainte de circulation.

3.5 Estimation des coûts



Les estimations des coûts des scénarios B et C, variante 1, ont été évaluées en considérant les coûts de main-d'œuvre, des matériaux et de l'équipement pour chacune des activités à réaliser. Nous n'avons pas utilisé la méthode à coût unitaire car ce type de travaux spéciaux s'évalue difficilement avec cette méthode et les coûts obtenus de cette méthode pourraient être très imprécis. Pour obtenir des coûts unitaires associés aux travaux d'excavation et de renforcement des piles, il faut prendre le coût total des items 4, 8 et 9 aux bordereaux et le diviser par la quantité correspondante.

Sont exclues des estimations des coûts, les mesures de protection environnementales ainsi que les travaux de remise en état des routes d'accès.

4. CONCLUSION

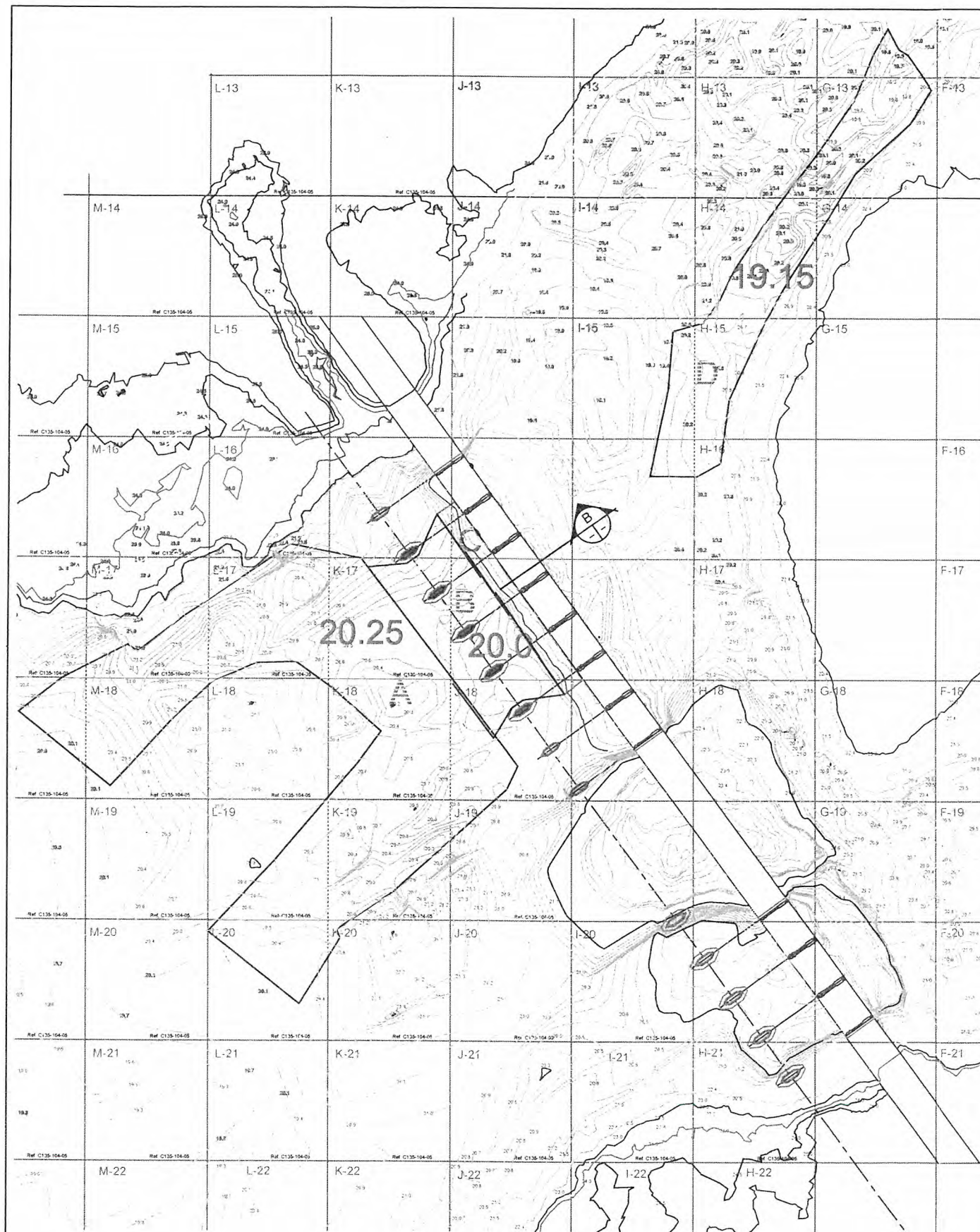
L'étude de faisabilité démontre que les travaux d'excavation à faire pour assurer des débits de 35 m³/s pour un niveau du lac de 21,24 m (étiage centennal d'été) et 72 m³/s pour un niveau du lac de 21,27 m (étiage centennal d'hiver) sont viables selon les zones d'excavation proposées suite à l'étude hydraulique.

Préparé par :



Alain Plante, ingénieur
Directeur de projet
TECSULT INC.

- p.j. - Rapport Excotech inc., 27 novembre 2003
- Plan de confortement des piliers du pont, Tecsuit inc.

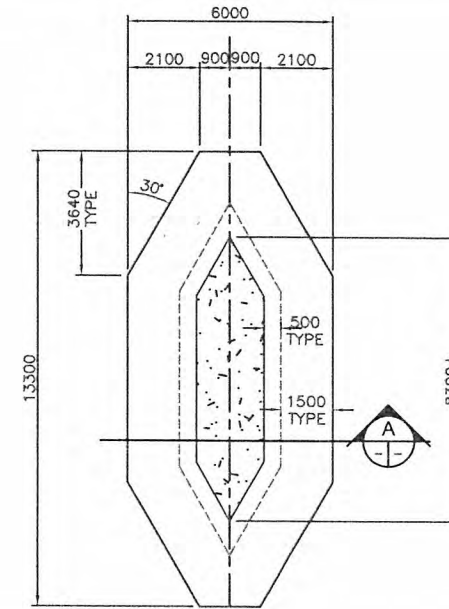


PLAN DE LOCALISATION

ECH.: 1:1000

EXCAVATIONS PROJÉTÉES

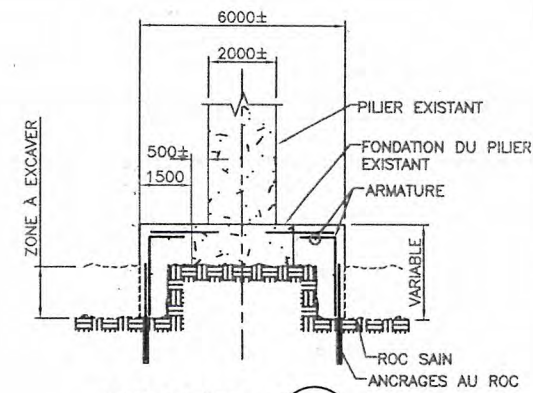
20.25 COTES DES EXCAVATIONS PROJÉTÉES EN MÈTRE (m).



VUE EN PLAN - CONFORTEMENT D'UN PILIER TYPE

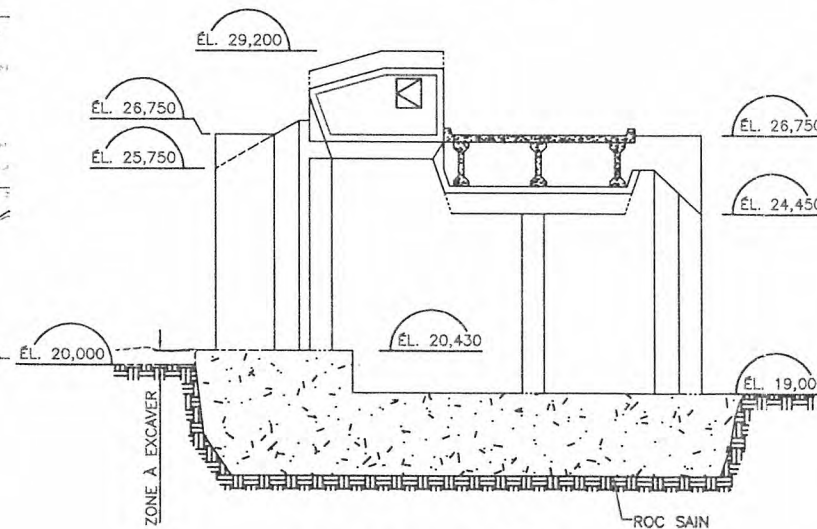
ECH.: 1:100

(QUANTITÉ= 5)



COUPE TYPE A

1:100



COUPE TYPE B

1:100

N°	DATE	MODIFICATION	PAR	APP.
0	03-11-26	ÉTUDE DE FAISABILITÉ	A.P.	

ÉCHELLE VISUELLE		RAPPORT
0 10 20 30 40 50		INDIQUÉE

TECSULT Tecsult Inc.
4700, SOUL. WILFRID-HAMEL, QUÉBEC (QUÉBEC) CANADA G1P 2J8
TEL.: (418) 871-1811 TÉLÉCOPIEUR: (418) 871-5868

Le Groupe-Conseil Lasalle Inc.
9620, rue Saint-Patrice
LaSalle, Québec
Canada, H8R 1R8

PROJET

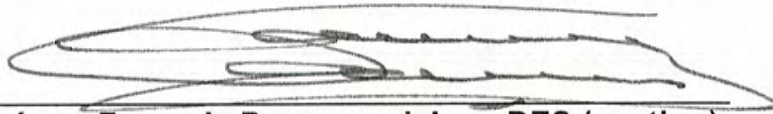
ENTRÉE DE LA RIVIÈRE DES MILLE-ÎLES
ÉTUDE HYDRAULIQUE
CONFORTEMENT DES PILIERS DU PONTS

PROJETÉ PAR A. PLANTE ing.	DESSINÉ PAR C. BUSSIÈRES	VÉRIFIÉ PAR
APPROUVÉ PAR	RÉFÉRENCE CLIENT 135-104-14	
DATE 2003-11-27	N° CONTRAT 0512003	N° DESSIN S-1/1
		MODIFICATION 0

**DRAGAGE DE LA RIVIÈRE DES MILLE-ÎLES
MUNICIPALITÉ DE DEUX-MONTAGNES**

**ÉVALUATION SOMMAIRE DES COÛTS COMPARATIFS ET DESCRIPTION
DES TRAVAUX DE DRAGAGE POUR DÉBITS DE 35 m³/s ET 72 m³/s**

PRÉSENTÉ À TECSULT



**Préparé par François Passemard, ing., DES (gestion)
O.I.Q. 26070**

En collaboration avec



**Jacques Lemieux, ing.
O.I.Q. 21878**

EXCOTECH

Étude de faisabilité comprenant :

- A) Commentaires sur la disposition des matériaux excavés
 - B) Commentaires sur la faisabilité du projet
 - C) Contraintes et autres exigences imposées par les travaux
 - D) Description des méthodes de travail
 - E) Échéancier sommaire des travaux (durée probable des travaux)
 - F) Coût budgétaire des travaux
-

A) Commentaires sur la disposition des matériaux excavés

Les matériaux excavés des zones de dragage étant constitués de dolomie grise pourraient être transportés par camion jusqu'à la carrière du Groupe Matters située à quelque huit (8) kilomètres du site des travaux.

Les matériaux qui serviront à construire le batardeau temporaire amont et les rampes d'accès pourraient aussi provenir de cette carrière et être transportés par des camions routiers.

Note : nécessité d'obtenir un permis de transport dans les rues avoisinantes, ainsi que l'autorisation d'occuper des terres publiques et privées (accès à la rivière amont et aval).

B) Commentaires sur la faisabilité du projet

a) renforcement des piles proposé

Nous n'avons pas de commentaires sur la méthode de renforcement des piles.

b) excavation près des structures existantes

L'utilisation d'un marteau hydraulique monté sur pelle induira un minimum de contraintes sur les structures existantes.

C) Contraintes et autres exigences imposées par les travaux

- permis du Ministère de l'Environnement autorisant la construction des batardeaux temporaires;
- autorisation et exigences du CN (horaire des interventions en fonction du trafic ferroviaire);
- répercussion sur le milieu aquatique;
- impact sur les riverains immédiats;
- impacts sur les usagers en aval des travaux;
- bruit et augmentation de la circulation dans un environnement résidentiel.

D) Description des méthodes de travail

Séquence des travaux:

1- installations de chantier :

côté amont : zone accessible au public donnant sur les berges dans l'axe de la 9^{ème} avenue.

2- réalisation des accès :

côté amont : accès aux zones A, B et C en empruntant la 9^{ème} avenue qui mène directement au petit parc.

côté aval : accès à la zone D en empruntant la 8^{ème} avenue et par l'aire de stationnement du club de Boulingrin.

3- construction d'un batardeau temporaire à l'amont du pont

1^{ère} phase :

Volume d'environ 2 800 m³, le batardeau part de la rive gauche pour aller s'appuyer contre le barrage vis-à-vis de la passe no 4. Il servira de chemin d'accès pour les travaux de dragage des zones A, B et C ainsi que pour les travaux de renforcement des trois premières piles du pont ferroviaire.

Durant cette phase, un pont temporaire sera érigé à l'abri du batardeau afin de pouvoir conserver l'accès au batardeau de 2^{ème} phase.

2^{ème} phase :

Volume d'environ 1 260 m³, le batardeau part des piles du pont vis-à-vis de la passe no 4 pour aller s'appuyer contre l'île située au milieu de la rivière. Il permettra de compléter les travaux de dragage des zones A, B et C, ainsi que les travaux de renforcement des deux dernières piles du pont ferroviaire.

Note : Ce scénario découle de la contrainte de ne pouvoir fermer qu'un maximum de quatre vannes en même temps, vis-à-vis des travaux.

- 4- Travaux d'excavation à sec dans les zones B et C réalisés en relation avec les phases de batardage.
- 5- Travaux de renforcement des piles du pont ferroviaire réalisés selon les phases de batardage.
- 6- Travaux d'excavation en eau de la zone A, démantèlement du batardeau et du pont temporaire.
- 7- Travaux d'excavation en eau de la zone D.
- 8- Remise en état des aires d'installation de chantier et des rampes d'accès.

E) Échéancier sommaire des travaux (durée probable des travaux)

Période des travaux imposée par MENV : entre le 15 août et le 31 mars.

Vous trouverez ci-joint l'échéancier des activités pour chacune des alternatives envisagées, à savoir des débits de 35 m³/s et 72 m³/s. La date du début des activités a été arbitrairement fixée au 1er novembre, période qui se situe après la crue d'automne.

Selon le scénario envisagé pour chacune des alternatives, la durée probable des travaux sera de 68 jours travaillés pour le premier et 75 jours travaillés pour le second. La faible différence entre les durées s'explique par l'importance relative des opérations communes aux deux options.

F) Coût budgétaire des travaux

Pour l'estimation, nous avons utilisé les volumes d'excavation suivants :

zone A	7 400 m ³
zone B	2 000 m ³
zone C	400 m ³
zone D	5 100 m ³

Vous trouverez ci-joint le sommaire des coûts pour chacune des alternatives. Ce sommaire représente les principaux articles qui devraient apparaître, selon nous, au bordereau des prix.

Aux coûts directs estimés, nous avons ajouté 15 % d'indirects pour tenir compte des frais généraux (maîtrise, permis, assurances, opération des installations de chantier, mobilisation et démobilisation, etc...), 10 % pour les contingences et un autre 15 % pour l'administration et le profit.

Prix budgétaire des travaux (dollars 2003)

35 m³ / s (zones A+B) : montant total de 1 648 581 \$

72 m³ / s (zones A+B+C+D) : montant total de 2 038 668 \$

incluant les travaux de renforcement des piles du pont ferroviaire au bras gauche de la rivière des Mille-Îles.

Projet : Dragage - Rivière des Mille Îles A-B.xls

Poste : Sommaire des coûts

Art.	Description	Quantité	Un.	Main-d'oeuvre	Matériaux utilisés	Matériaux permanents	Sous-traitant	Location matériel	PRIX TOTAL	Heures-hommes
01	Accès amont			3 200 \$	12 960 \$	0 \$	0 \$	1 726 \$	17 886 \$	80
02	Batardeau amont - Phase 1			14 000 \$	27 866 \$	0 \$	0 \$	12 479 \$	54 345 \$	350
03	Non utilisé									
04	Excavation en eau amont	7 400	m3	92 400 \$	2 000 \$	0 \$	0 \$	94 689 \$	189 089 \$	2 310
05	Pont temporaire			24 800 \$	54 670 \$	0 \$	0 \$	8 590 \$	88 060 \$	620
06	Batardeau - Phase 2			28 800 \$	21 690 \$	0 \$	0 \$	19 859 \$	70 349 \$	720
07	Assèchement aires B			54 400 \$	4 050 \$	0 \$	0 \$	4 462 \$	62 912 \$	1 360
08	Excavation de roc à sec	2 000	m3	22 800 \$	2 000 \$	0 \$	0 \$	23 685 \$	48 485 \$	570
09	Renforcement des piles	660	m3	450 720 \$	27 206 \$	116 879 \$	0 \$	2 309 \$	597 114 \$	11 398
10	Réaménagement accès amont				5 000 \$				5 000 \$	
	Sous-Total Coûts directs			691 120 \$	157 442 \$	116 879 \$	0 \$	167 799 \$	1 133 240 \$	17 408
	Coûts indirects :			15%	des coûts directs				169 986 \$	
	Sous-total Directs et Indirects :								1 303 226 \$	
	Contingences :			10%	des coûts directs et indirects				130 323 \$	
	Sous-total :								1 433 549 \$	
	Frais Siège social et Profits :			15%					215 032 \$	
	TOTAL								1 648 581 \$	

Note :

Montants augmentés pour protéger la chaussée des rues en diminuant la charge des camions.

Poste : Sommaire des coûts

Art.	Description	Quantité	Un.	Main-d'oeuvre	Matériaux utilisés	Matériaux permanents	Sous-traitant	Location matériel	PRIX TOTAL	Heures-hommes
01	Accès amont et aval			6 400 \$	27 920 \$	0 \$	0 \$	3 452 \$	37 772 \$	160
02	Batardeau amont - Phase 1			14 000 \$	27 866 \$	0 \$	0 \$	12 479 \$	54 345 \$	350
03	Jetée aval			8 000 \$	83 620 \$	0 \$	0 \$	4 315 \$	95 935 \$	200
04	Excavation en eau amont et aval	12 500	m3	151 200 \$	2 000 \$	0 \$	0 \$	154 686 \$	307 886 \$	3 780
05	Pont temporaire			24 800 \$	54 670 \$	0 \$	0 \$	8 590 \$	88 060 \$	620
06	Batardeau - Phase 2			28 800 \$	21 690 \$	0 \$	0 \$	19 859 \$	70 349 \$	720
07	Assèchement aires B et C			54 400 \$	4 050 \$	0 \$	0 \$	4 462 \$	62 912 \$	1 360
08	Excavation de roc à sec	2 400	m3	29 600 \$	2 000 \$	0 \$	0 \$	30 414 \$	62 014 \$	740
09	Renforcement des piles	660	m3	450 720 \$	27 206 \$	116 879 \$	0 \$	2 309 \$	597 114 \$	11 398
10	Réaménagement des accès				25 000 \$				25 000 \$	
	Sous-Total Coûts directs			767 920 \$	276 022 \$	116 879 \$	0 \$	240 566 \$	1 401 387 \$	19 328

210 208 \$

15% des coûts directs

1 611 595 \$

Sous-total Directs et Indirects :

161 160 \$

10% des coûts directs et indirects

1 772 755 \$

Sous-total :

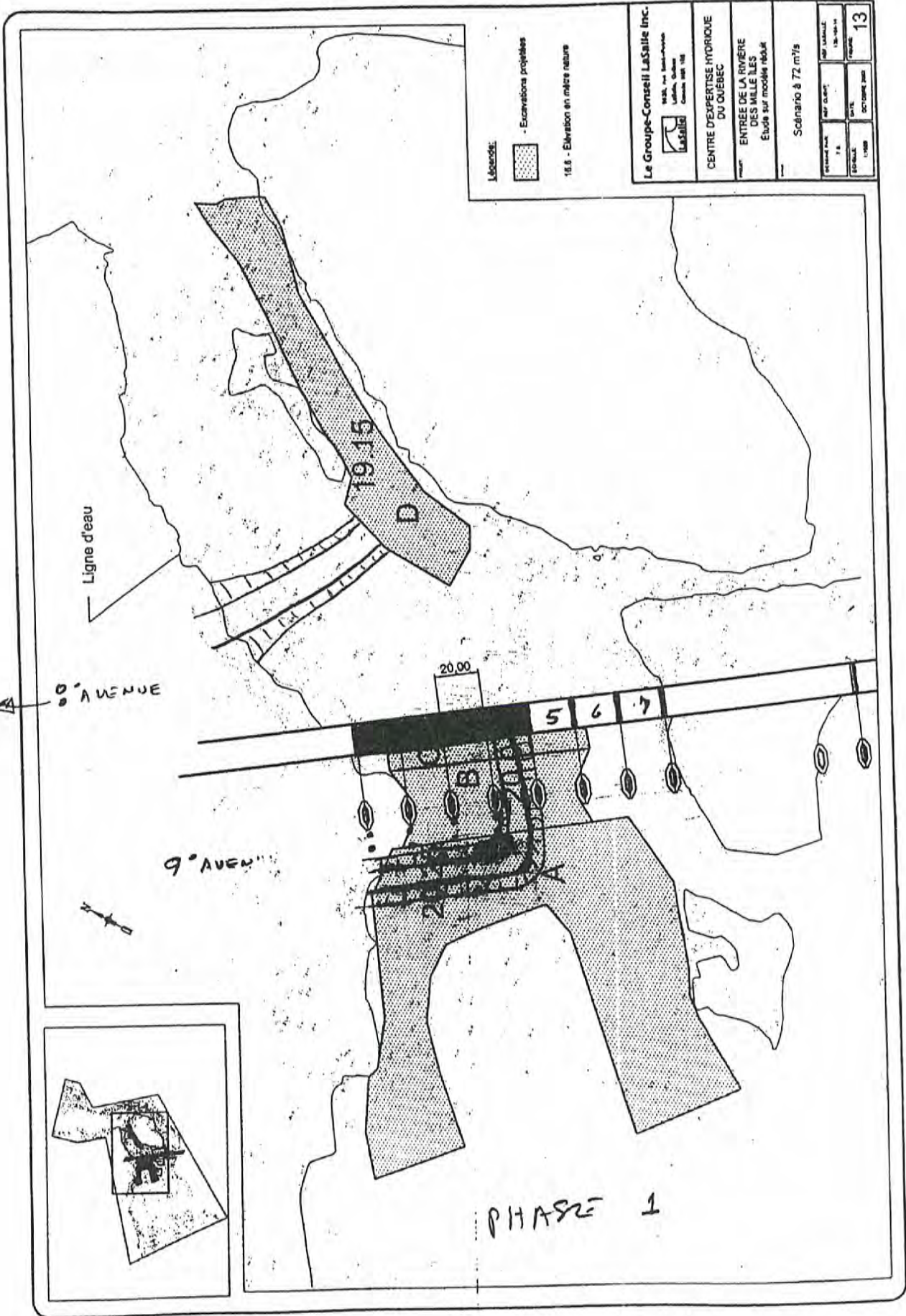
265 913 \$

Frais Siège social et Profits : 15%

2 038 668 \$

TOTAL

Note : Montants augmentés pour protéger la chaussée des rues en diminuant la charge des camions.

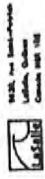


Légende:

Excavations projetées

16.6 - Elevation en mètres naturels

Le Groupe-Consult LaSalle Inc.



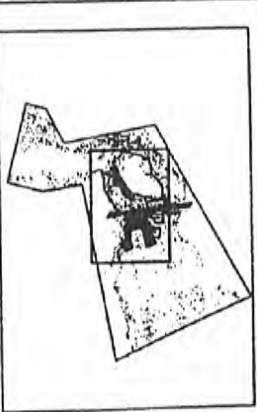
100, rue Saint-Jacques
Lafayette, Québec
Canada H3K 1H8

CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE
DU QUÉBEC

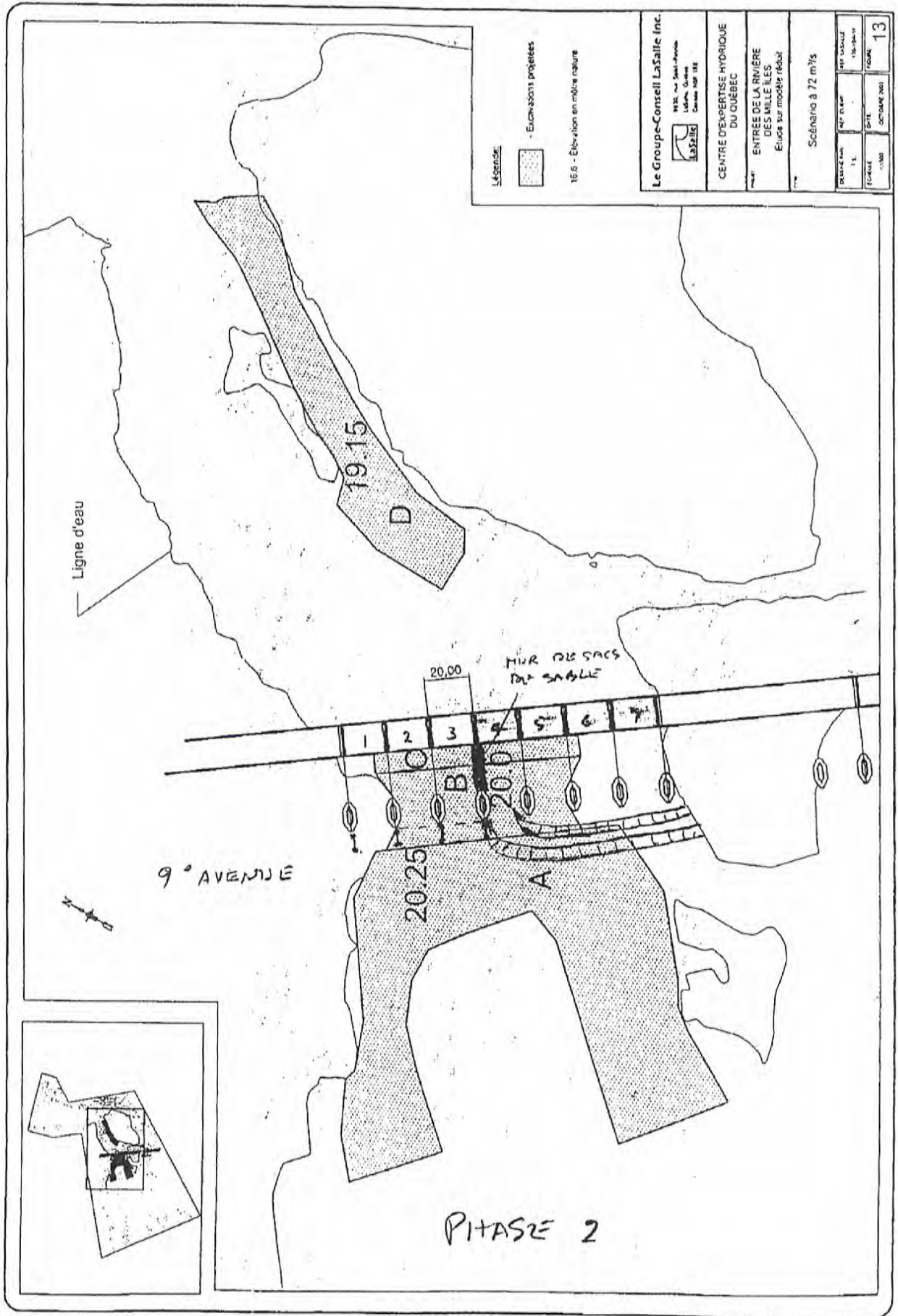
ENTRÉE DE LA RIVIÈRE
DES MILLE LÈS
Etude sur modèle réduit

Solimaio à 72 m²s

PROJET	REP. QUÉBEC	REP. LAVAL	13
DATE	18-10-14		
ÉCHELLE	DATE	ÉCHELLE	
1:1000	10/10/14	1:1000	



PHASE 1



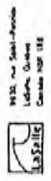
Légende:



Excavations projetées

16.8 - Elevation en mètre nature

Le Groupe-Consell LaSalle Inc.



CENTRE D'EXPERTISE HYDROLOGIQUE
DU QUÉBEC

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

Scénario à 72 m/s

DATE DE REVISION	REV. PAR	REV. LE	REV. POUR
	1.1	15-04-01	
PROJET	DATE	CHANGÉ PAR	FOUILLE
	11-03		13



ANNEXE B
TABLEAUX DE VALEURS POUR LES LIGNES D'EAU

Tableau de valeurs pour les lignes d'eau des scénarios permanents A à E									
scénario		état actuel, été	état actuel, hiver	A	B	C variante1	C variante2	C variante 2*	E
	Niveau du lac (m)	21.24	21.27	21.24	21.24	21.27	21.27	21.24	21.27
	Débit (m³/s)	15	17	26	35	72	72	35	90
Droite (sud)	distance au barrage (m)								
p1	527	21.24	21.25	21.24	21.22	21.23	21.24	21.22	21.22
p3	92	21.21	21.22	21.21	21.21	21.20	21.20	21.18	21.18
p5	-41	21.19	21.20	21.19	21.19	21.19	21.17	21.16	21.16
p7	-228	21.16	21.17	21.15	21.16	21.13	21.14	21.14	21.14
p9	-526	19.47	19.49	19.60	19.69	20.05	20.03	19.70	20.14
p11	-1055	19.47	19.49	19.60	19.69	20.01	20.00	19.69	20.07
Gauche (nord)	distance au barrage (m)								
p2	583	21.24	21.26	21.24	21.22	21.24	21.24	21.22	21.23
p4	68	21.22	21.23	21.24	21.20	21.16	21.13	21.20	21.12
p6	-61	21.00	21.02	21.11	21.18	21.07	21.01	20.57	21.01
p8	-147	21.00	21.02	21.10	21.18	21.07	21.00	20.60	21.00
p10	-291	19.47	19.49	19.60	19.69	20.00	20.00	19.69	20.08
p11	-658	19.47	19.49	19.60	19.69	20.01	20.00	19.69	20.07

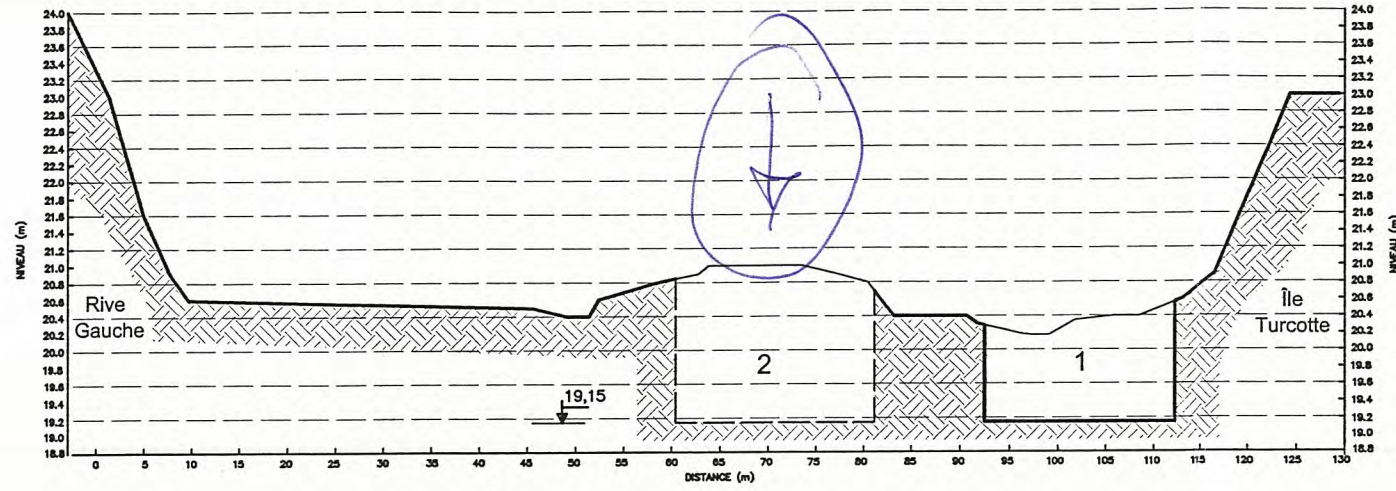
* : Scénario C variante 2 avec demi compensation

Tableau de valeurs pour les lignes d'eau du scénario d'urgence, niveau 21.24m, débit 29m³/s			
Rive gauche amont et bras gauche		Rive droite amont et bras droit	
distance au barrage (m)	niveau géodésique (m)	distance au barrage (m)	niveau géodésique (m)
135	21.22	195	21.19
105	21.2	165	21.125
75	21.2	135	21.05
45	21.21	105	21.09
15	20.99	75	21.08
-30	21	45	21.07
-60	21	15	21
-90	20.99	-30	20.99
-120	20.97	-60	20.95
-150	20.95	-90	20.97
-180	20.93	-120	20.97
-210	20.47	-150	21
-240	20.05	-180	21
-270	19.67	-210	
		-240	20.65
		-270	20.6
		-300	20.51
		-330	20.3
		-360	20.225
		-390	20
		-420	19.63
		-450	19.67
		-480	19.63



ANNEXE C
COUPES DES PRINCIPALES EXCAVATIONS

Coupe A - A

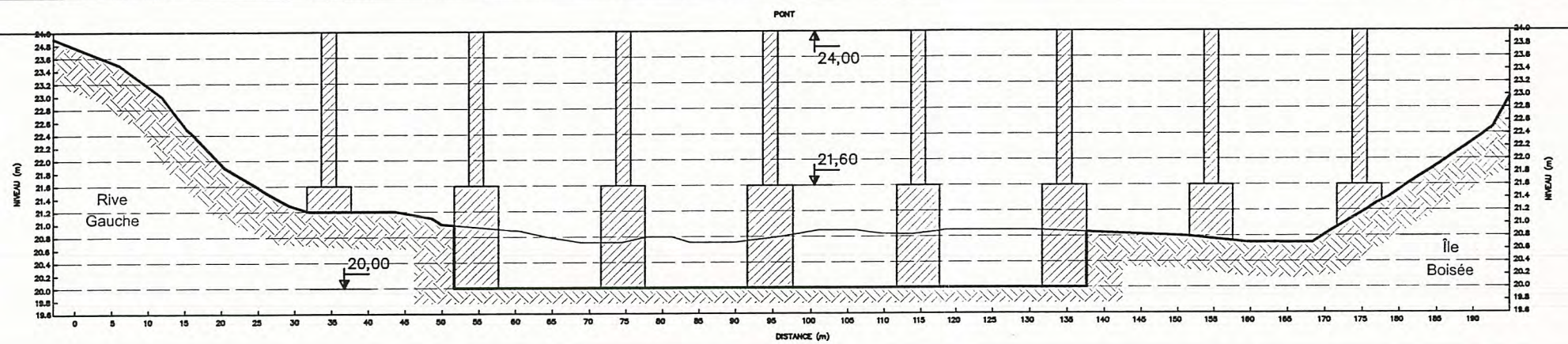


1 - Scenario C, variante 1

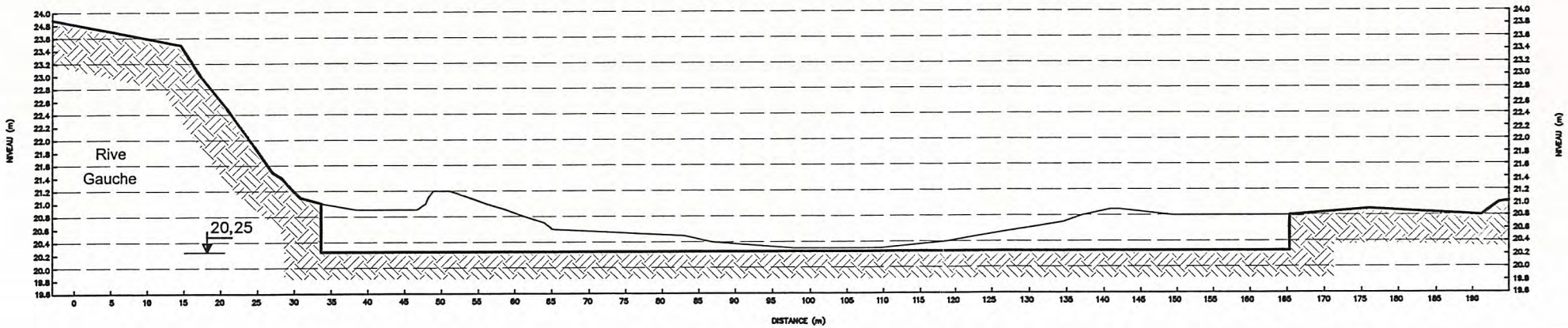
2 - Scenario C, variante 2



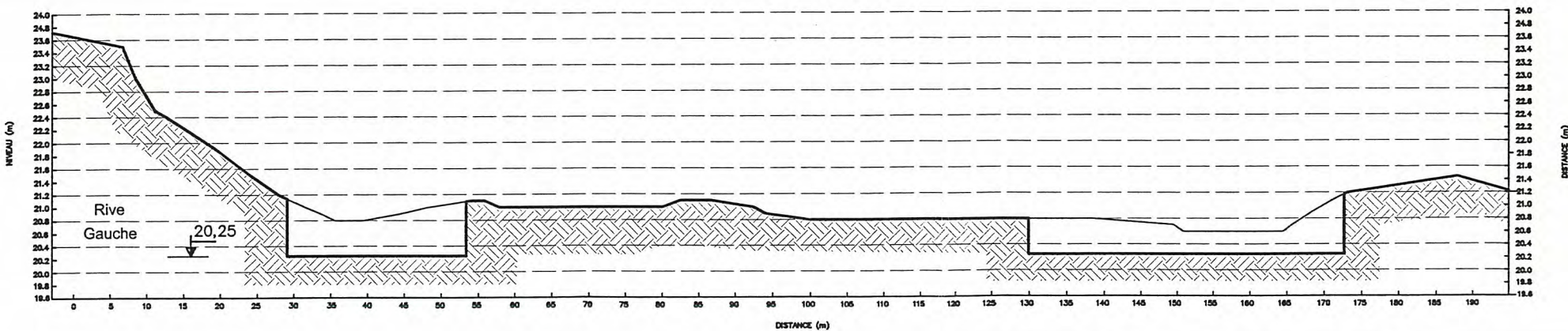
Coupe B - B



Coupe C - C



Coupe D - D



Le Groupe-Conseil LaSalle Inc.



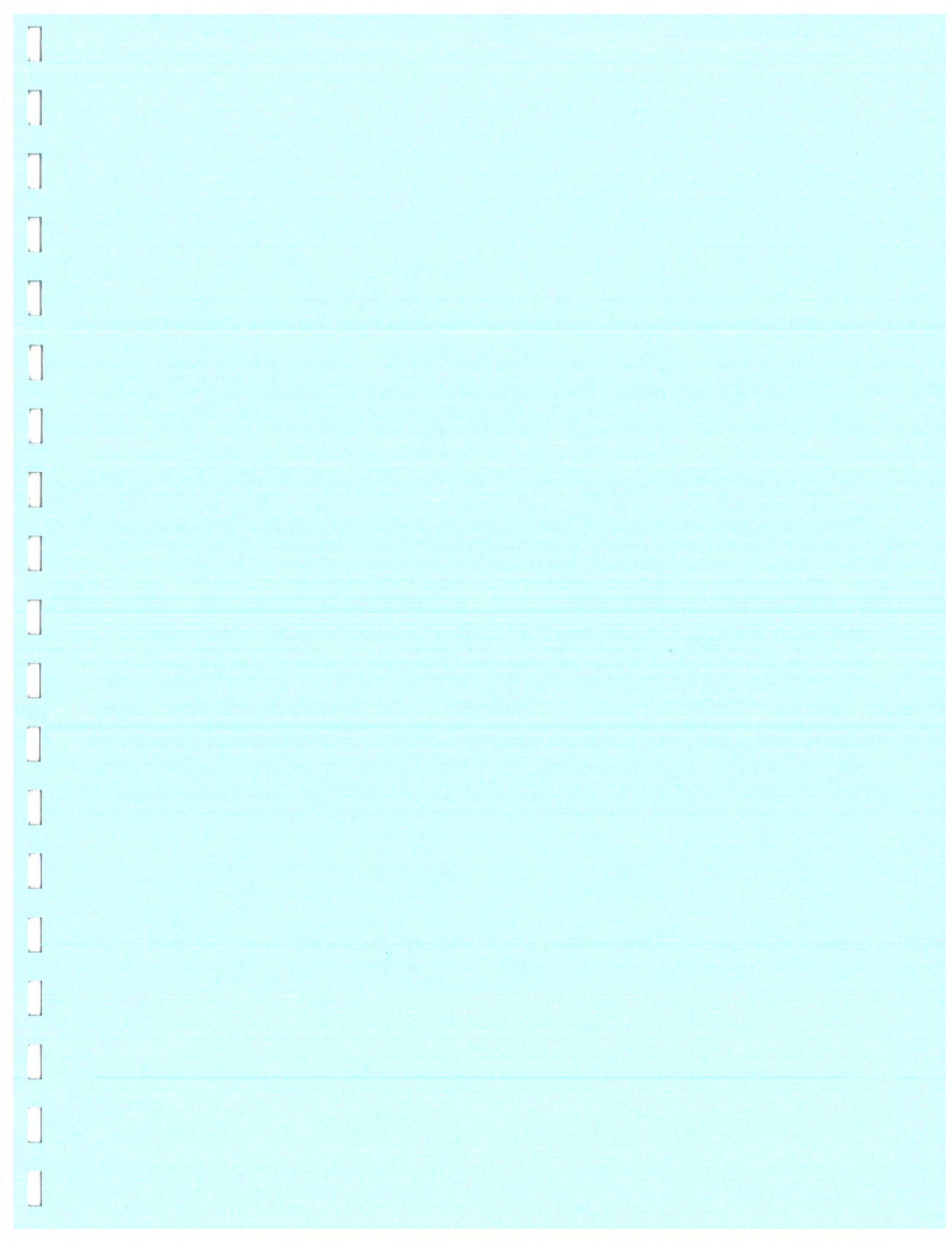
9620, rue Saint-Patrick
LaSalle, Québec
Canada H8R 1R8

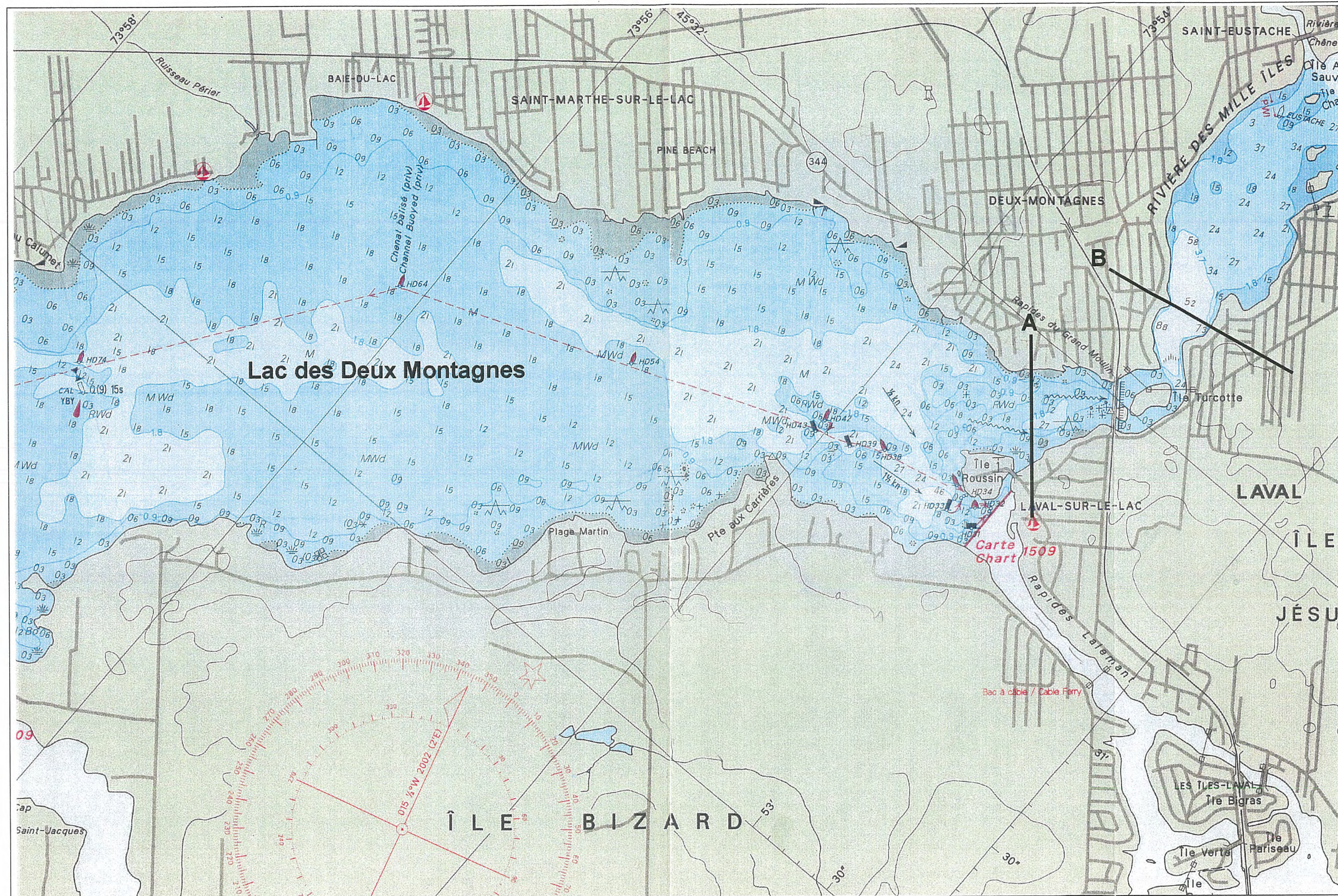
CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE
DU QUÉBEC

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

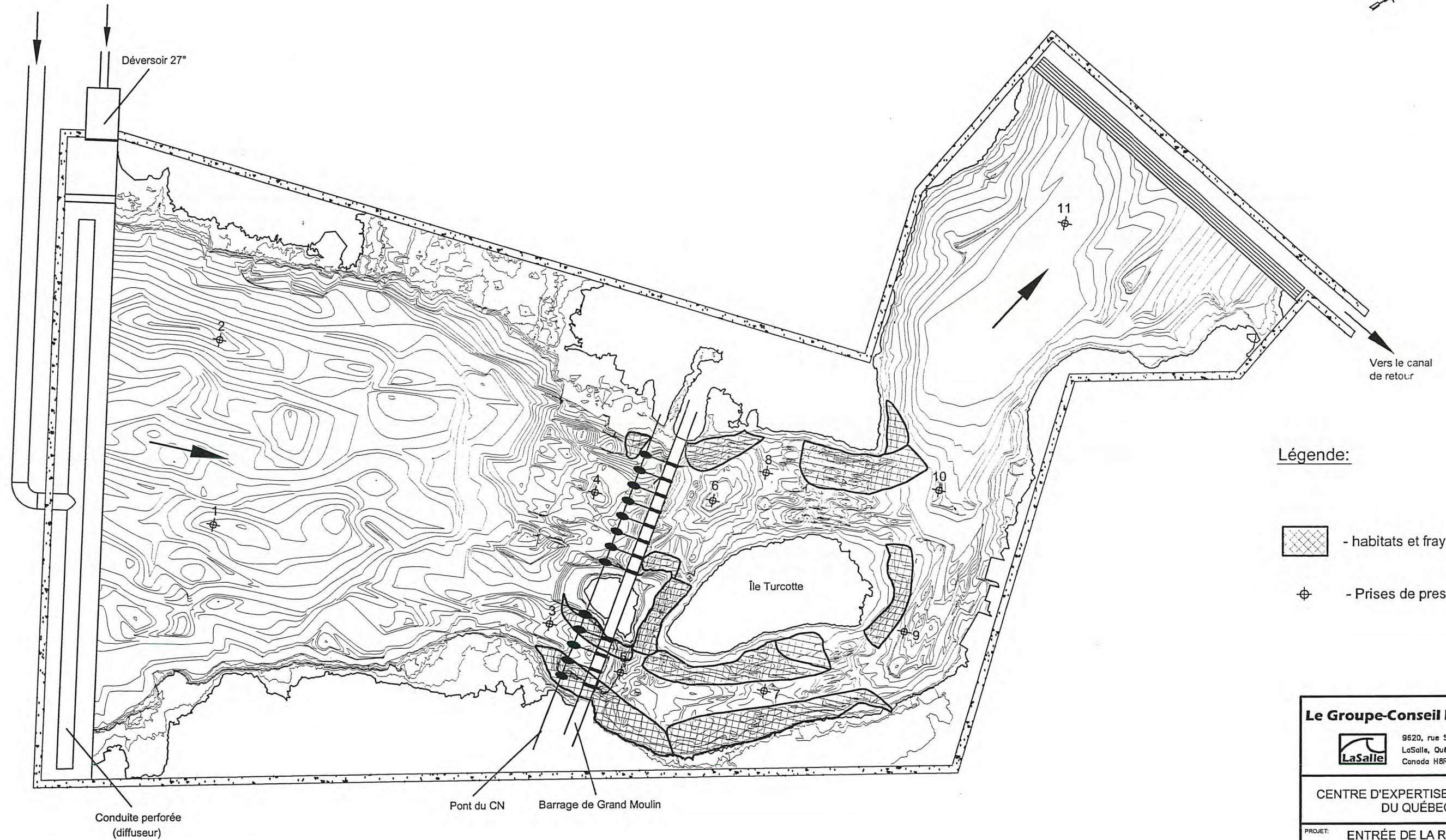
TITRE:
Coupe des principales excavations

DESSINÉ PAR: T. STEFANOVA, T.P.	REF. CLIENT: -	REF. LASALLE: 135-104-C
ÉCHELLE: -	DATE: JANVIER 2004	ANNEXÉ: C







Lac des Deux Montagnes, entrée de la rivière des Mille Îles.
A : limite amont du modèle, B : limite aval du modèle




RÉFÉRENCE: Ministère du loisir, de la chasse et de la pêche
 Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune
 Les Frayères du rapide du Grand Moulin, Rivière des Mille Îles
 par Gérald Massé et al. janvier 1981.

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

Légende:

-  - habitats et frayères
-  - Prises de pressions

Le Groupe-Conseil LaSalle Inc.

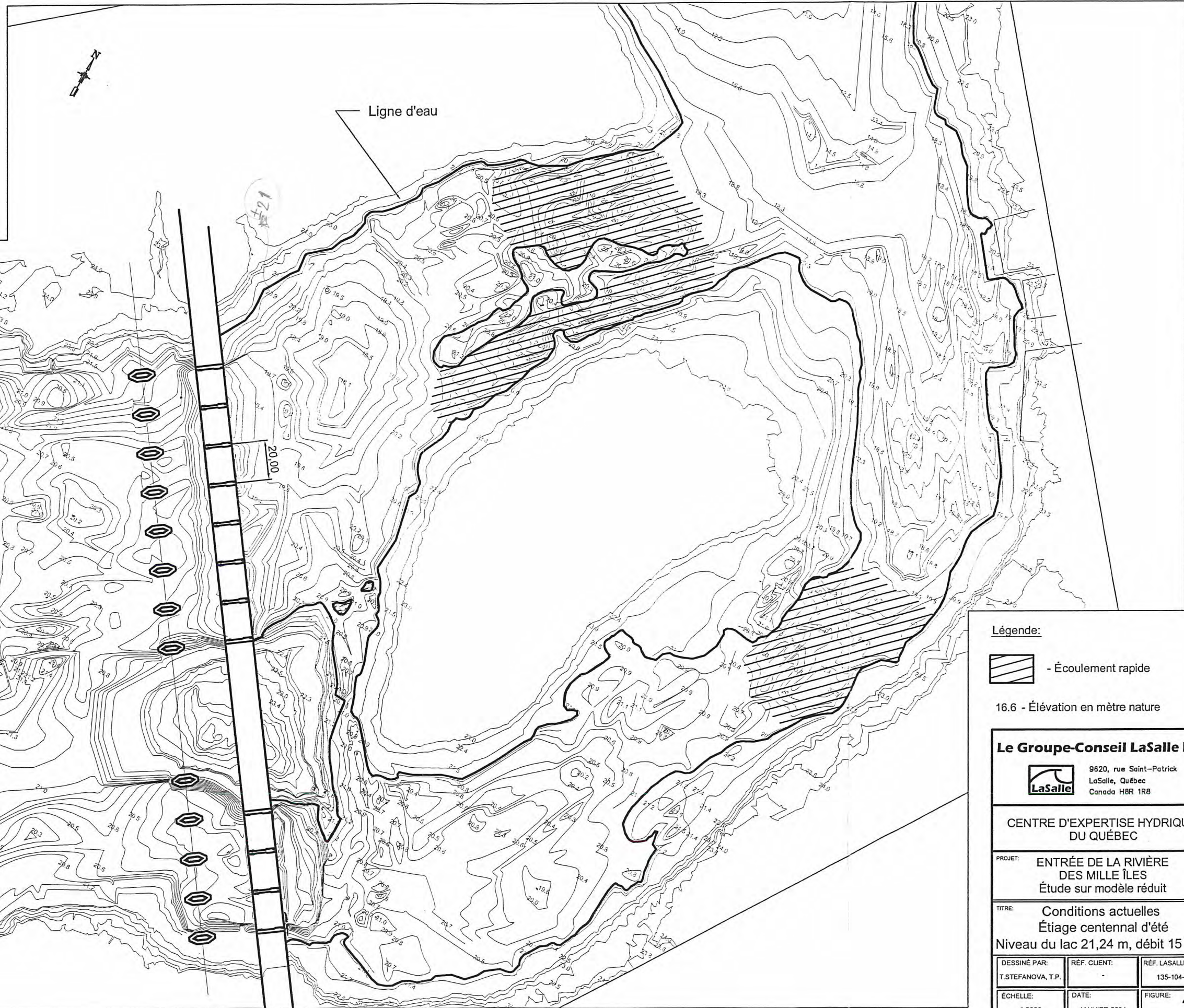
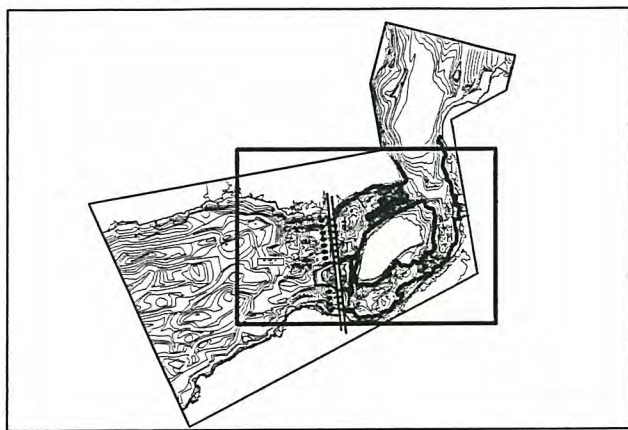
 9620, rue Saint-Patrick
 LaSalle, Québec
 Canada H8R 1R8

CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE
 DU QUÉBEC

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

TITRE:
 Modèle réduit et
 répartition des habitats et frayères


DESSINÉ PAR: T. STEFANOVA, T.P.	RÉF. CLIENT: -	RÉF. LASALLE: 135-104-02
ÉCHELLE: 1:5000	DATE: JANVIER 2004	FIGURE: 2



NIVEAU DU LAC
21,24 m


Ligne d'eau

Légende:

 - Écoulement rapide

16.6 - Élévation en mètre nature

Le Groupe-Conseil LaSalle Inc.

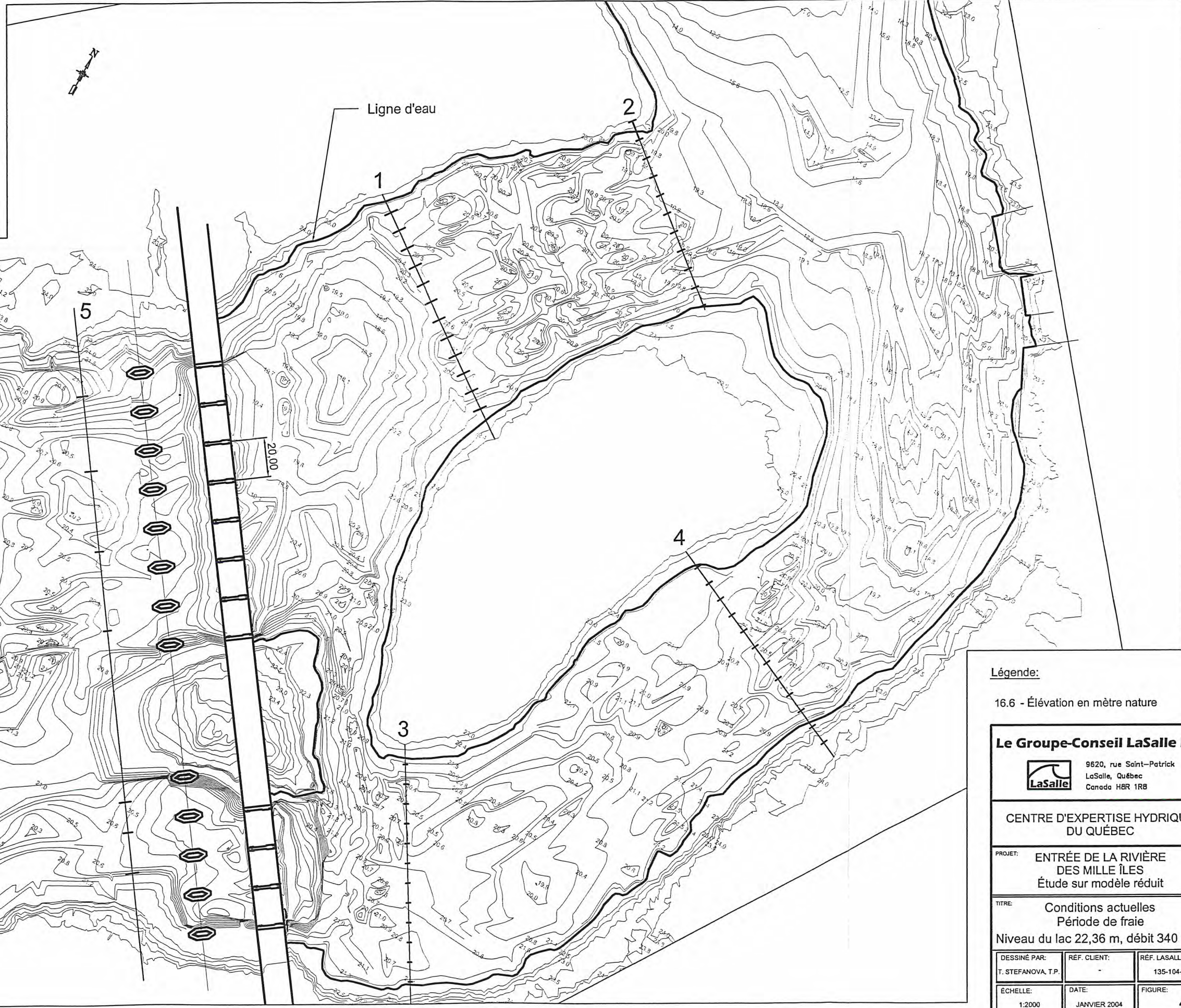
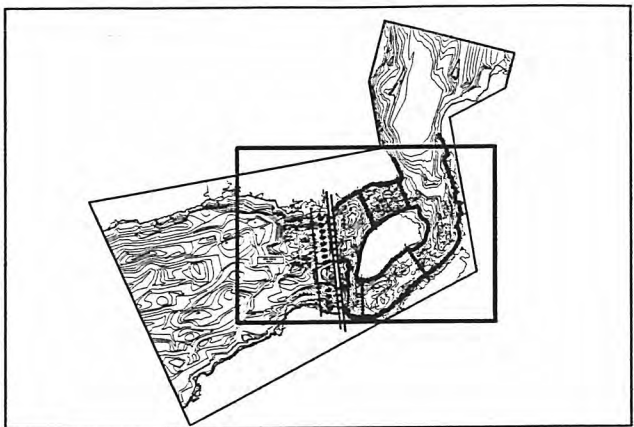
 9620, rue Saint-Patrick
LaSalle, Québec
Canada H8R 1R8

CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE
DU QUÉBEC

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

TITRE: Conditions actuelles
Étiage centennal d'été
Niveau du lac 21,24 m, débit 15 m³/s

DESSINÉ PAR: T.STEFANOVA, T.P.	REF. CLIENT: -	REF. LASALLE: 135-104-03
ÉCHELLE: 1:2000	DATE: JANVIER 2004	FIGURE: 3



NIVEAU DU LAC
22,36 m

Légende:
16.6 - Élévation en mètre nature

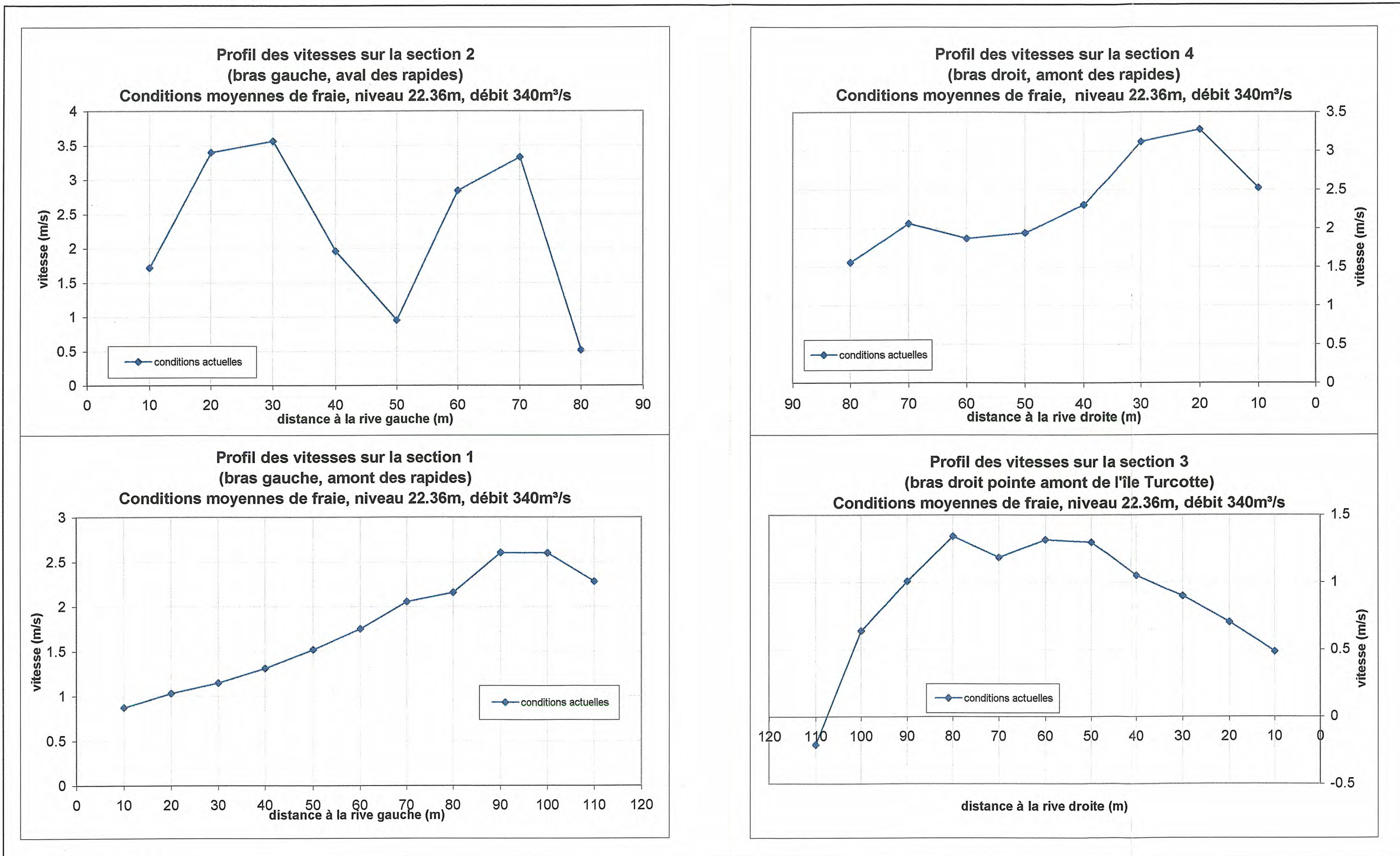
Le Groupe-Conseil LaSalle Inc.
 9620, rue Saint-Patrick
 LaSalle, Québec
 Canada H8R 1R8

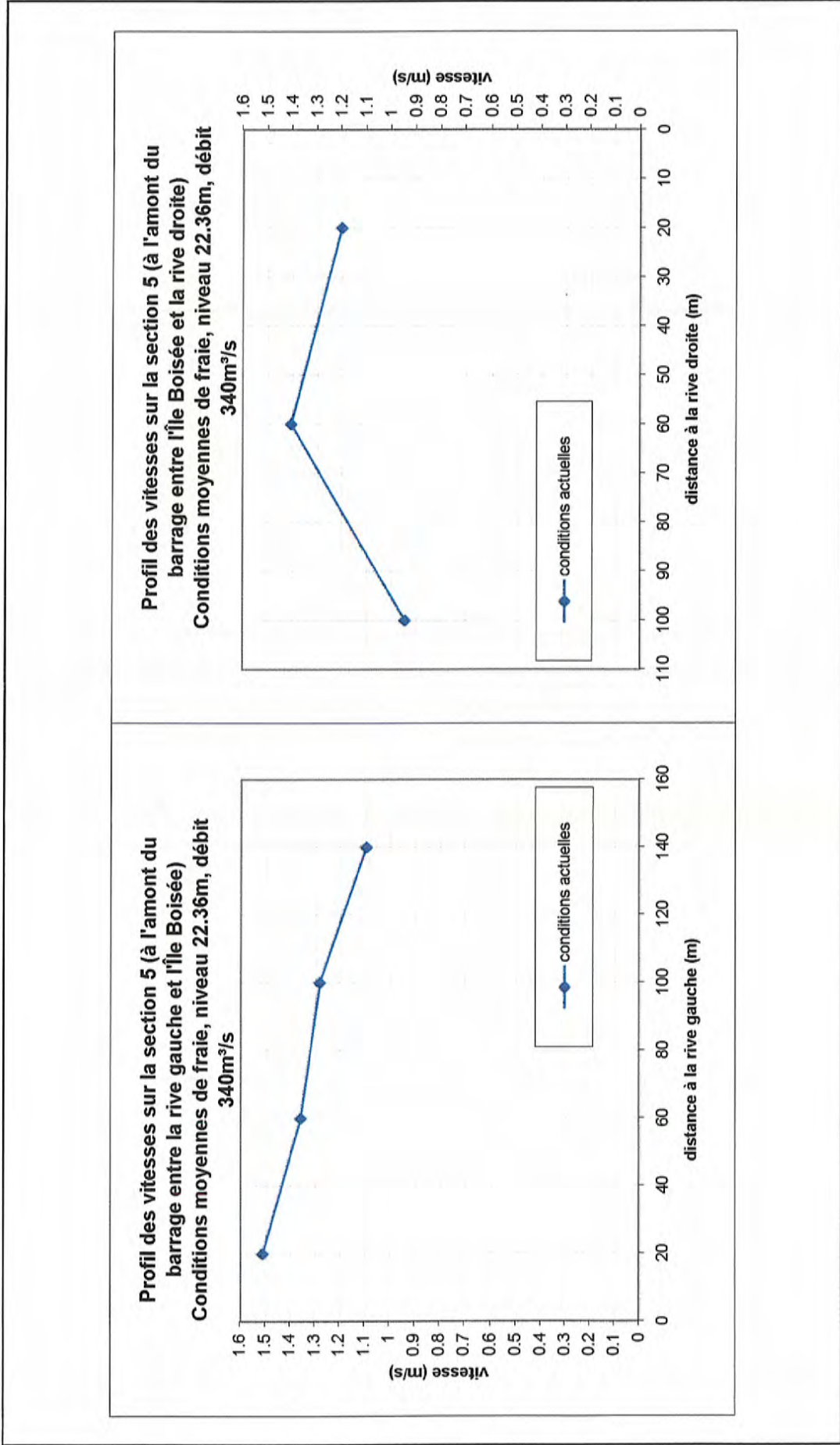
**CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE
DU QUÉBEC**

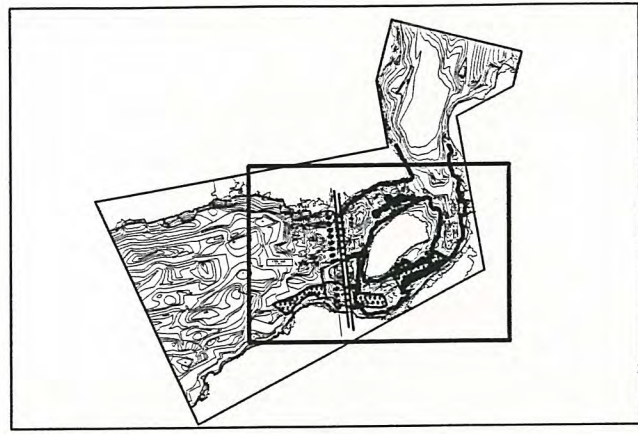
PROJET: ENTRÉE DE LA RIVIÈRE
DES MILLE ÎLES
Étude sur modèle réduit

TITRE: Conditions actuelles
Période de fraie
Niveau du lac 22,36 m, débit 340 m³/s

DESSINÉ PAR: T. STEFANOVA, T.P.	REF. CLIENT: -	REF. LASALLE: 135-104-04
ÉCHELLE: 1:2000	DATE: JANVIER 2004	FIGURE: 4

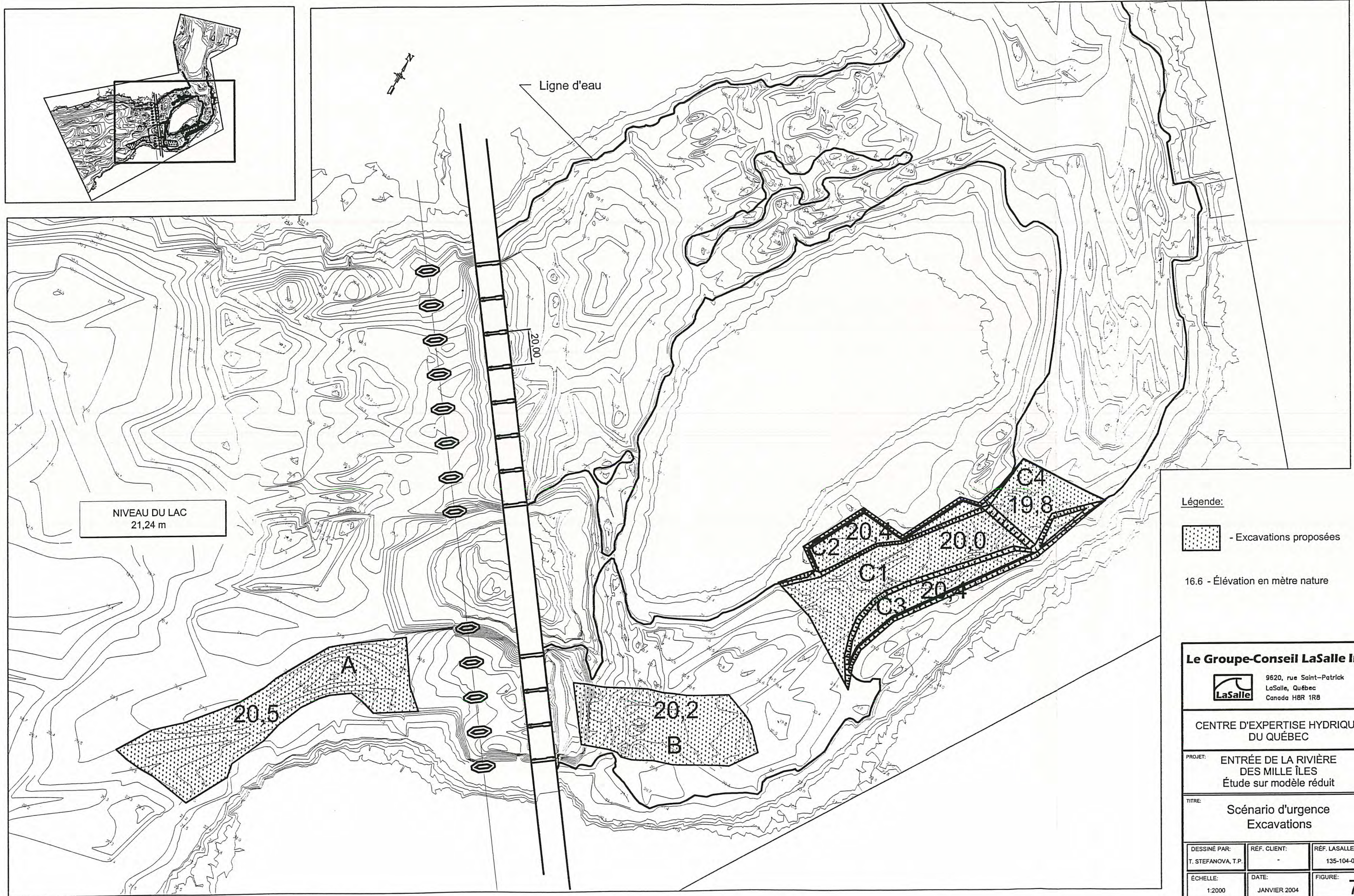






Ligne d'eau

NIVEAU DU LAC
21,24 m



Légende:

- Excavations proposées

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

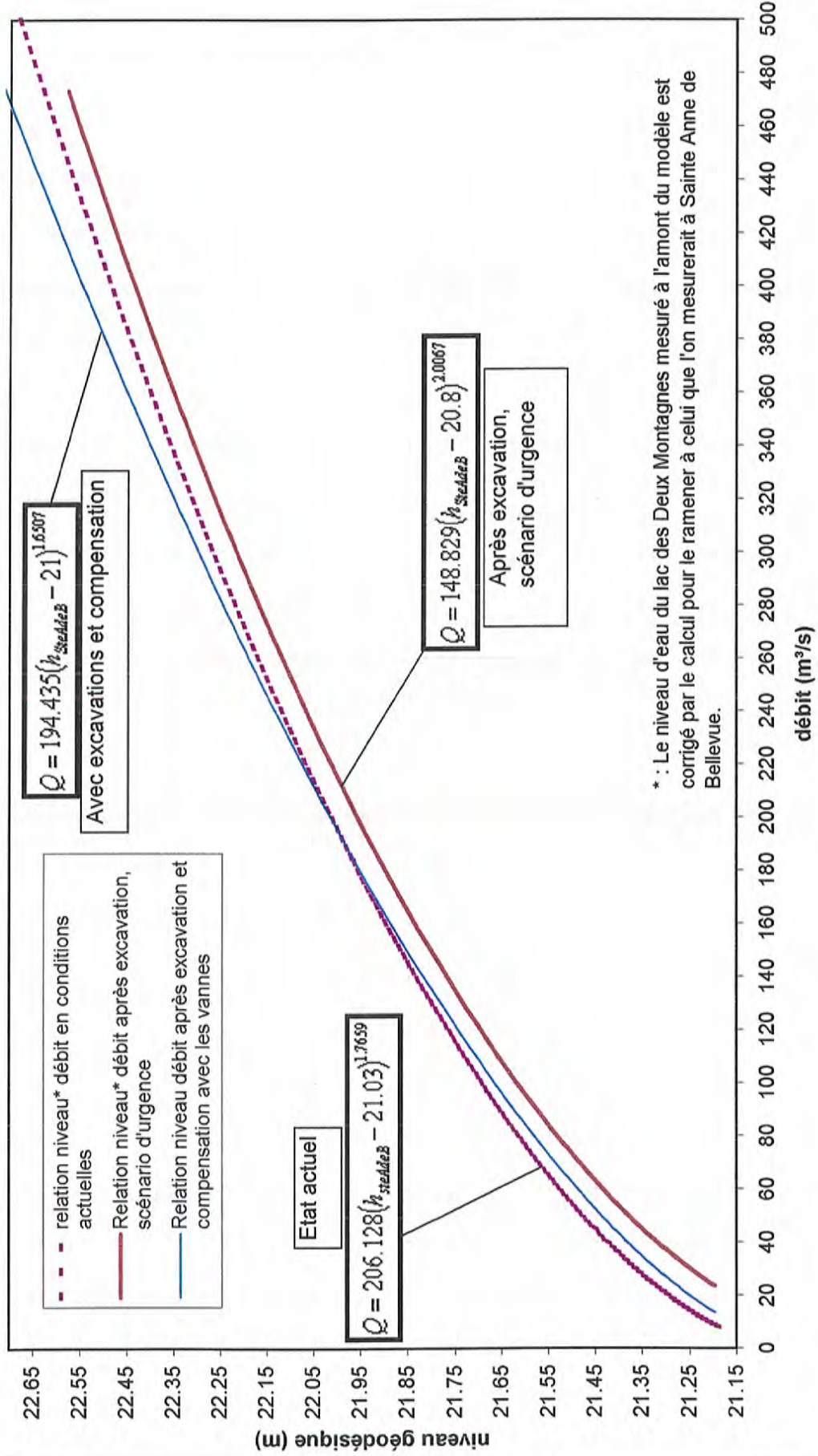
PROJET: ENTRÉE DE LA RIVIÈRE
DES MILLE ÎLES
Étude sur modèle réduit

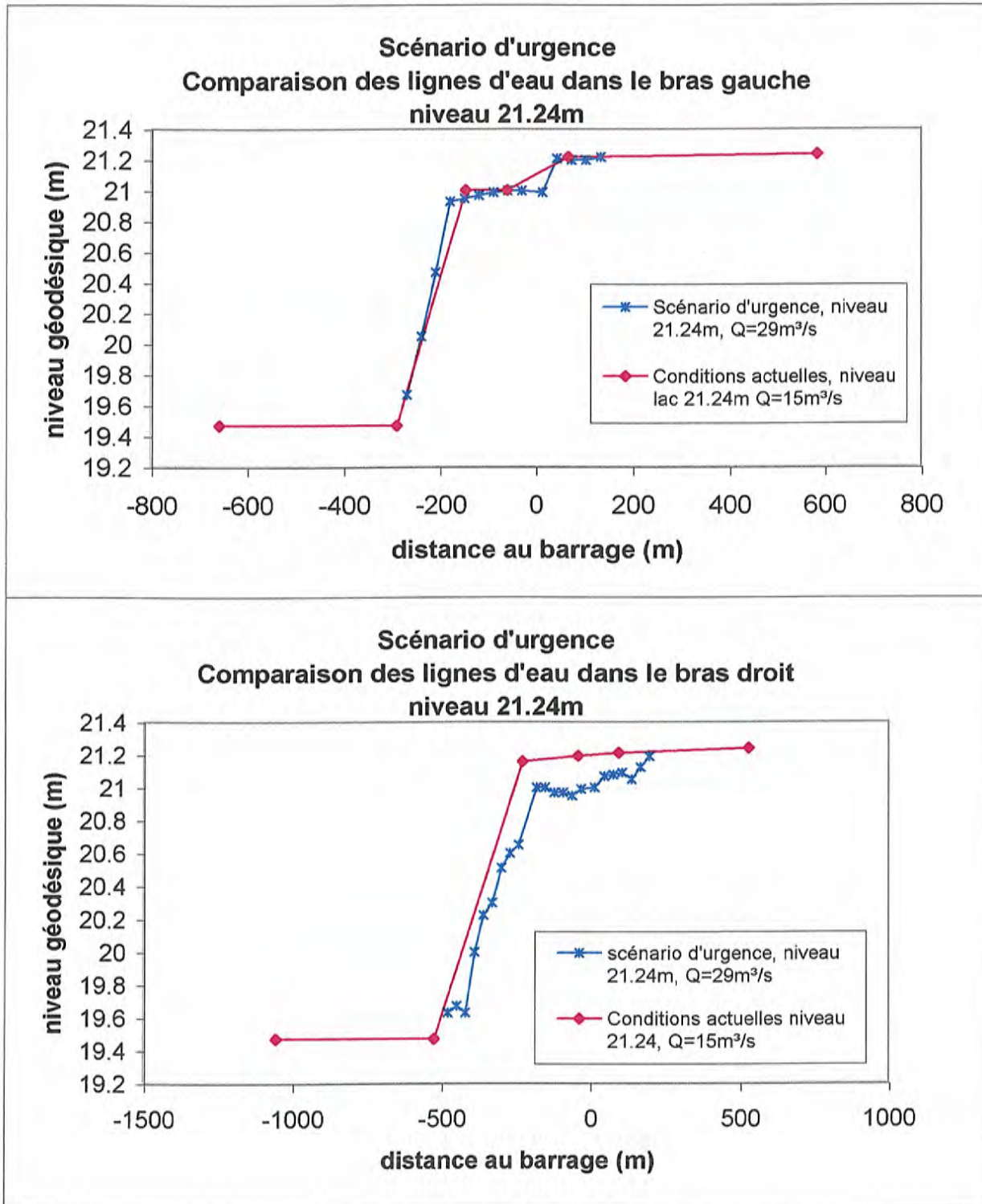
TITRE:
Scénario d'urgence
Excavations

DESSINÉ PAR: T. STEFANOVA, T.P.	RÉF. CLIENT: -	RÉF. LASALLE: 135-104-07
ÉCHELLE: 1:2000	DATE: JANVIER 2004	FIGURE: 7

Scénario d'urgence

Débit de la rivière des Mille-Îles en fonction du niveau à la station Sainte-Anne-de-Bellevue Comparaison entre conditions actuelles, futures sans compensation et futures avec compensation







Bras gauche en conditions actuelles vu de l'aval, niveau de lac 21.24m



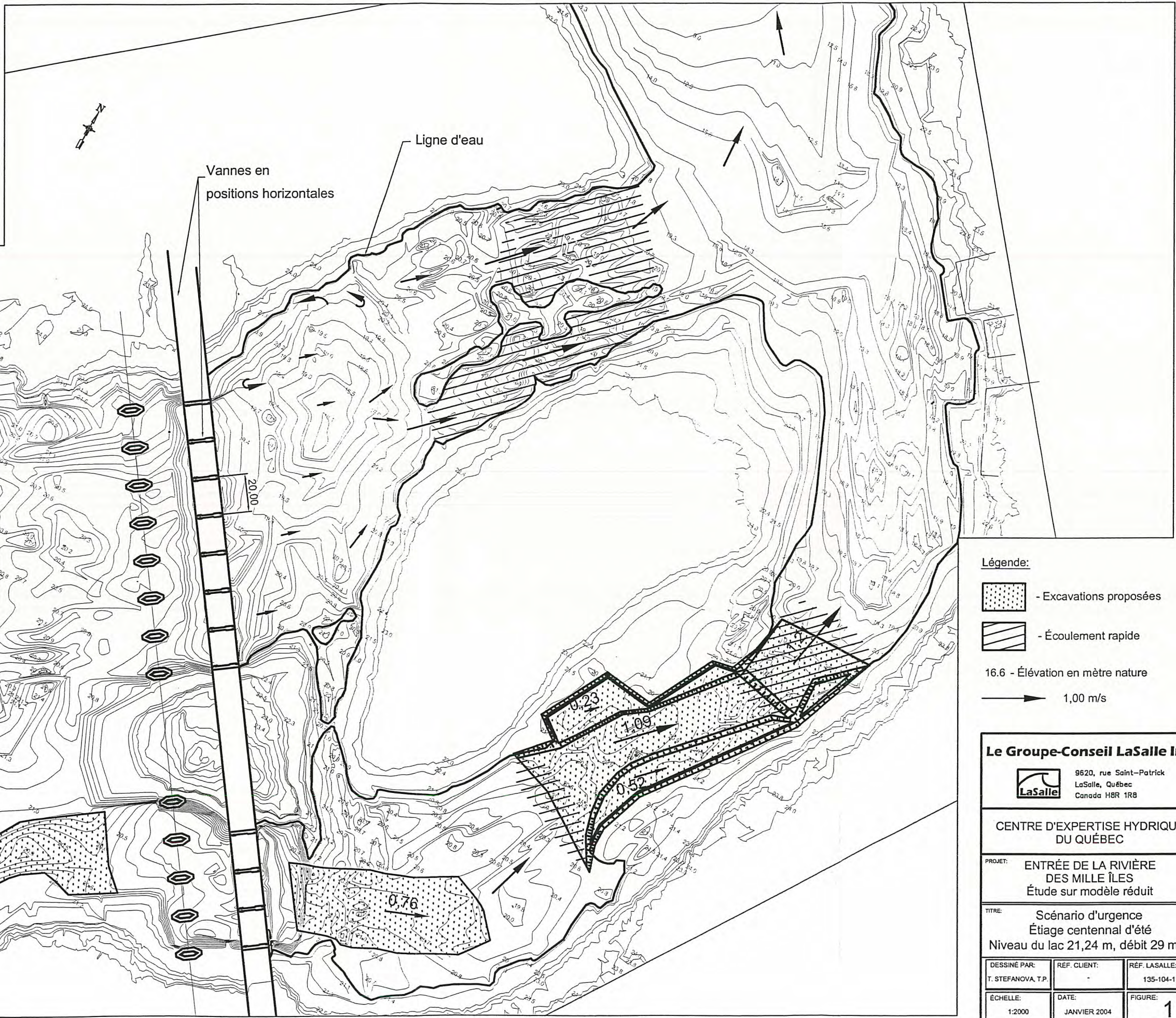
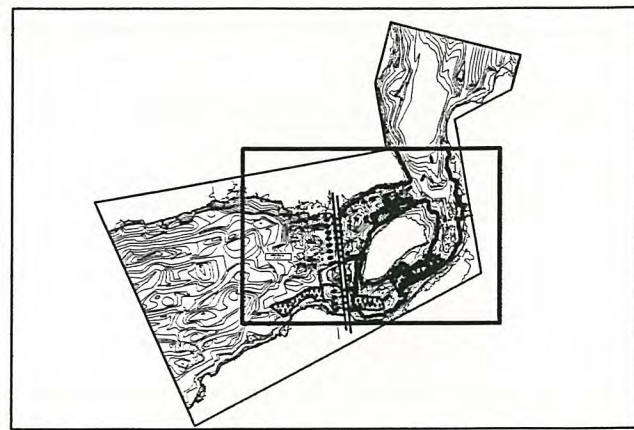
Bras gauche vu de la rive nord, scénario d'urgence, niveau du lac 21.24m



Bras droit en conditions actuelles vu de l'aval, niveau de lac 21.24m






Bras droit vu de la rive sud, scénario d'urgence, niveau du lac 21.24m




NIVEAU DU LAC
21,24 m

Vannes en positions horizontales
Ligne d'eau

Légende:

-  - Excavations proposées
-  - Écoulement rapide
- 16.6 - Élévation en mètre nature
-  1,00 m/s

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: **Scénario d'urgence**
Étiage centennal d'été
Niveau du lac 21,24 m, débit 29 m³/s

DESSINÉ PAR: T. STEFANOVA, T.P.	REF. CLIENT: -	REF. LASALLE: 135-104-11
ÉCHELLE: 1:2000	DATE: JANVIER 2004	FIGURE: 11



- Légende:**
-  - Excavations proposées
 -  - Écoulement rapide
 - 16.6 - Élévation en mètre nature
 -  1.00 m/s

Le Groupe-Conseil LaSalle Inc.
 9620, rue Saint-Patrick
 LaSalle, Québec
 Canada H8R 1R8

**CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE
 DU QUÉBEC**

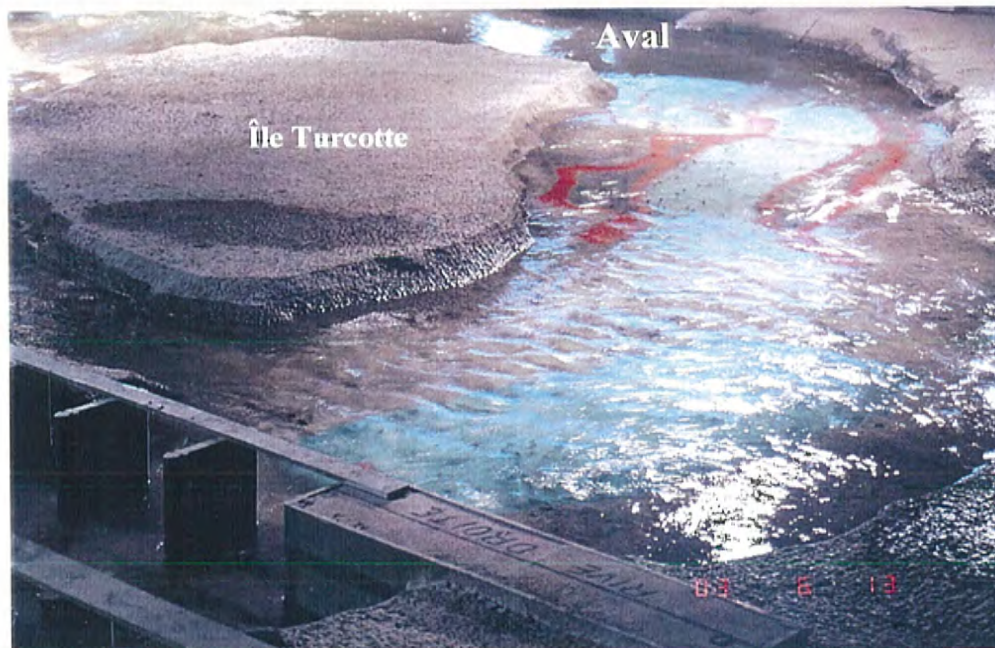
PROJET: **ENTRÉE DE LA RIVIÈRE
 DES MILLE ÎLES
 Étude sur modèle réduit**

TITRE: **Scénario d'urgence
 Périod de fraie
 Niveau du lac 22,36 m, débit 340 m³/s**

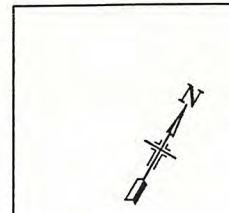
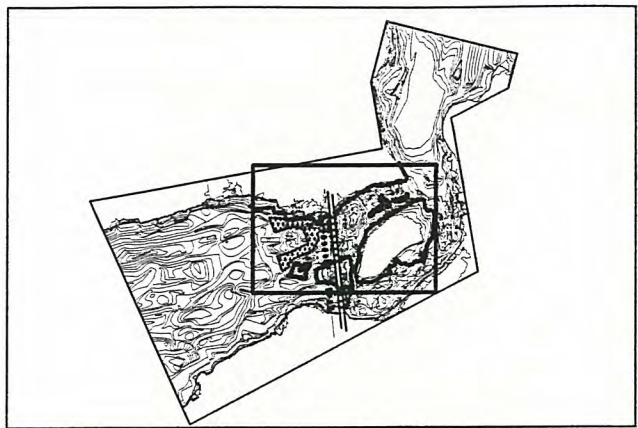
DESSINÉ PAR: T. STEFANOVA, T.P.	REF. CLIENT: -	REF. LASALLE: 135-104-12
ÉCHELLE: 1:2000	DATE: JANVIER 2004	FIGURE: 12



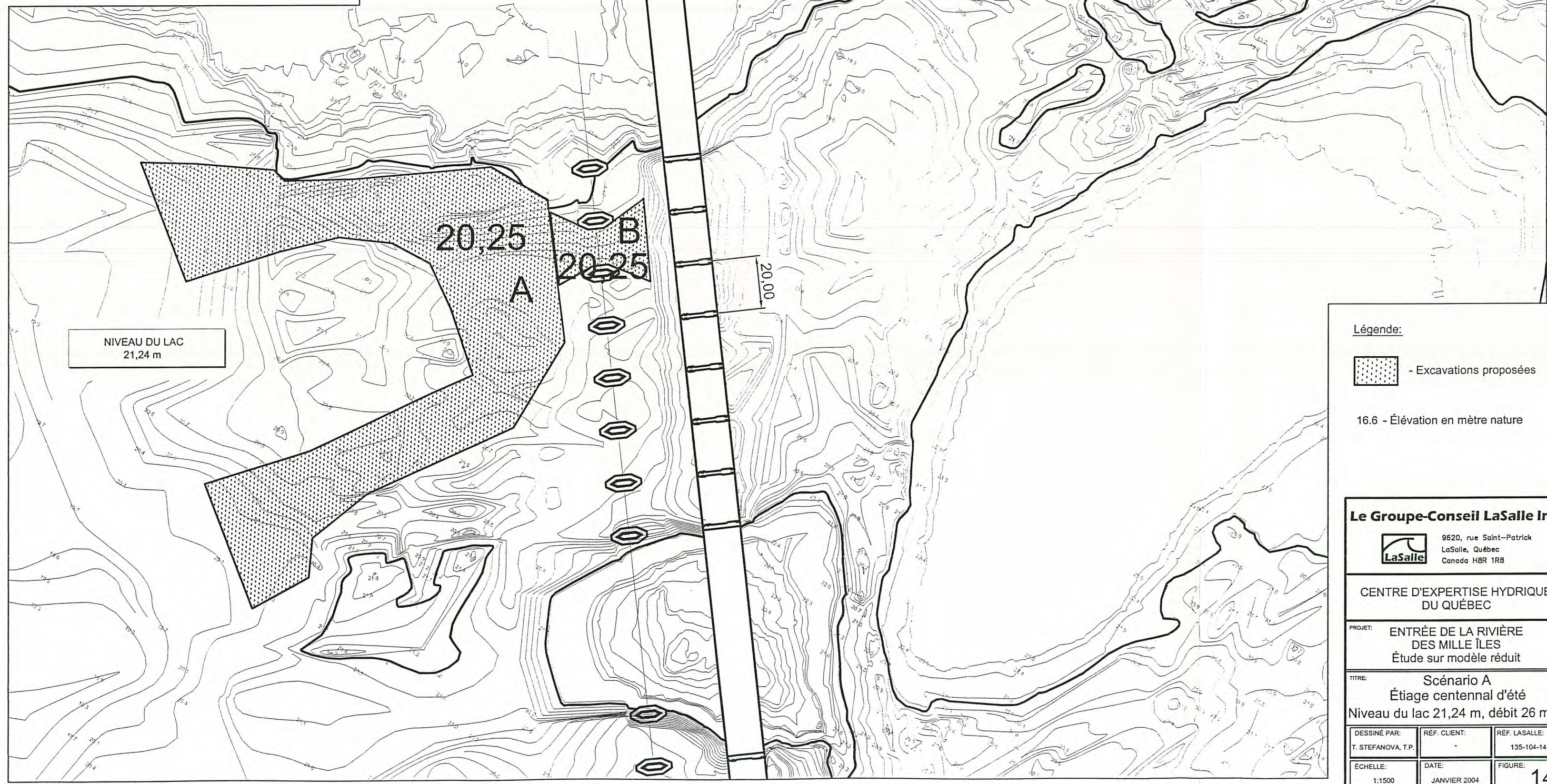
Bras gauche vu de la rive nord, scénario d'urgence, niveau du lac 22.36m, débit 340m³/s



Bras droit vu de l'amont rive sud, scénario d'urgence, niveau du lac 22.36m, débit 340m³/s



Ligne d'eau




NIVEAU DU LAC
21,24 m

20,25
A

20,25
B


20,00

Légende:

 - Excavations proposées

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**

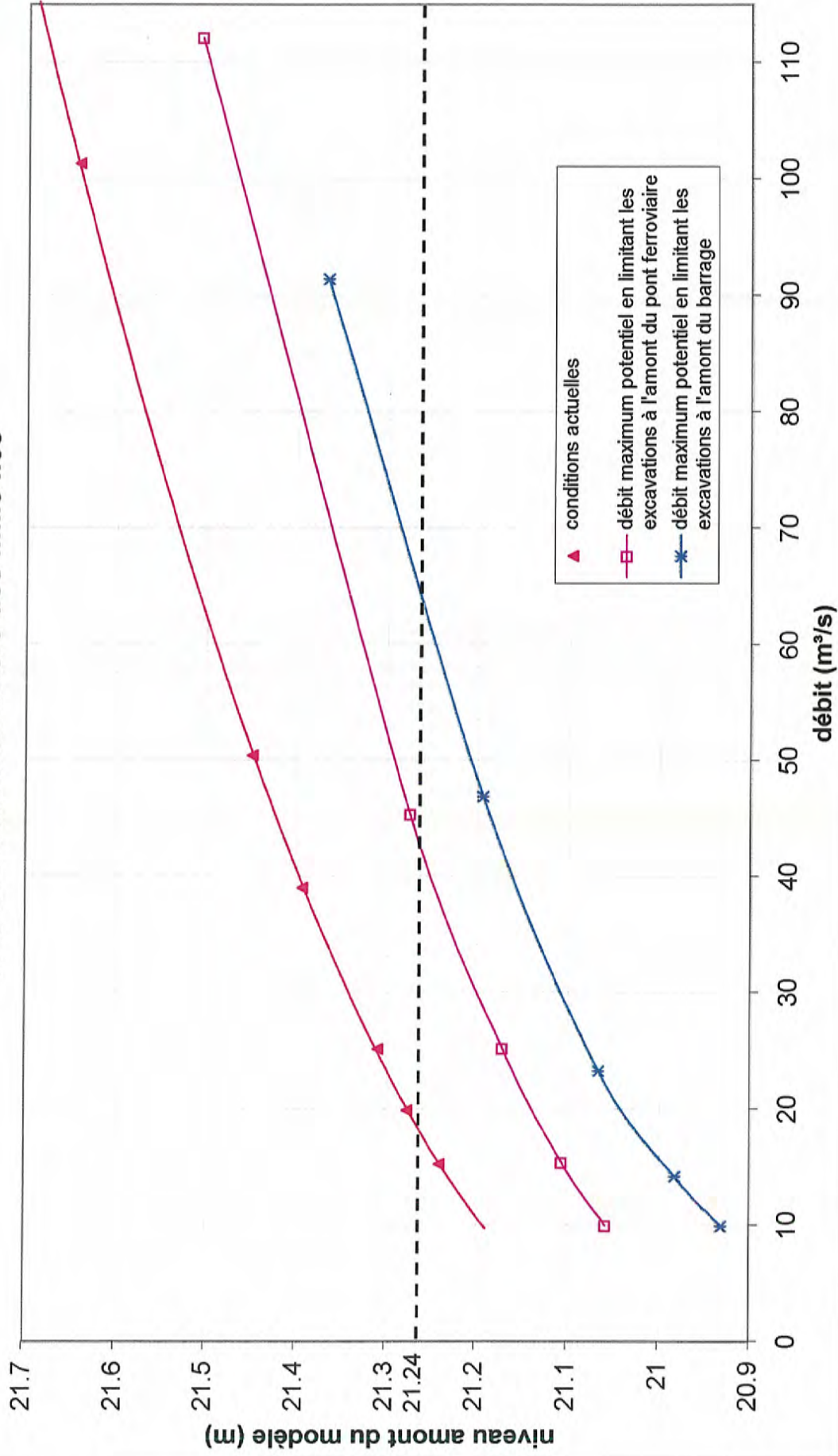
PROJET: ENTRÉE DE LA RIVIÈRE
DES MILLE ÎLES
Étude sur modèle réduit

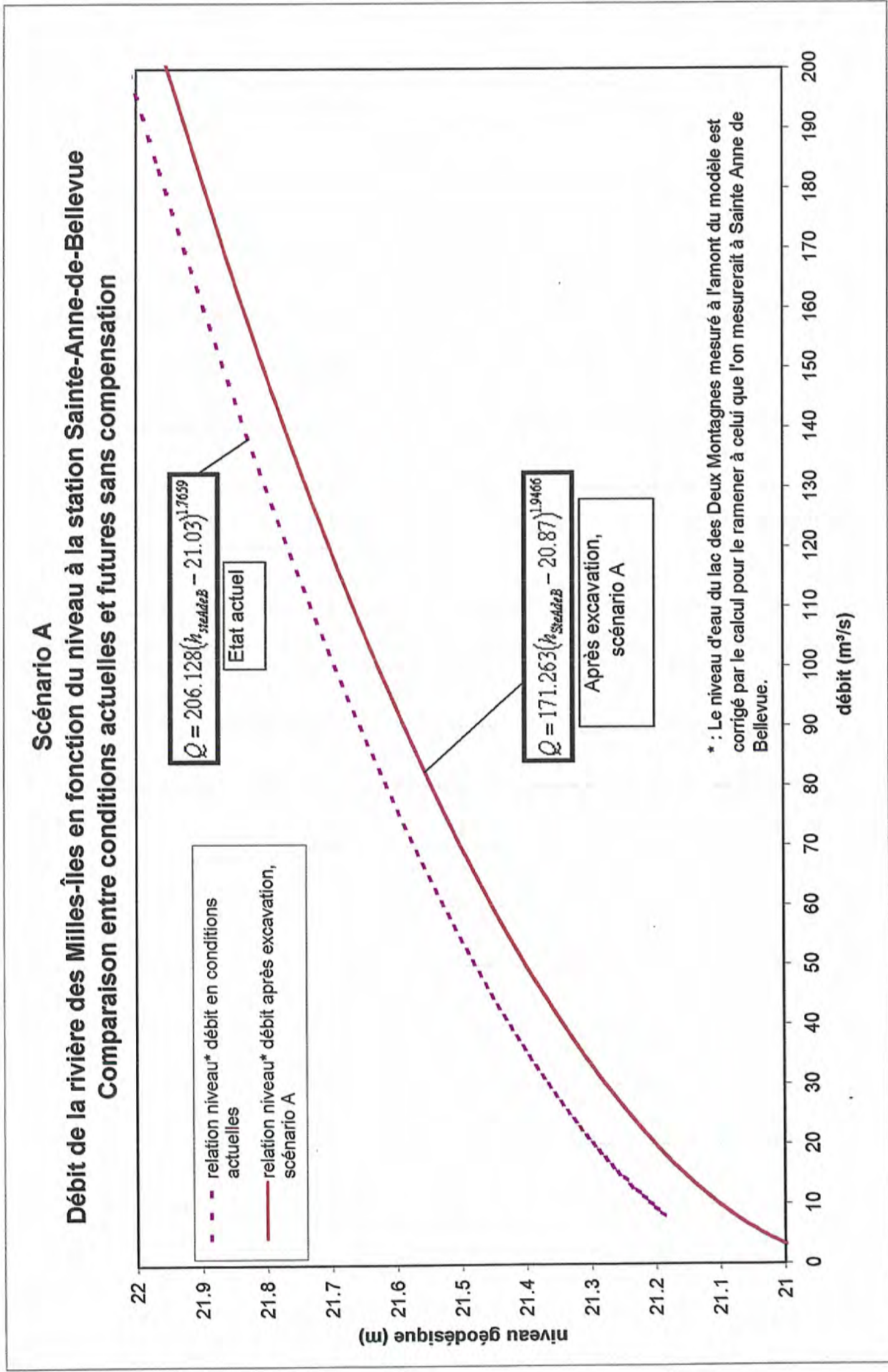
TITRE: Scénario A
Étiage centennal d'été
Niveau du lac 21,24 m, débit 26 m³/s

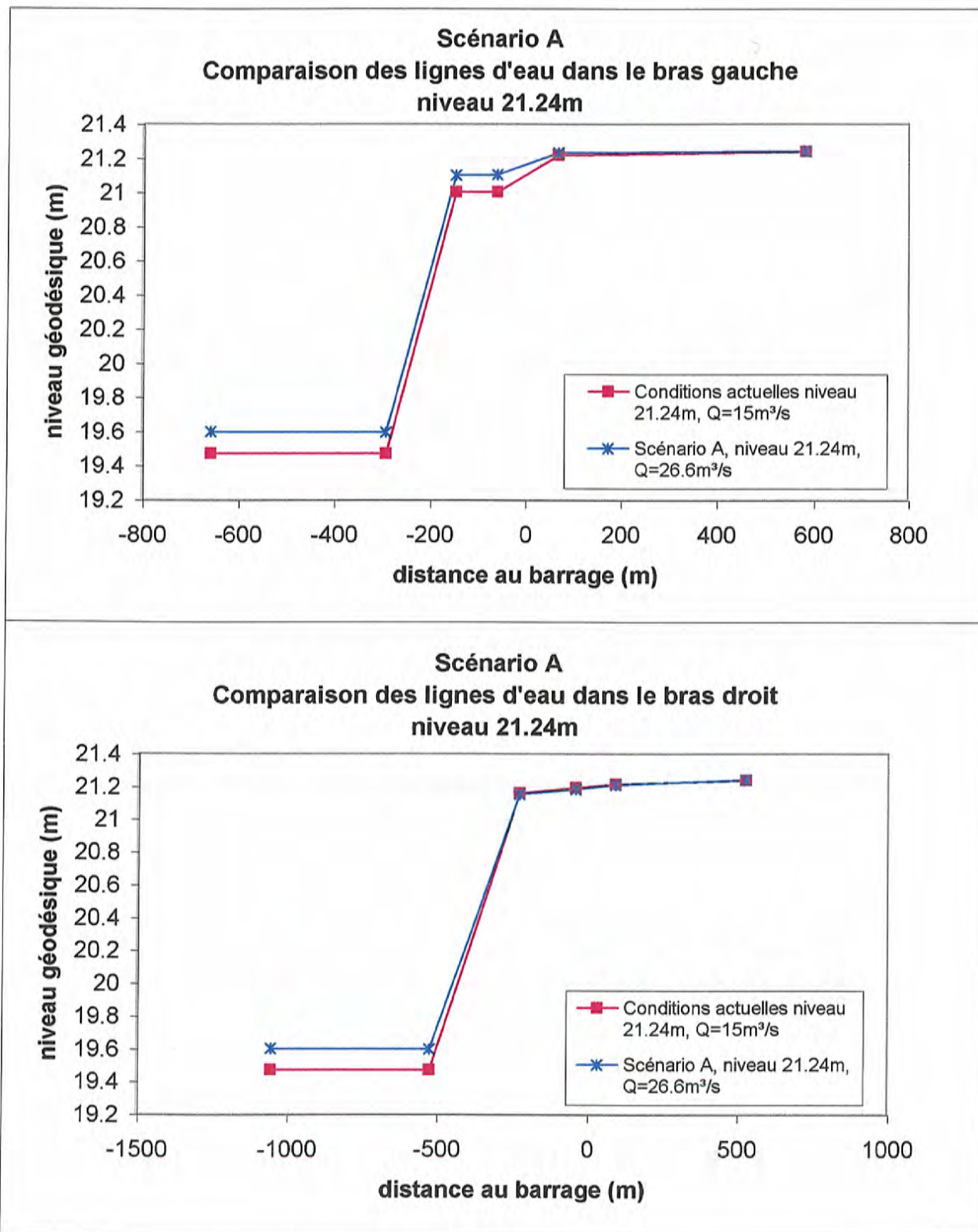
DESSINÉ PAR: T. STEFANOVA, T.P.	REF. CLIENT: -	REF. LASALLE: 135-104-14
------------------------------------	-------------------	-----------------------------

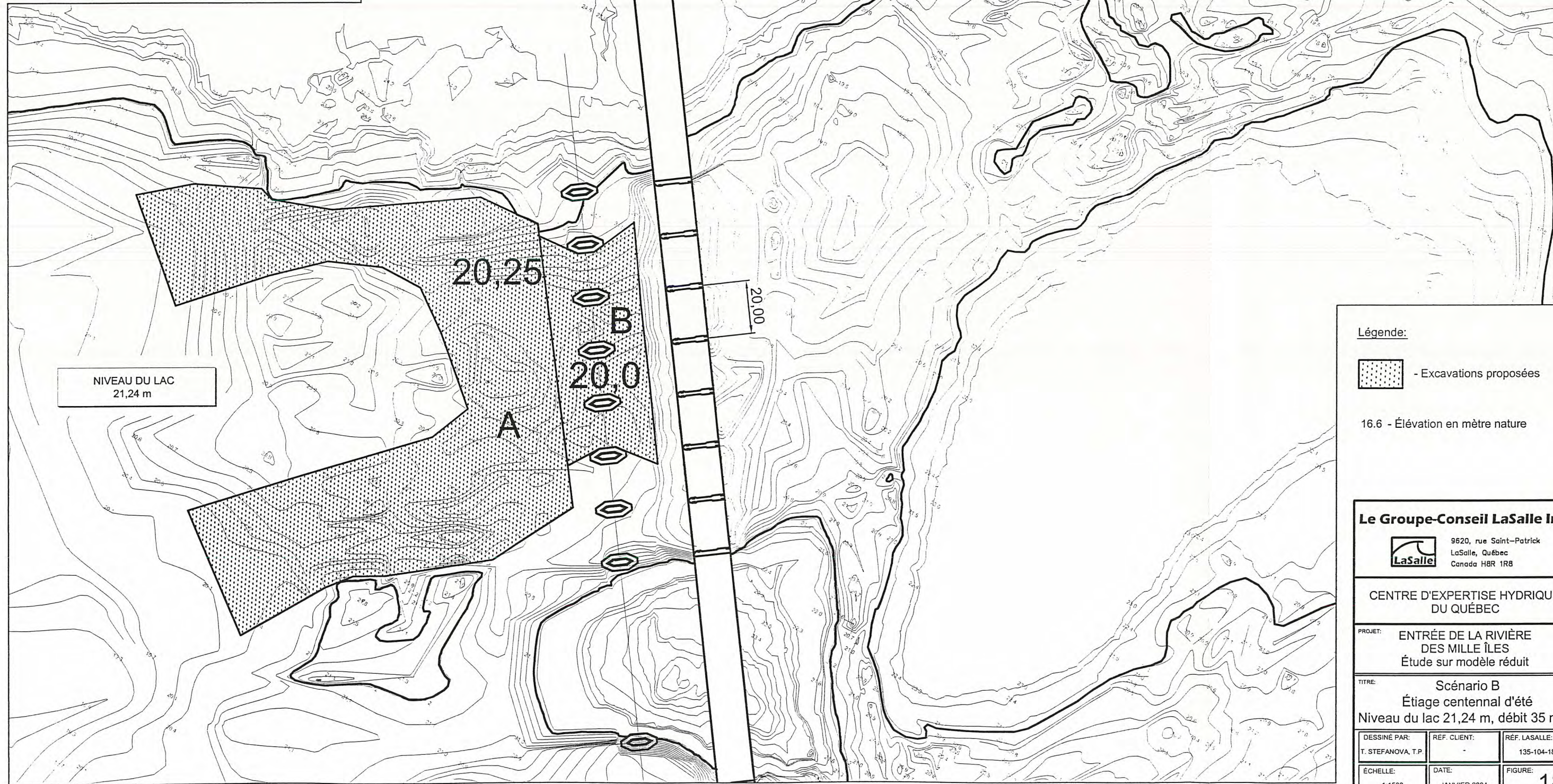
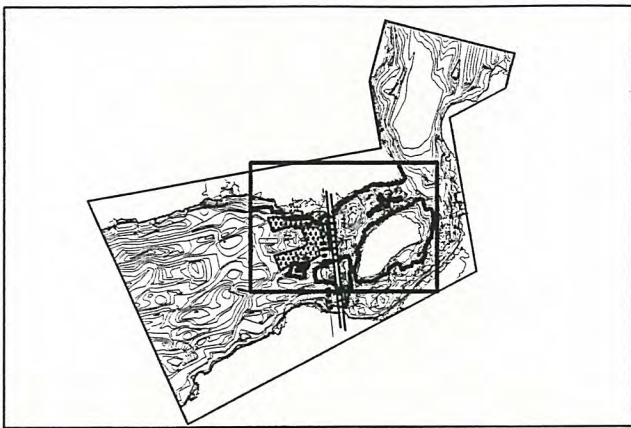
ÉCHELLE: 1:1500	DATE: JANVIER 2004	FIGURE: 14
--------------------	-----------------------	---------------

Résultats préliminaires Relation entre le niveau à l'amont du modèle et le débit dans la rivière des Mille Îles









NIVEAU DU LAC
21,24 m

Ligne d'eau

20,25

20,0

20,00

A

B

Légende:



- Excavations proposées

16.6 - Élévation en mètre nature

Le Groupe-Conseil LaSalle Inc.



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

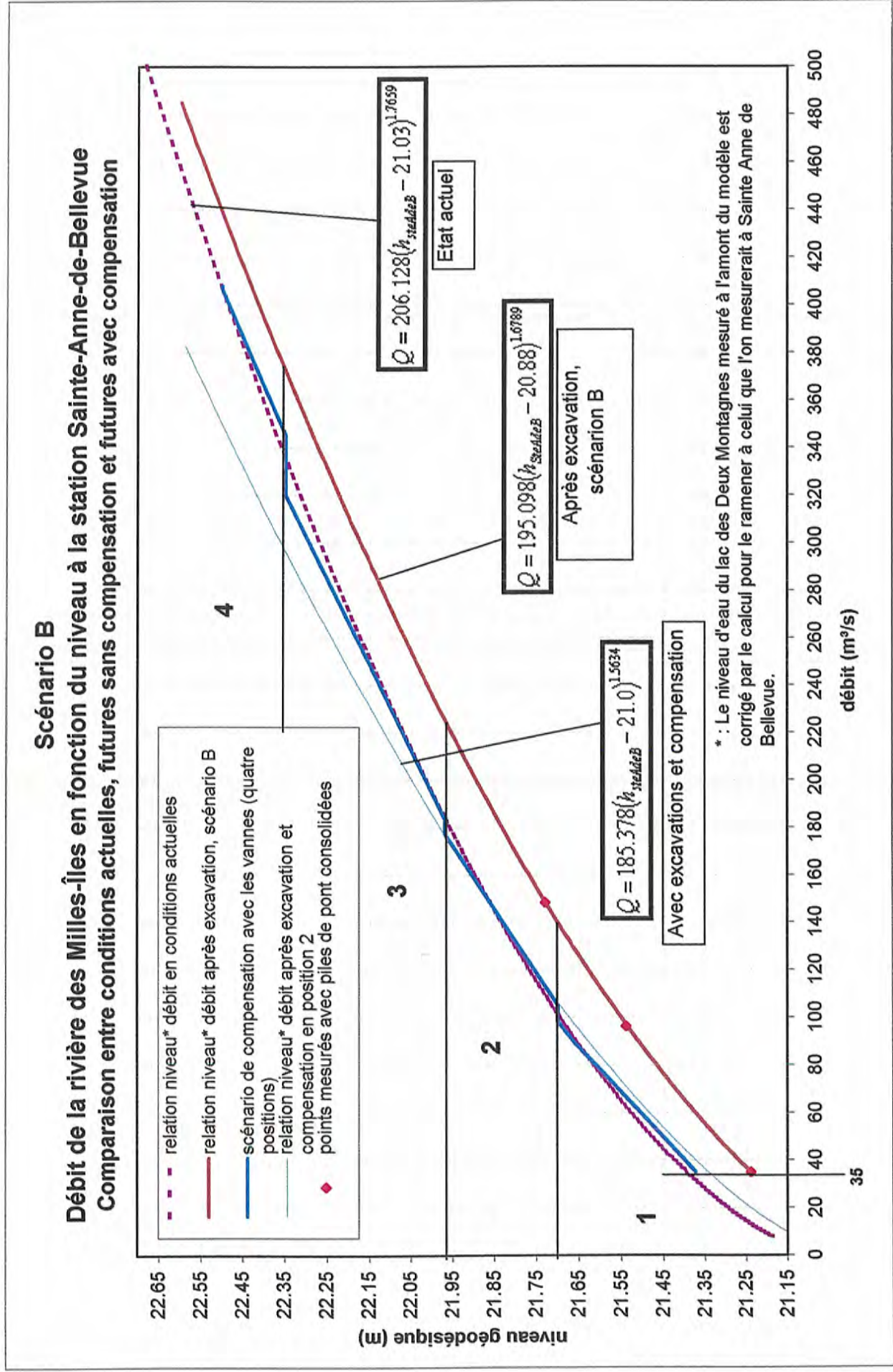
CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE
DU QUÉBEC

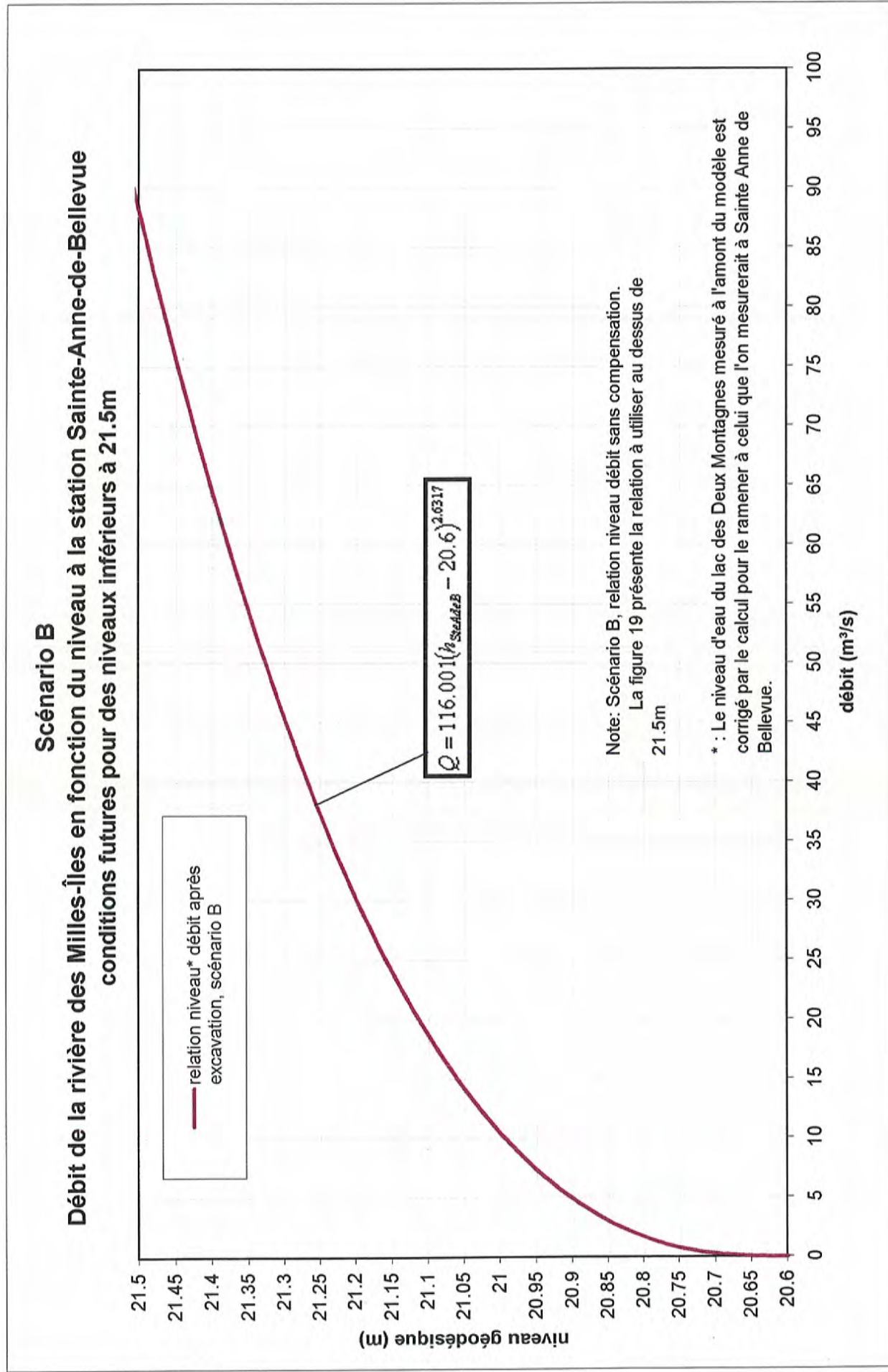
PROJET: ENTRÉE DE LA RIVIÈRE
DES MILLE ÎLES
Étude sur modèle réduit

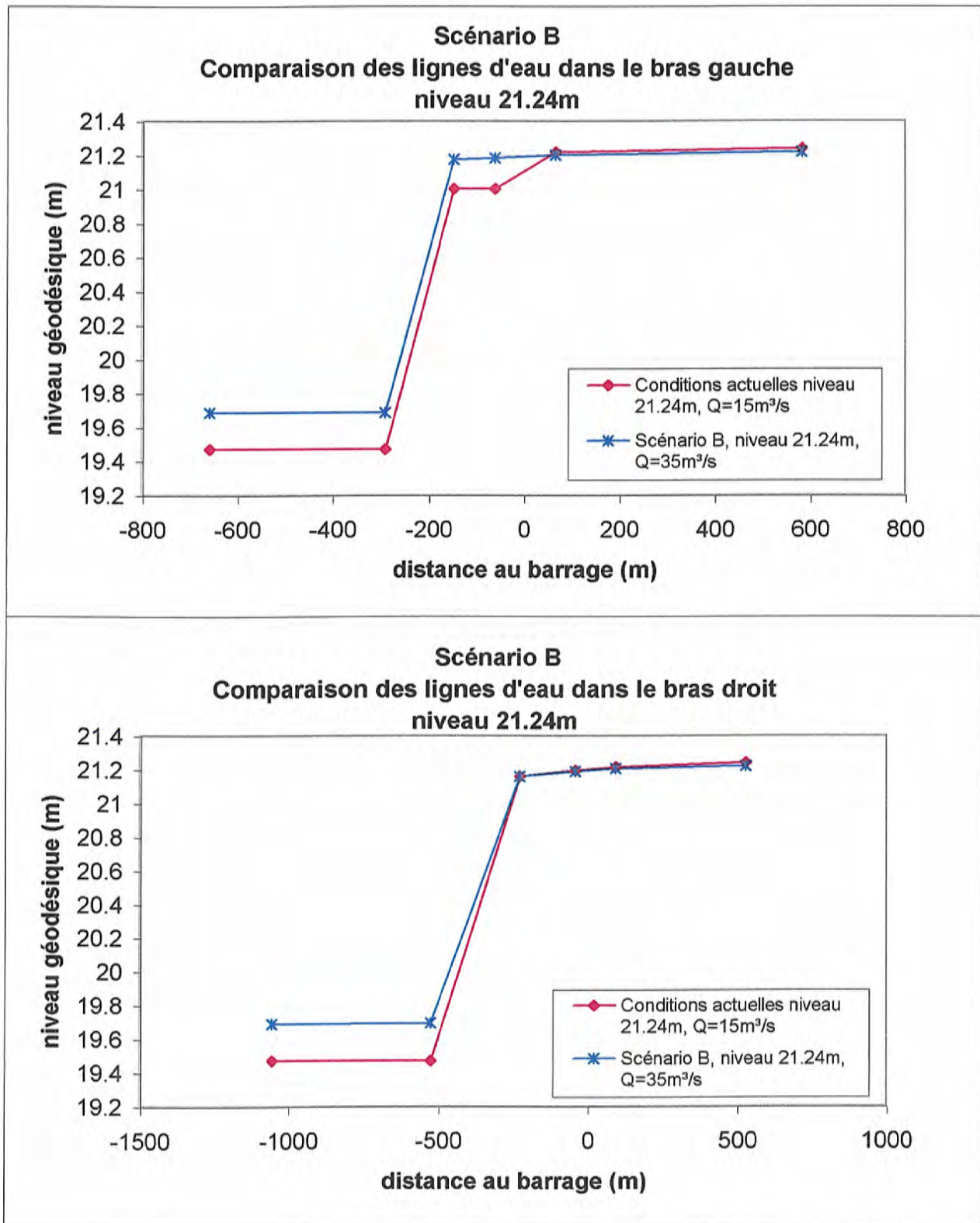
TITRE: Scénario B
Étiage centennal d'été
Niveau du lac 21,24 m, débit 35 m³/s

DESSINÉ PAR: T. STEFANOVA, T.P. REF. CLIENT: - REF. LASALLE: 135-104-18

ÉCHELLE: 1:1500 DATE: JANVIER 2004 FIGURE: 18





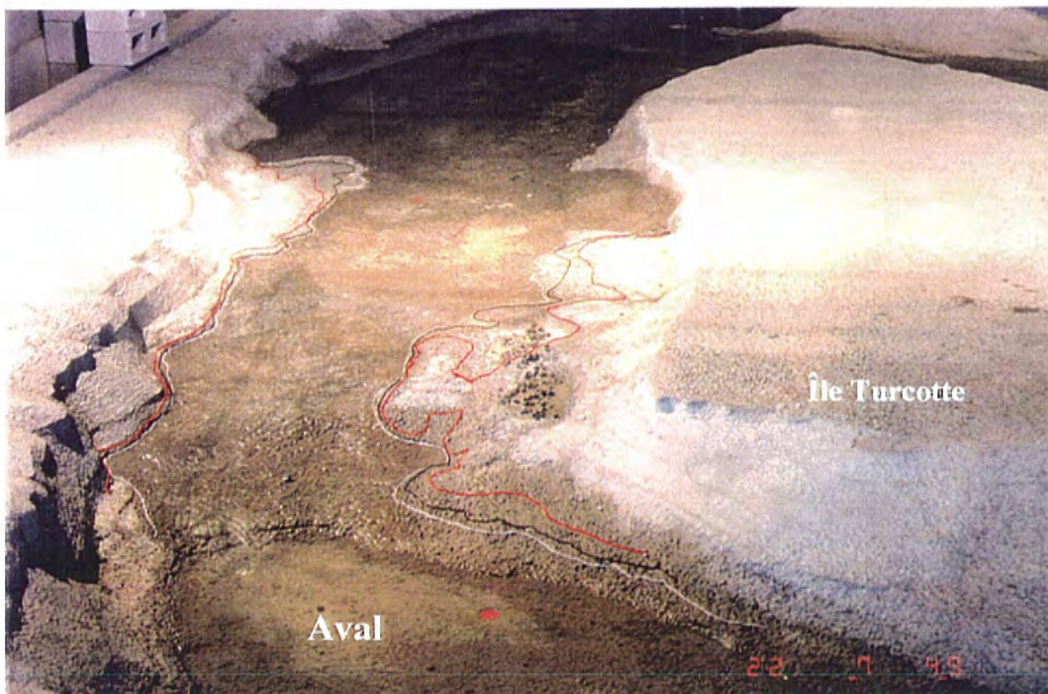




Bras gauche en conditions actuelles vu de l'aval, niveau de lac 21.24m



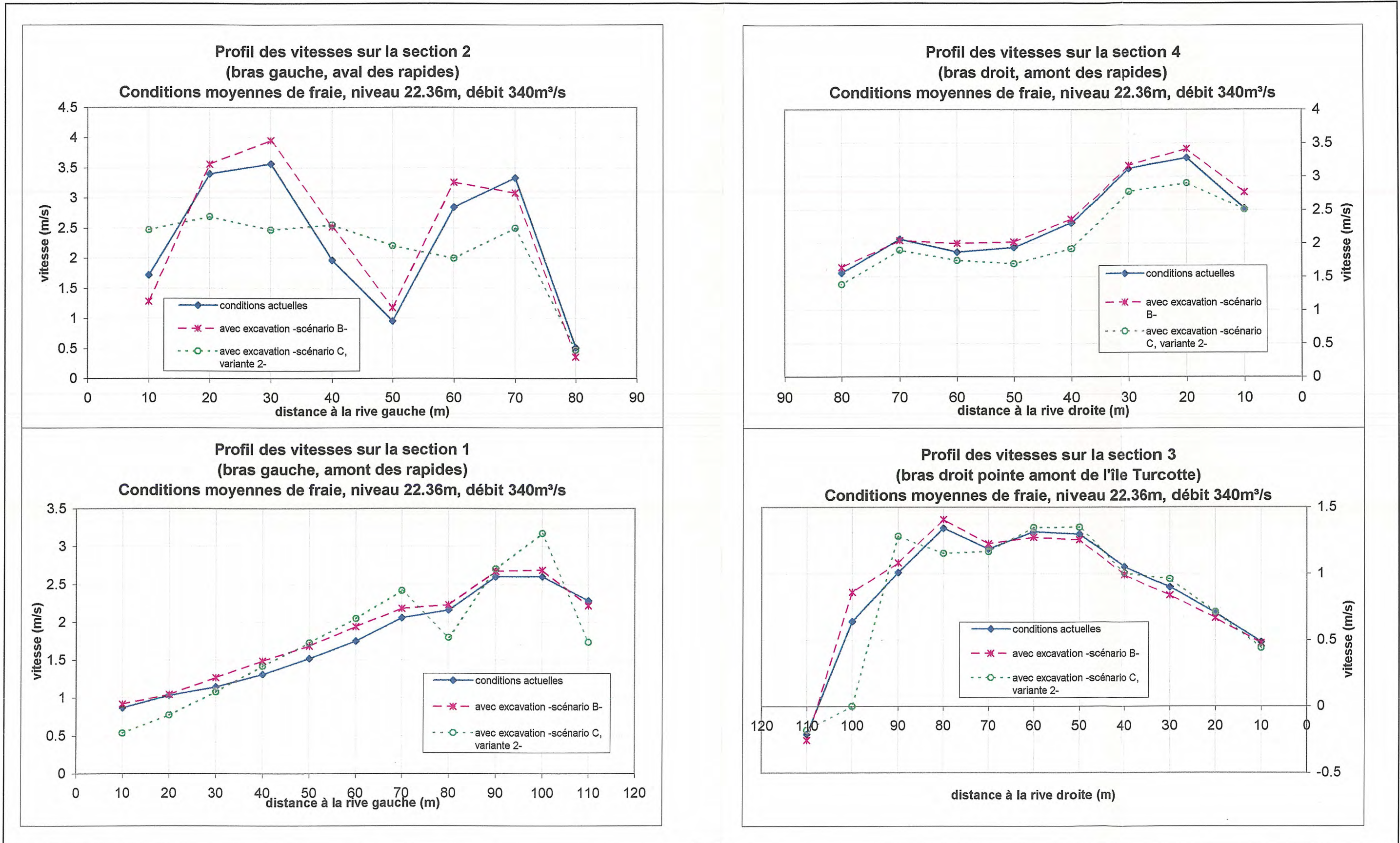
Bras gauche vu de l'aval, scénario B, niveau du lac 21.24m

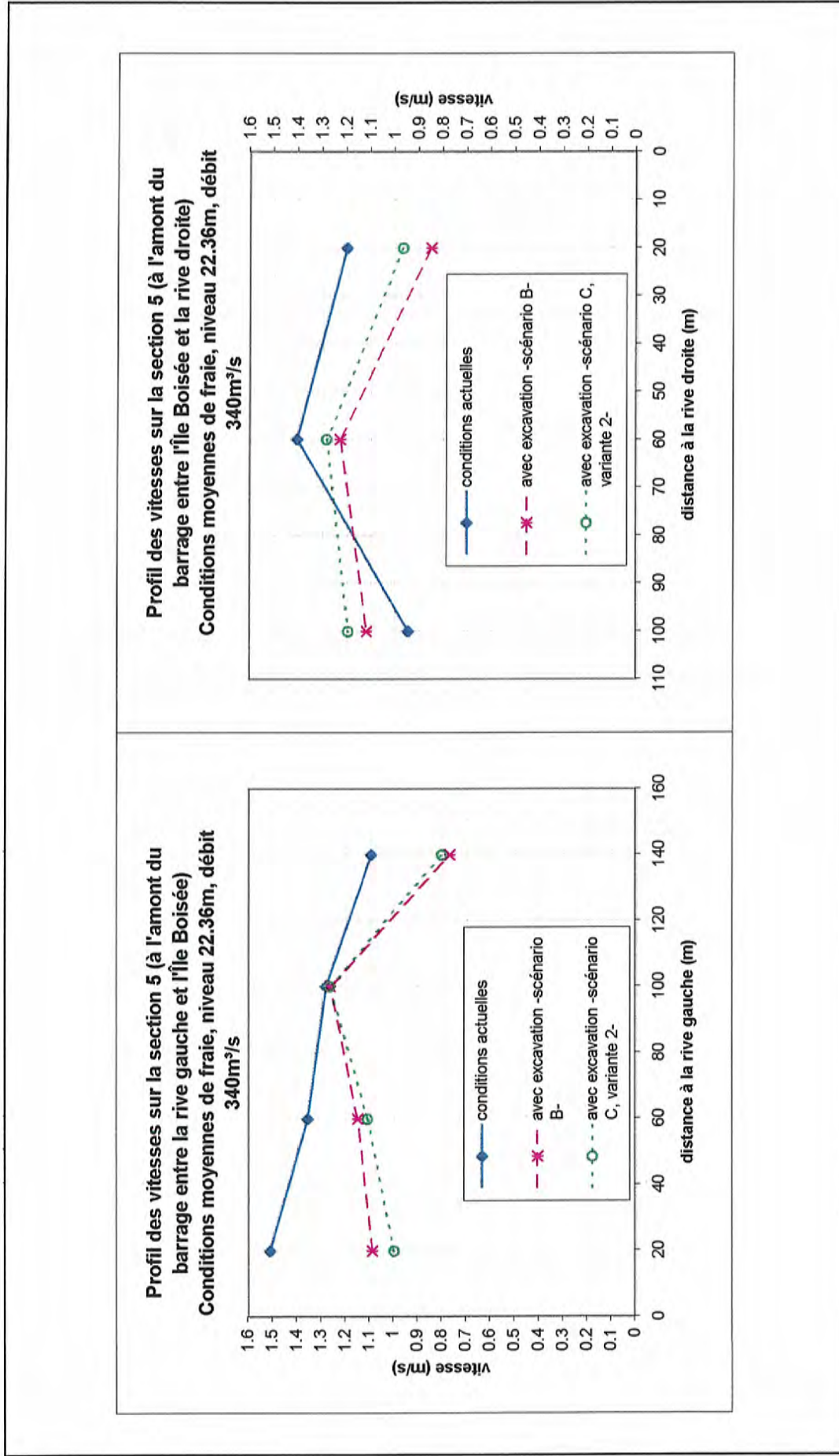


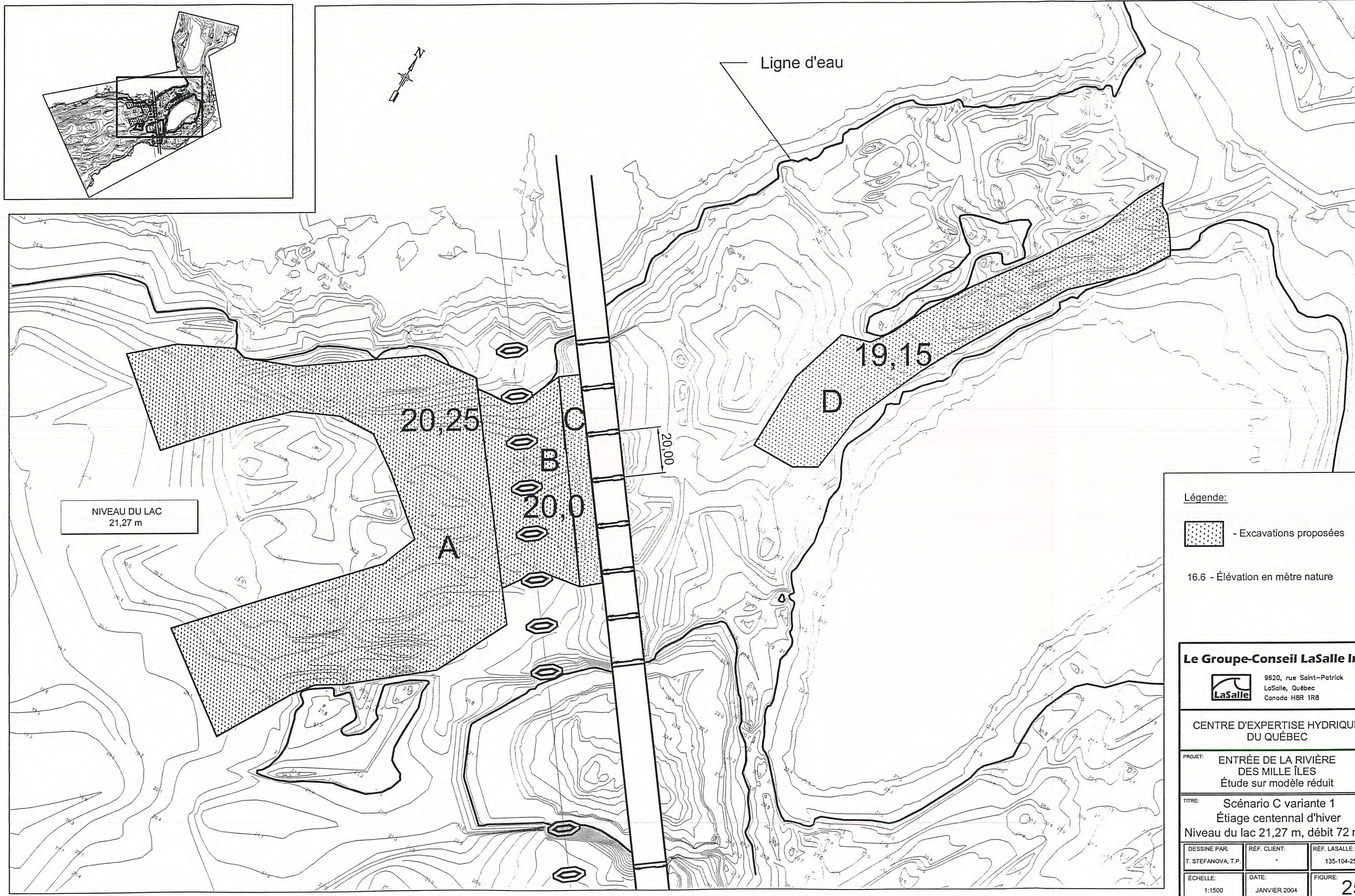
Bras droit en conditions actuelles vu de l'aval, niveau de lac 21.24m




Bras droit vu de l'aval, scénario B, niveau du lac 21.24m







- Légende:**
-  - Excavations proposées
 - 16.6 - Élévation en mètre nature

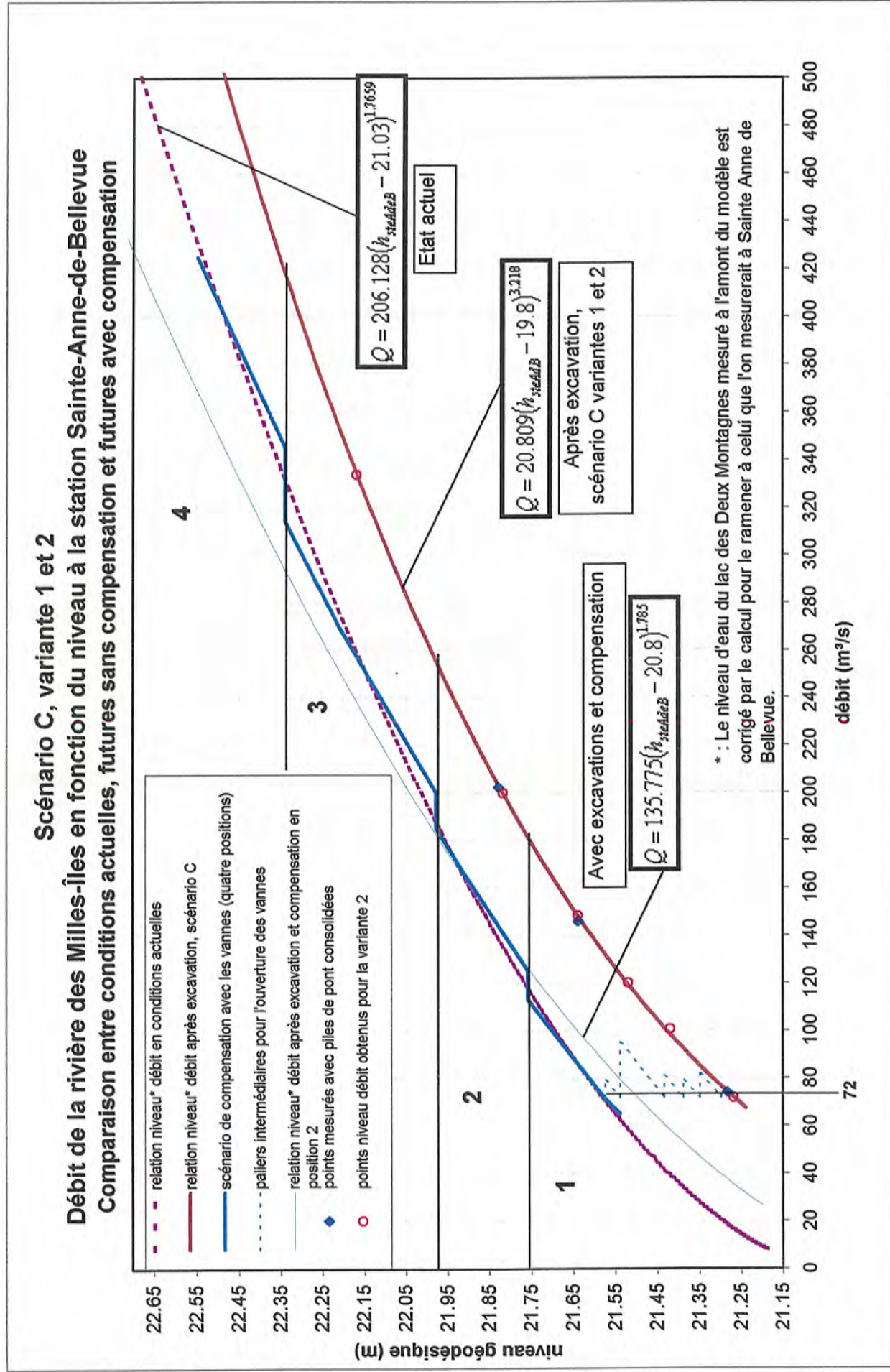
Le Groupe-Conseil LaSalle Inc.
 9620, rue Saint-Patrick
 LaSalle, Québec
 Canada H8R 1R8

CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE
 DU QUÉBEC

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

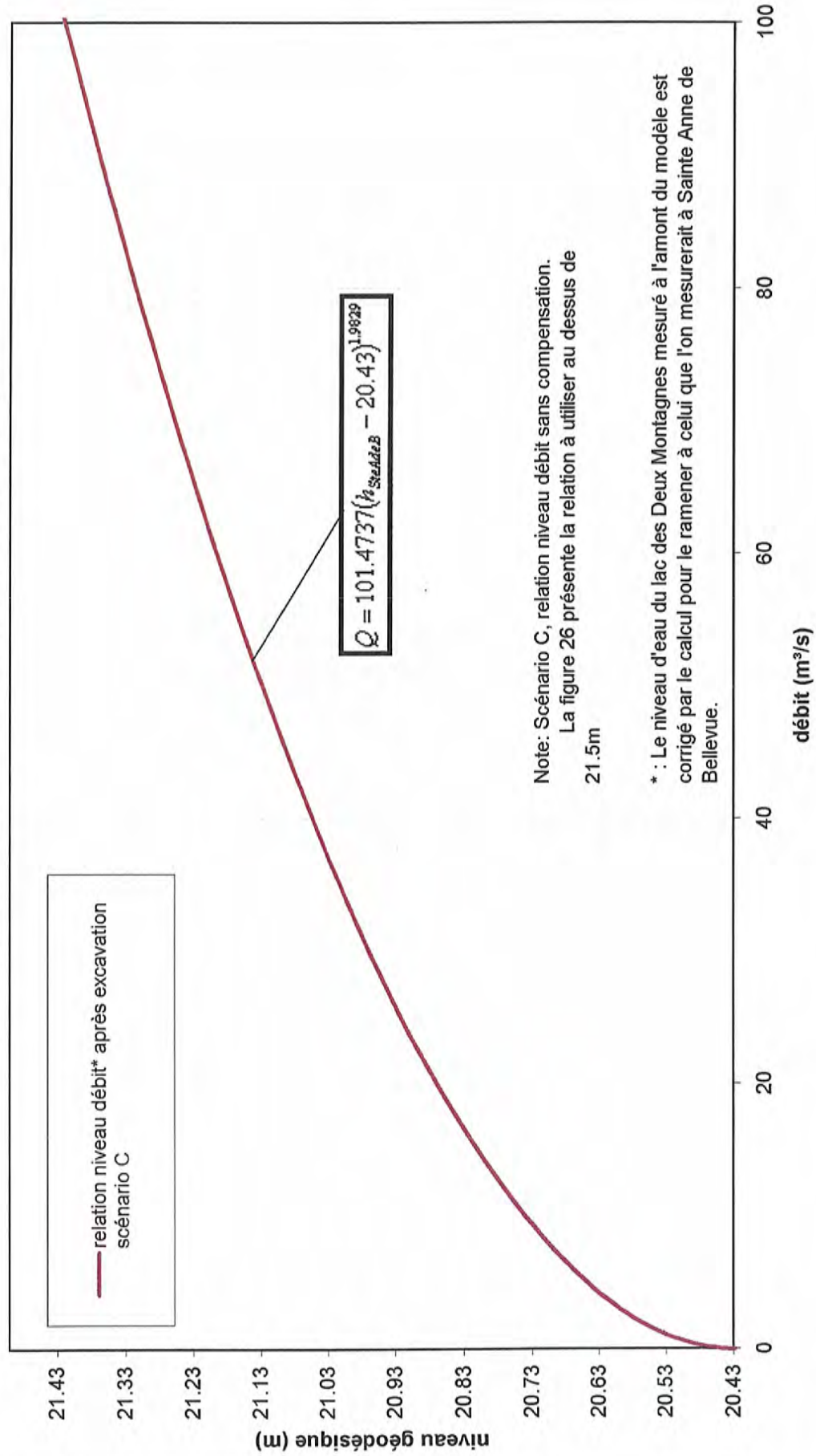
TITRE: Scénario C variante 1
 Étiage centennal d'hiver
 Niveau du lac 21,27 m, débit 72 m³/s

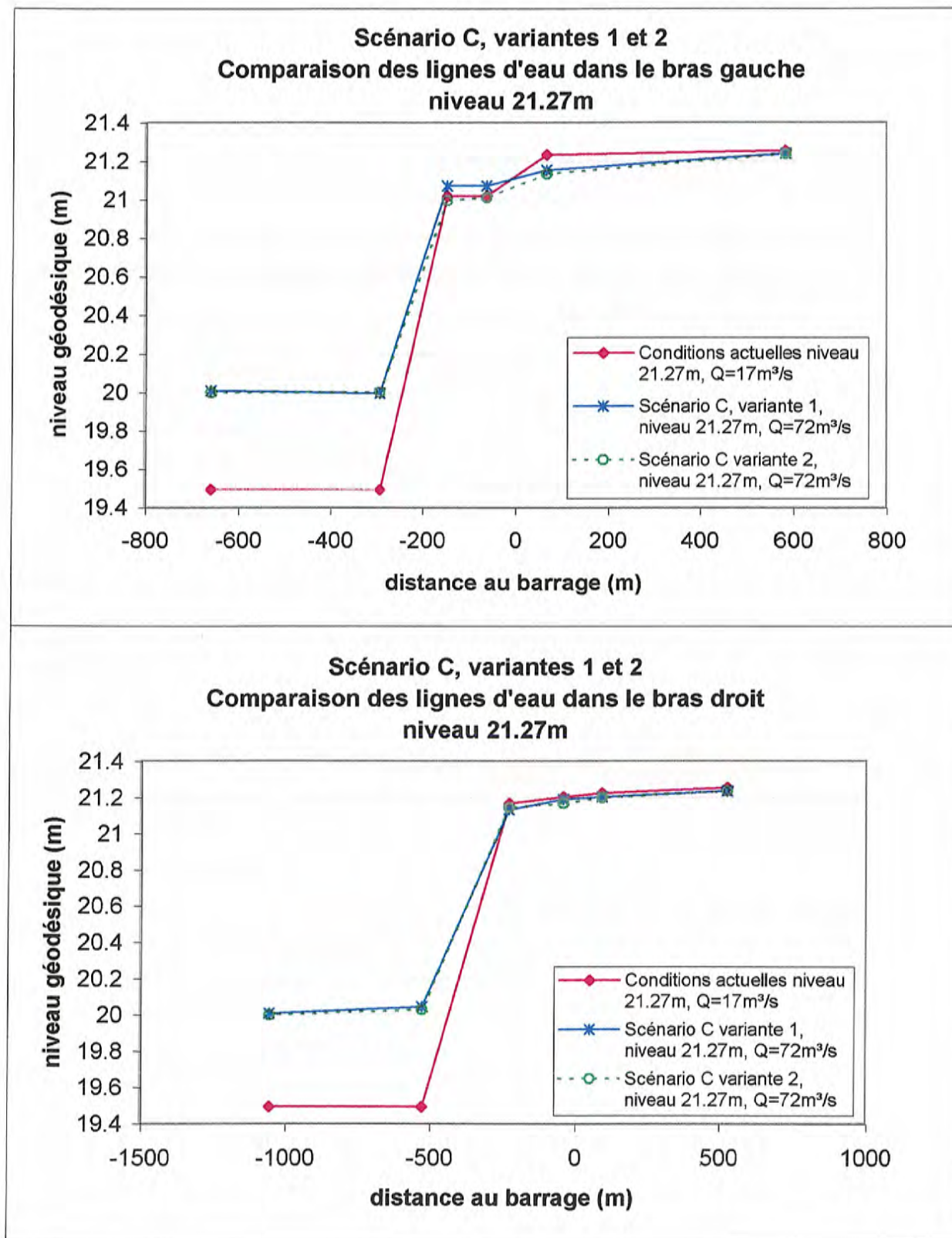
DESSINÉ PAR: T. STEFANOVA, T.P.	RÉF. CLIENT: -	RÉF. LASALLE: 135-104-25
ECHELLE: 1:1500	DATE: JANVIER 2004	FIGURE: 25



Scénario C

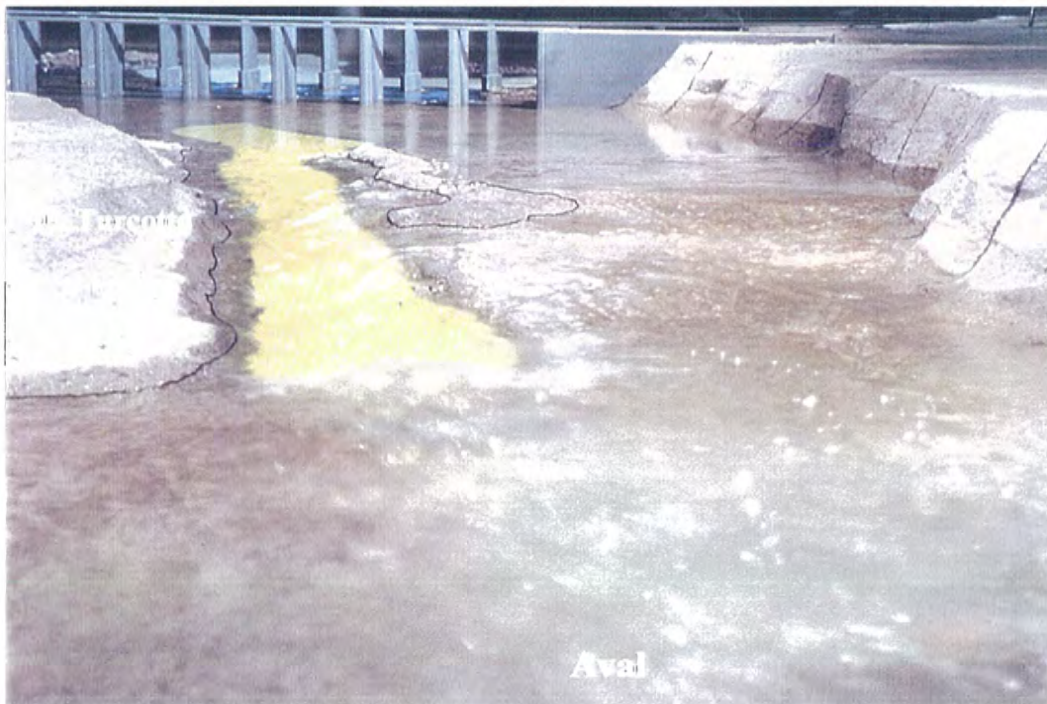
Débit de la rivière des Mille-Îles en fonction du niveau à la station Sainte-Anne-de-Bellevue conditions futures pour des niveaux inférieurs à 21.5m



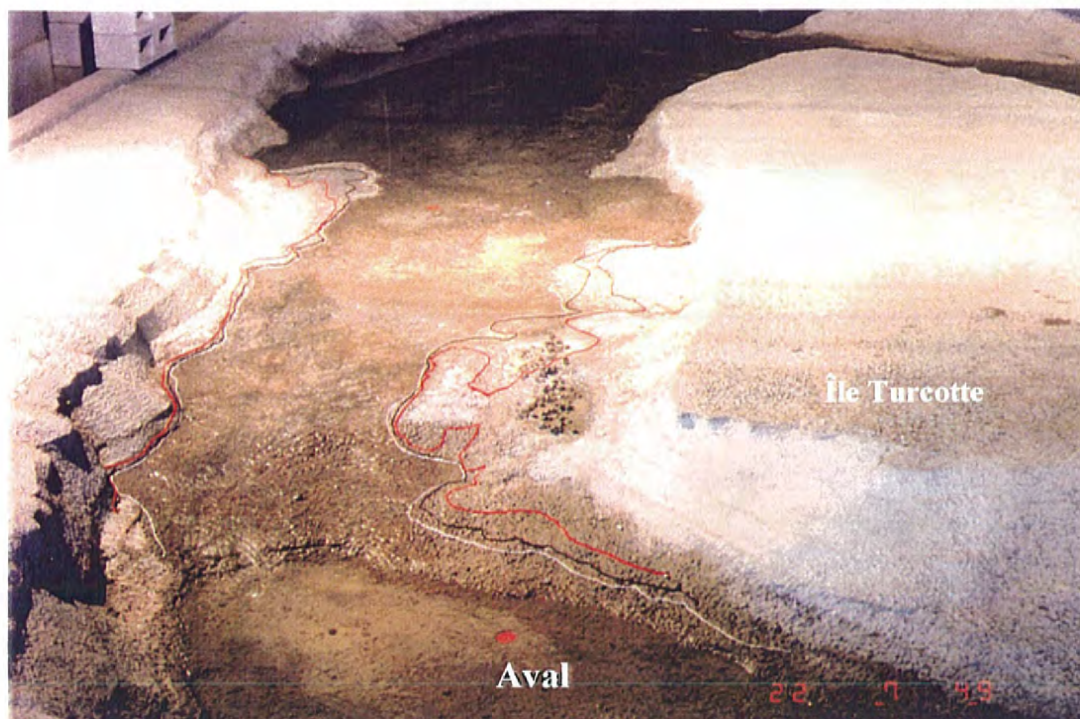




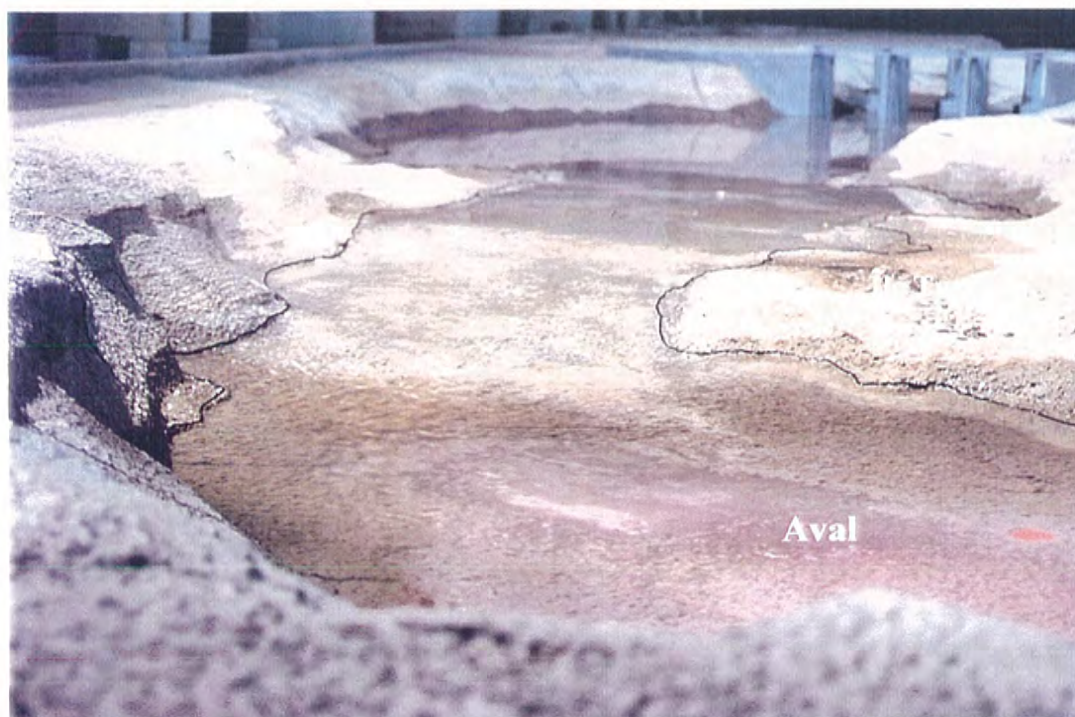
Bras gauche en conditions actuelles vu de l'aval, niveau de lac 21.24m



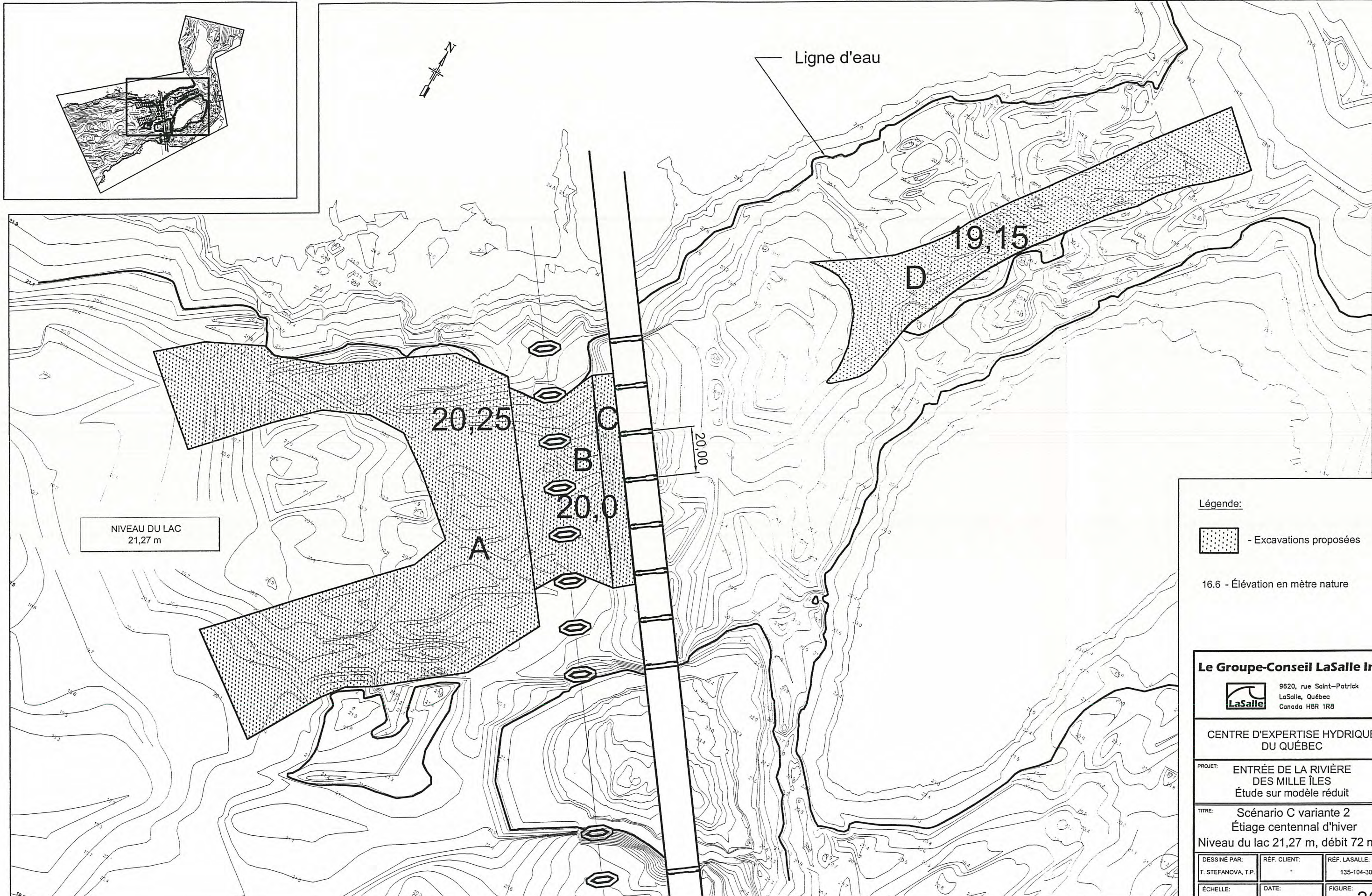
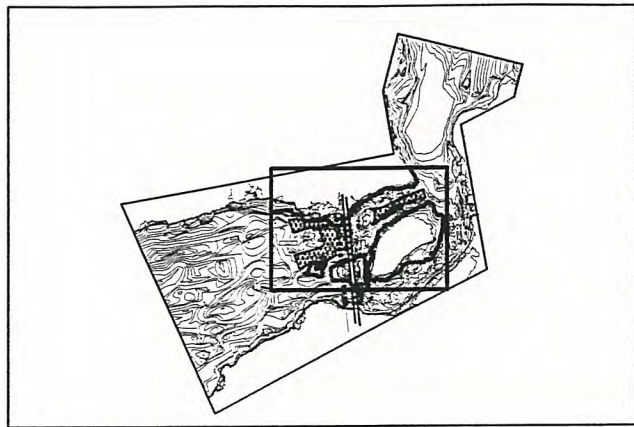
Bras gauche vu de l'aval, scénario C, variante 1, niveau du lac 21.24m



Bras droit en conditions actuelles vu de l'aval, niveau de lac 21.24m




Bras droit vu de l'aval, scénario C, variante 1, niveau du lac 21.24m



Ligne d'eau


NIVEAU DU LAC
21,27 m

Légende:

 - Excavations proposées

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

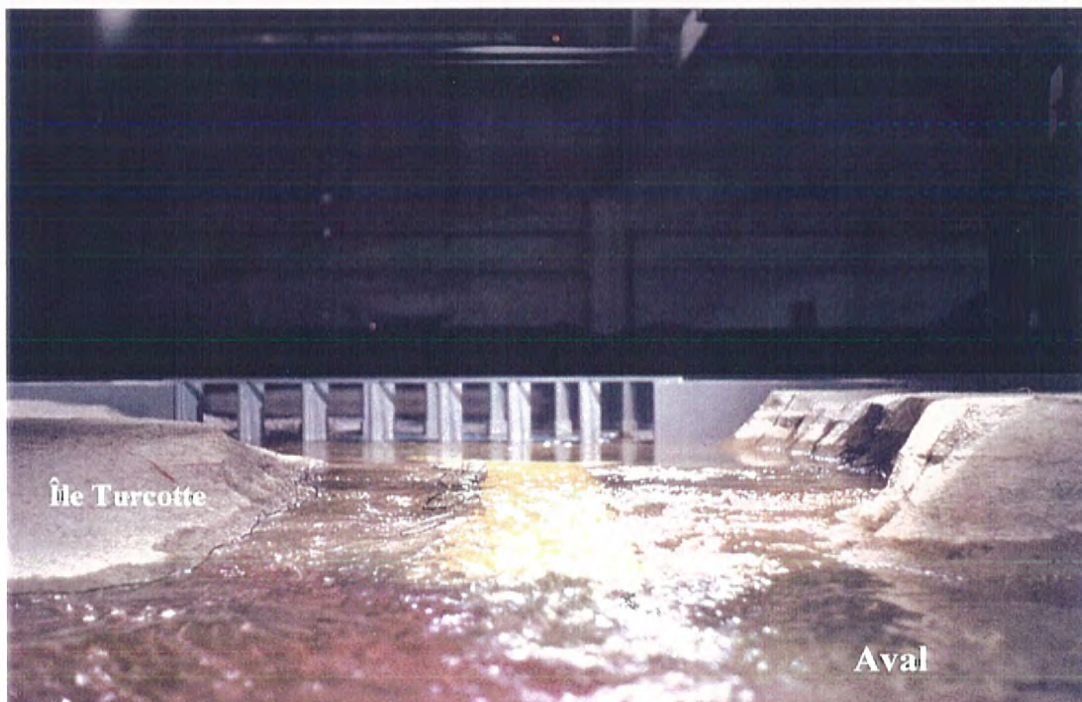
TITRE: Scénario C variante 2
Étiage centennal d'hiver
Niveau du lac 21,27 m, débit 72 m³/s

DESSINÉ PAR: T. STEFANOVA, T.P.	REF. CLIENT: -	REF. LASALLE: 135-104-30
------------------------------------	-------------------	-----------------------------

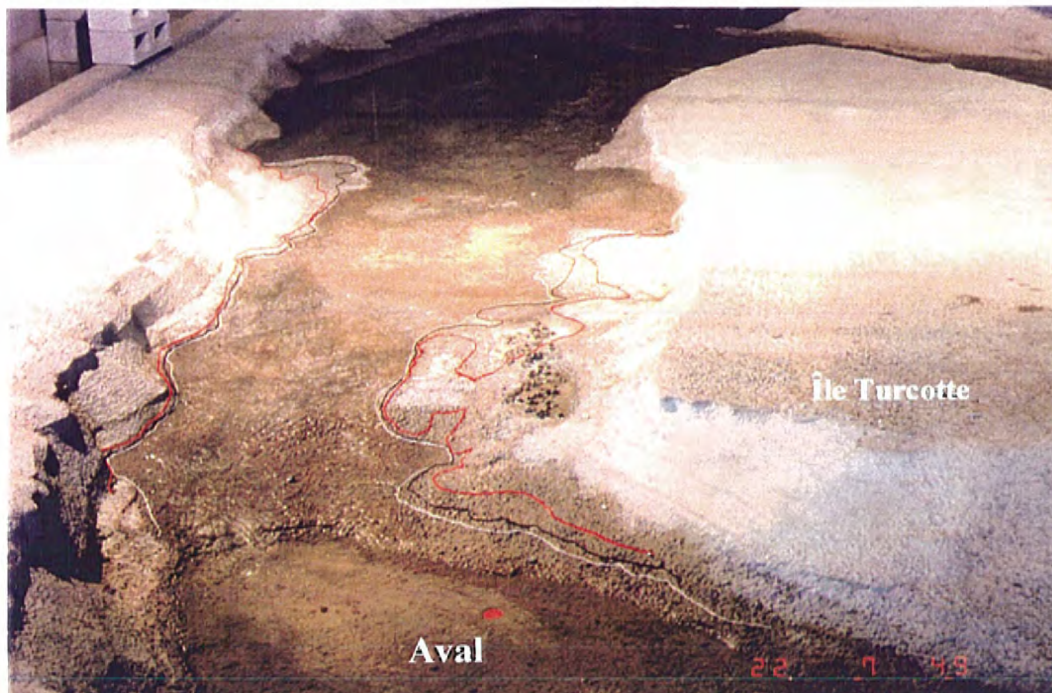
ÉCHELLE: 1:1500	DATE: JANVIER 2004	FIGURE: 30
--------------------	-----------------------	----------------------



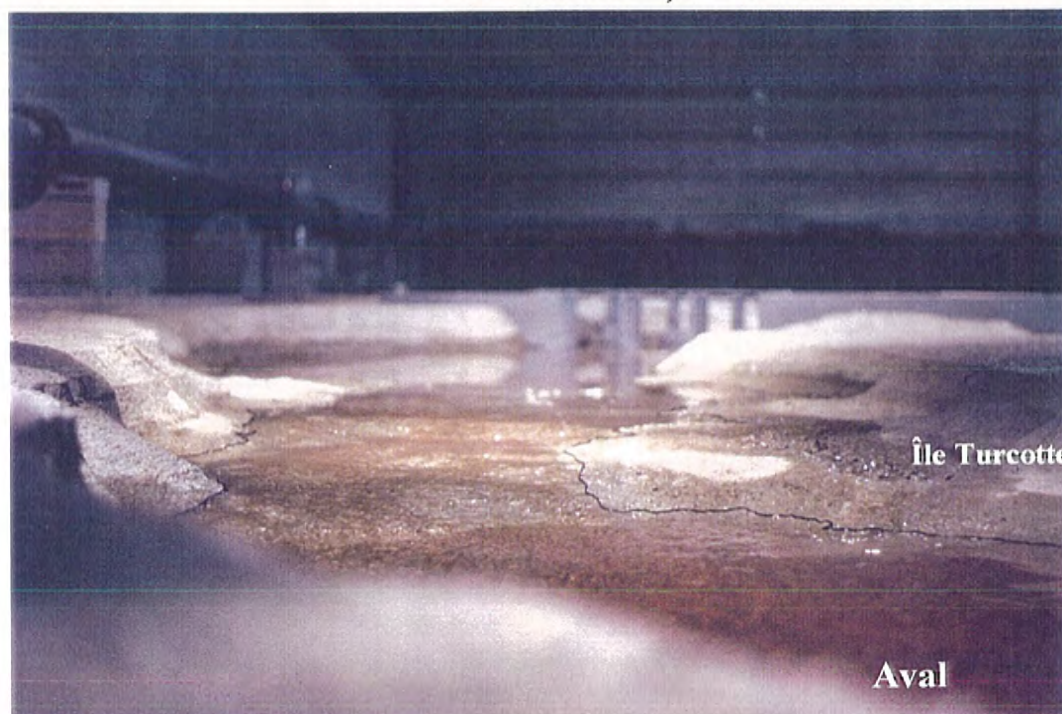
Bras gauche en conditions actuelles vu de l'aval, niveau de lac 21.24m



Bras gauche vu de l'aval, scénario C, variante 2, niveau du lac 21.24m

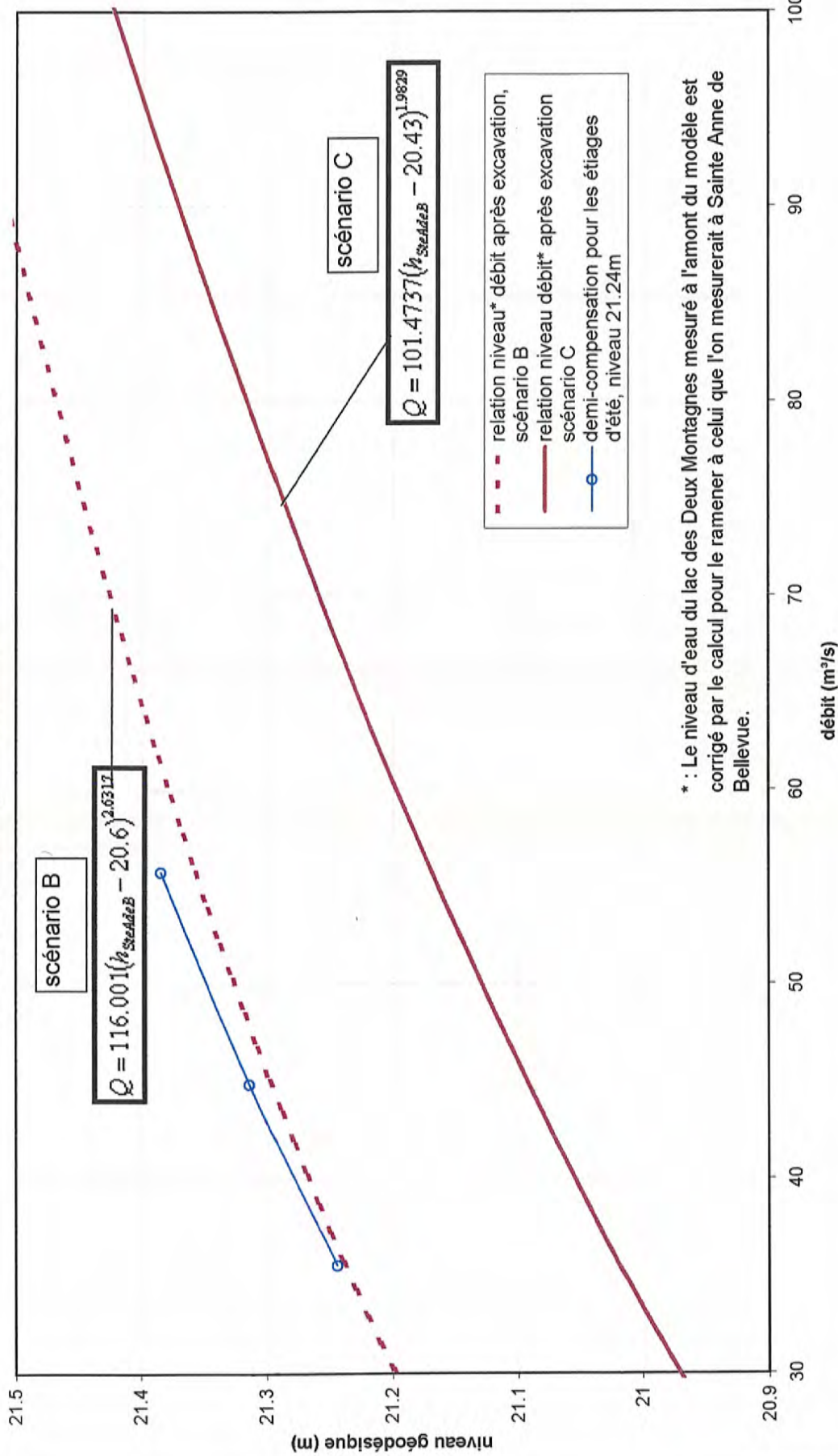


Bras droit en conditions actuelles vu de l'aval, niveau de lac 21.24m

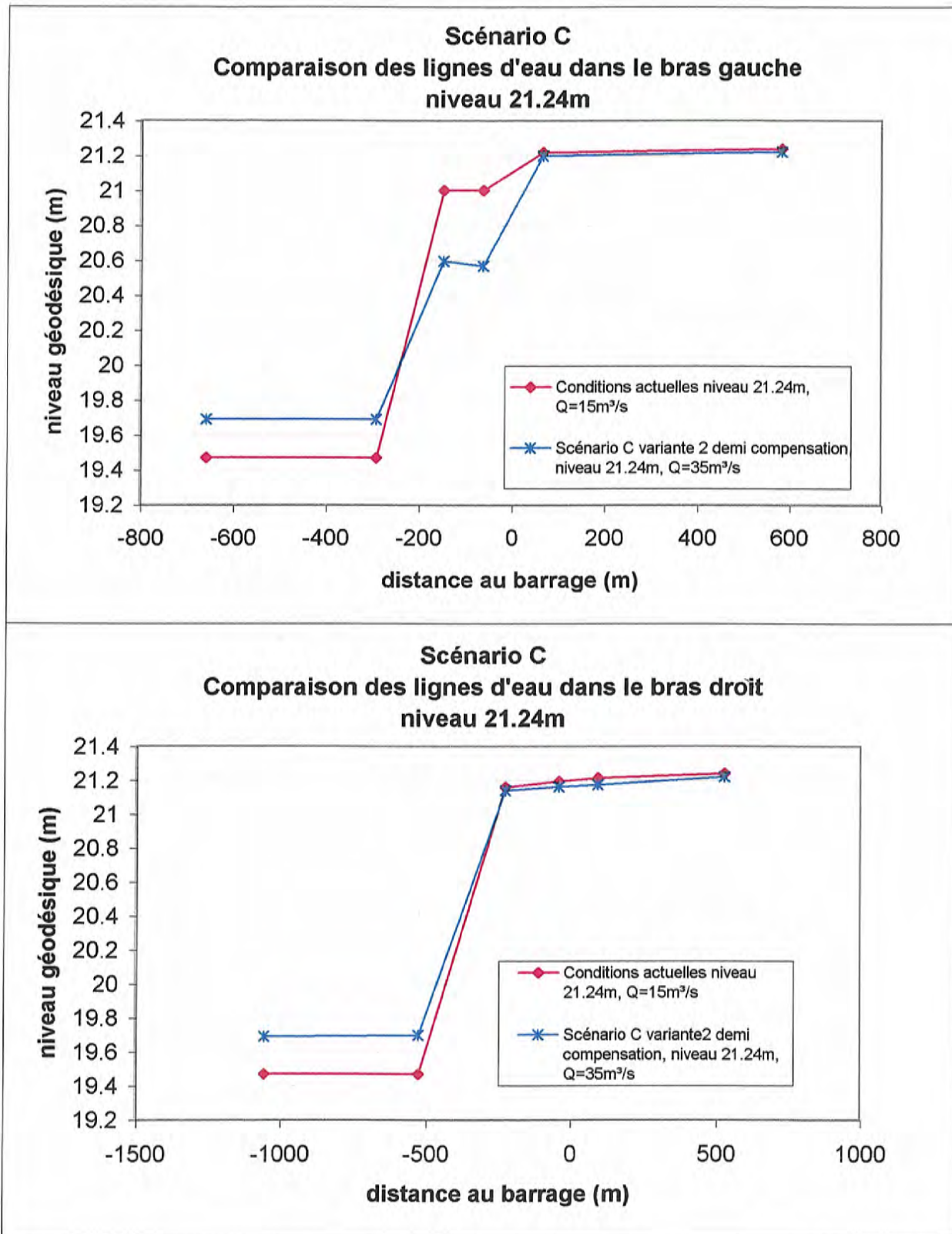


Bras droit vu de l'aval, scénario C, variante 2, niveau du lac 21.24m

Scénario C, demi compensation
Débit de la rivière des Mille-Îles en fonction du niveau à la station Sainte-Anne-de-Bellevue
conditions futures pour des niveaux inférieurs à 21.5m

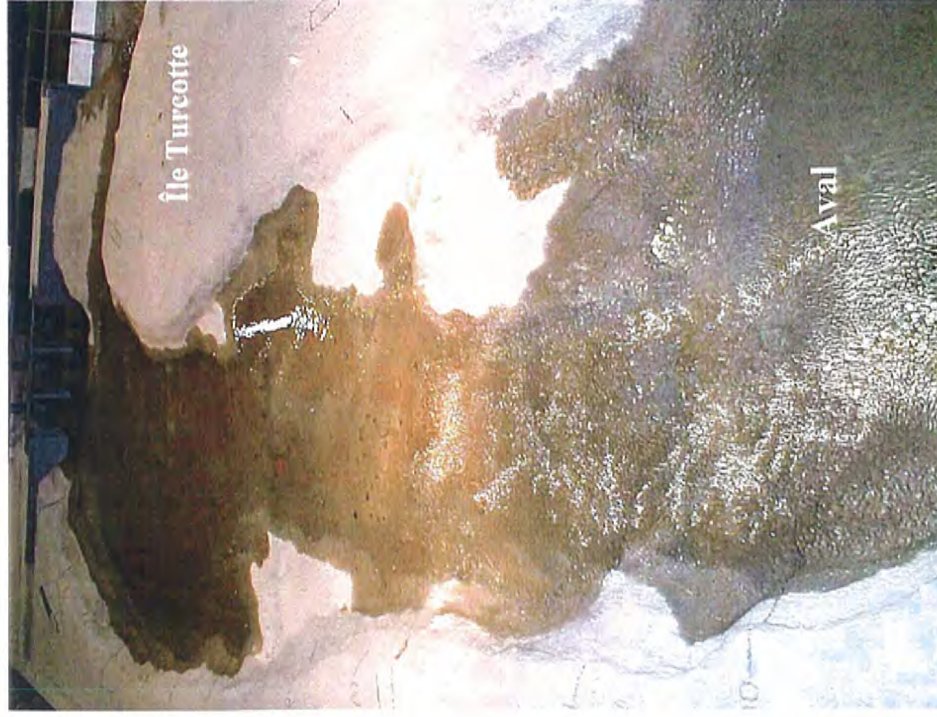


* : Le niveau d'eau du lac des Deux Montagnes mesuré à l'amont du modèle est corrigé par le calcul pour le ramener à celui que l'on mesurerait à Sainte Anne de Bellevue.





Bras gauche, scénario C variante 2, demi compensation
niveau de lac 21.24m, débit 35m³/s



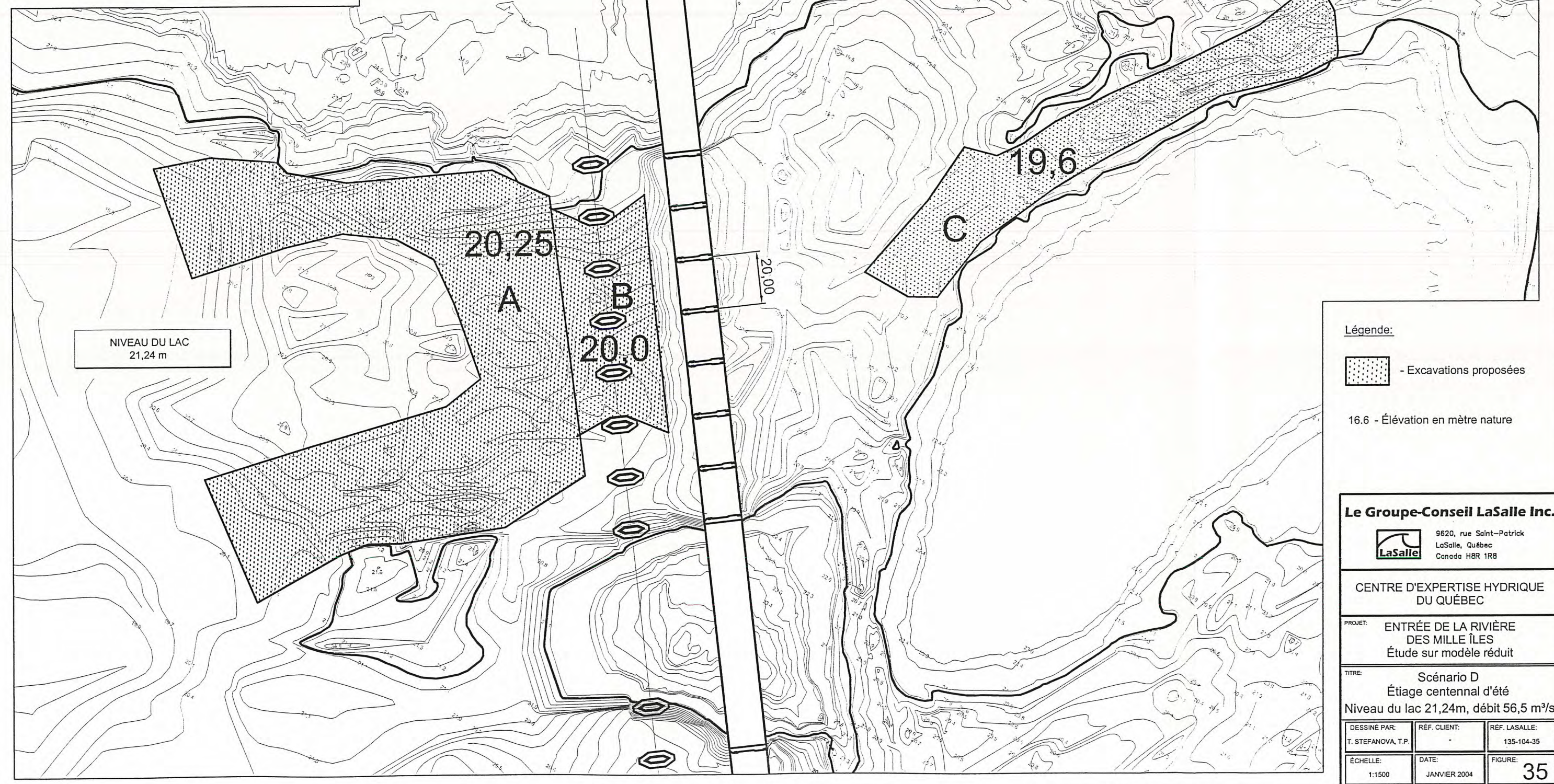
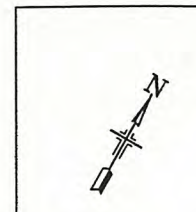
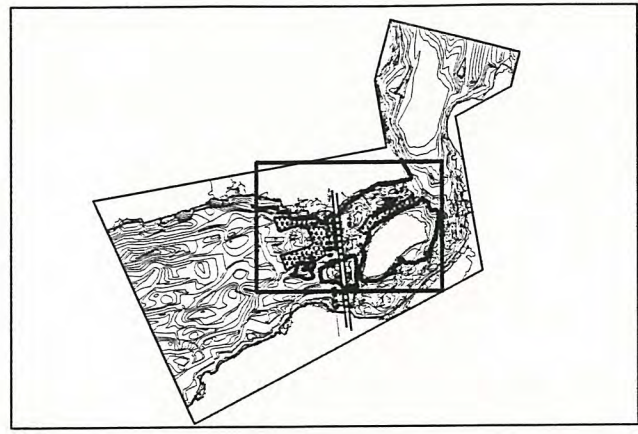
Bras droit, scénario C variante 2, demi compensation
niveau de lac 21.24m, débit 35m³/s




Bras gauche, scénario C variante 2, demi compensation avec obstruction (temporaire) du sillon excavé niveau de lac 21.24m, débit 35m³/s



Bras droit, scénario C variante 2, demi compensation avec obstruction (temporaire) du sillon excavé niveau de lac 21.24m, débit 35m³/s




Légende:

 - Excavations proposées

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

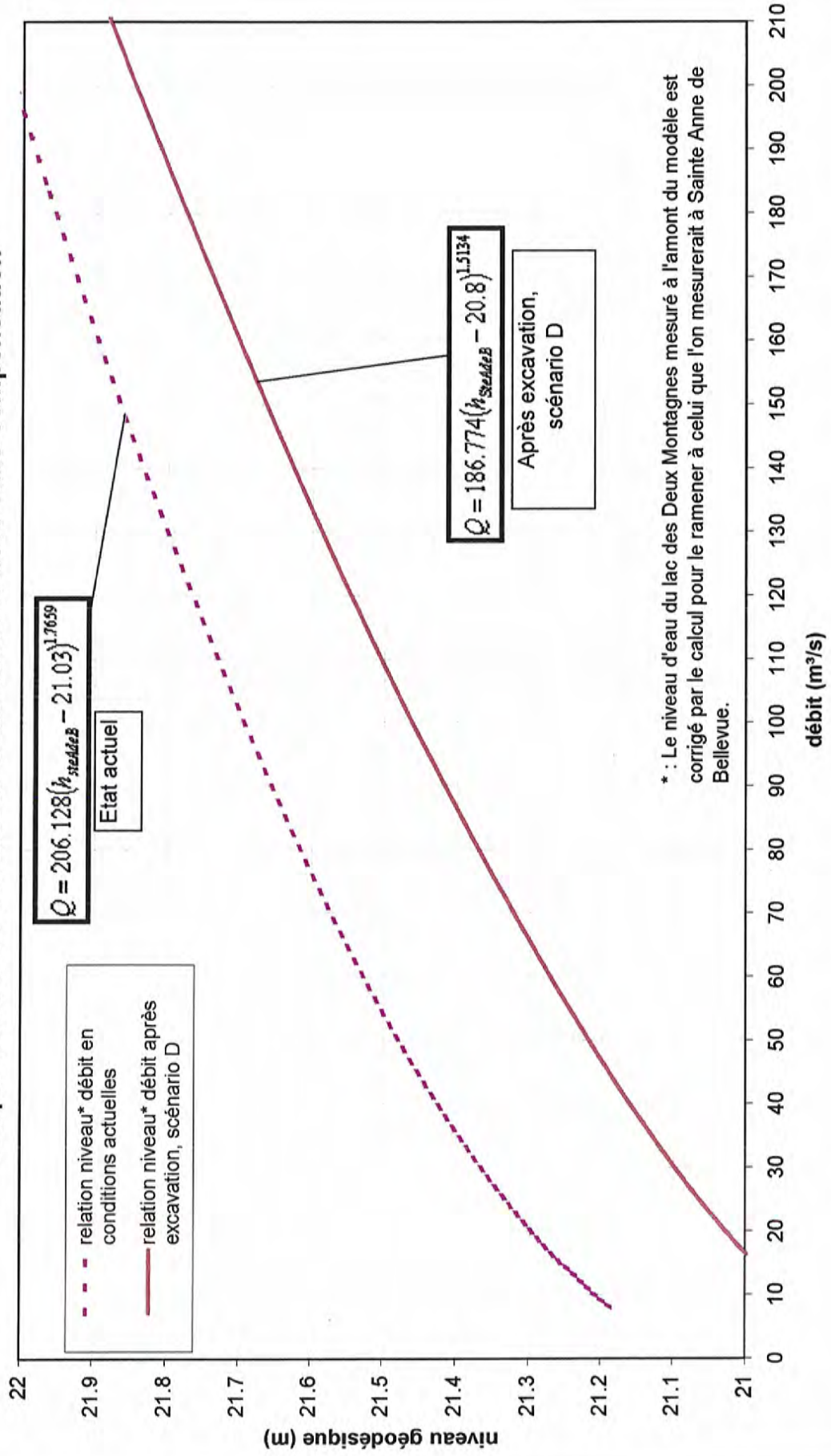
PROJET: ENTRÉE DE LA RIVIÈRE
DES MILLE ÎLES
Étude sur modèle réduit

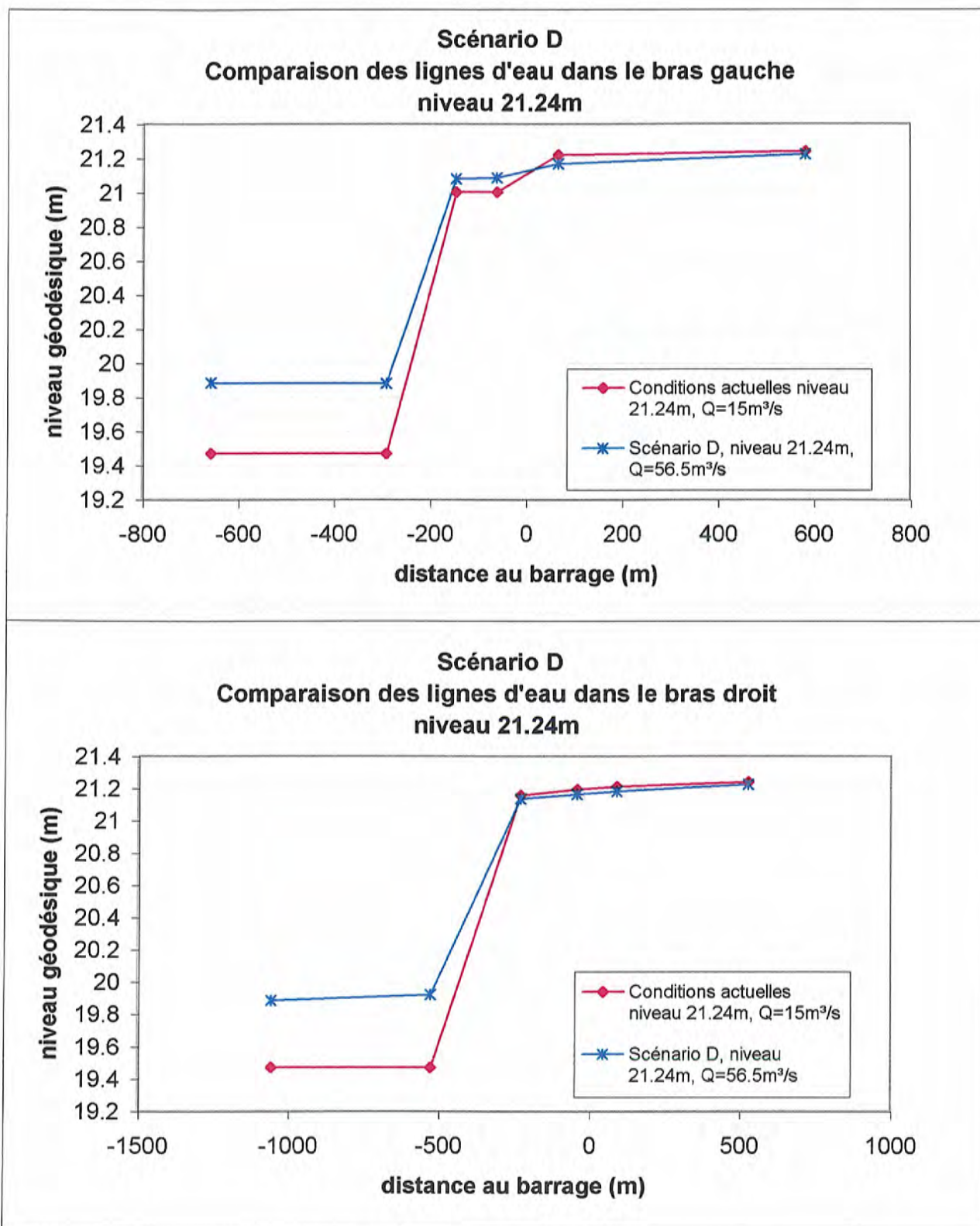
TITRE: Scénario D
Étiage centennal d'été
Niveau du lac 21,24m, débit 56,5 m³/s

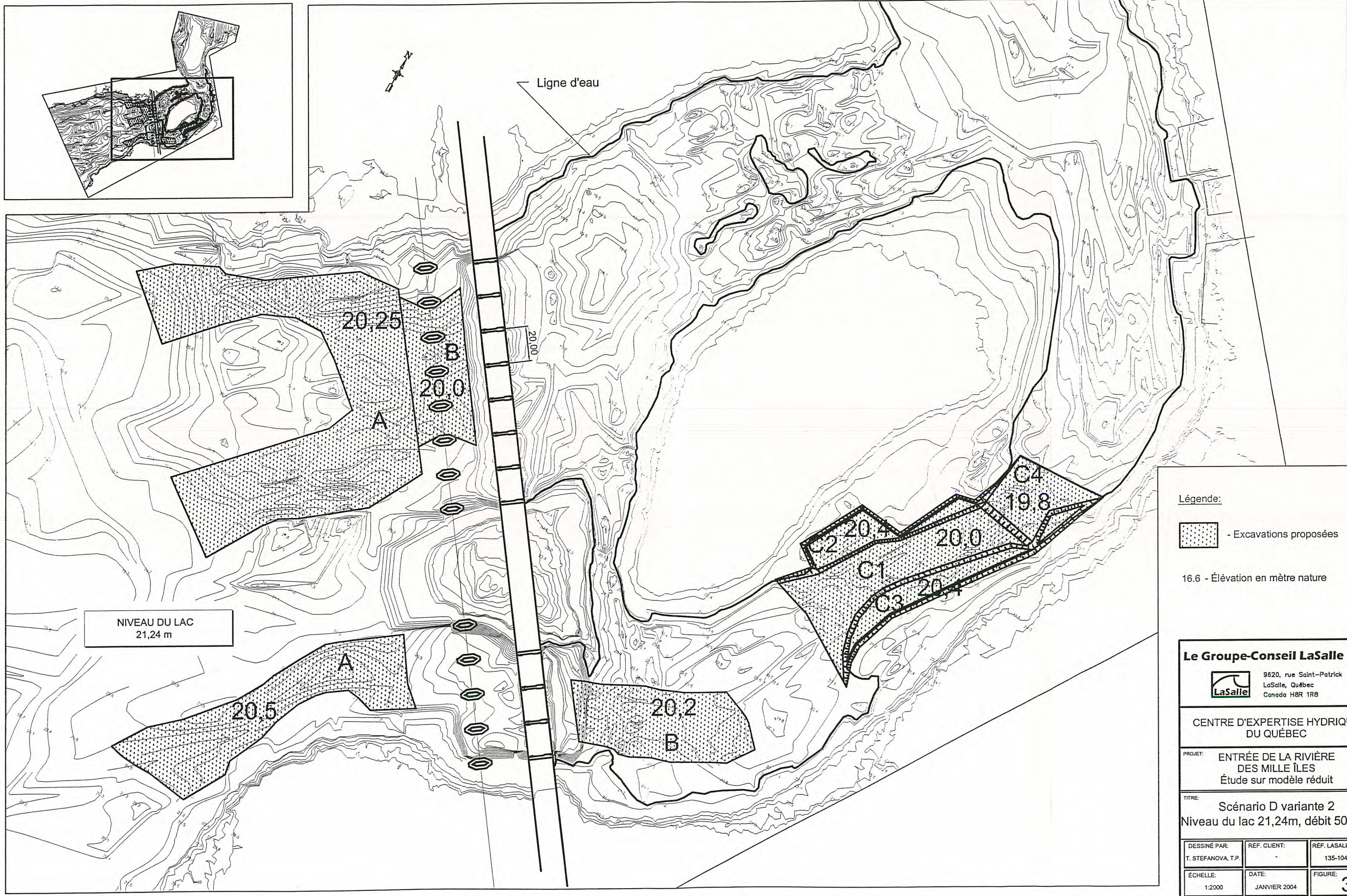
DESSINÉ PAR: T. STEFANOVA, T.P.	REF. CLIENT: -	REF. LASALLE: 135-104-35
------------------------------------	-------------------	-----------------------------

ÉCHELLE: 1:1500	DATE: JANVIER 2004	FIGURE: 35
--------------------	-----------------------	---------------


Scénario D
Débit de la rivière des Mille-Îles en fonction du niveau à la station Sainte-Anne-de-Bellevue
Comparaison entre conditions actuelles et futures sans compensation







Légende:

 - Excavations proposées

16.6 - Élévation en mètre nature

Le Groupe-Conseil LaSalle Inc.

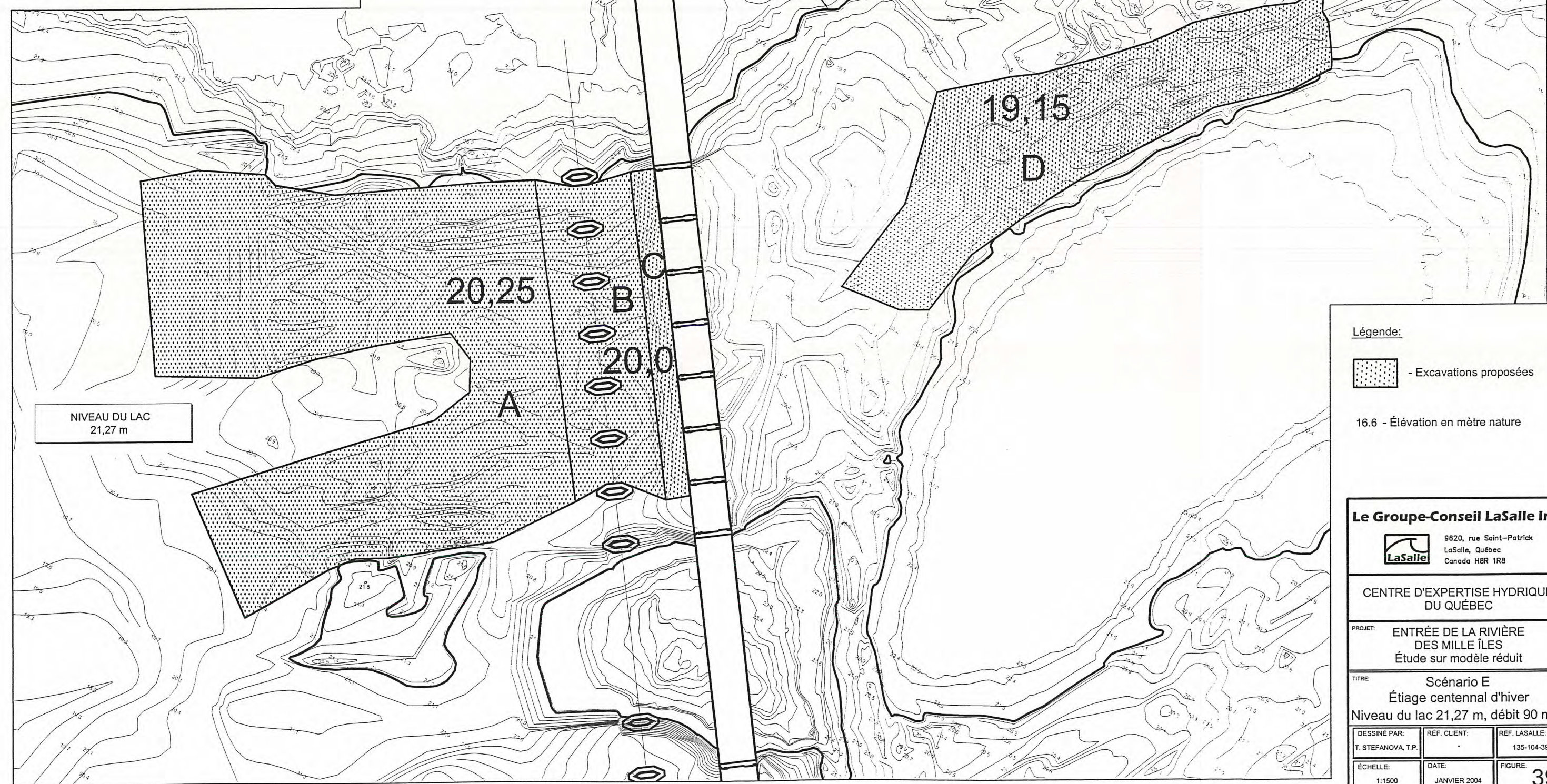
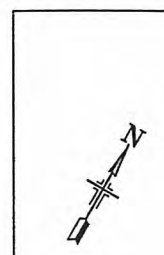
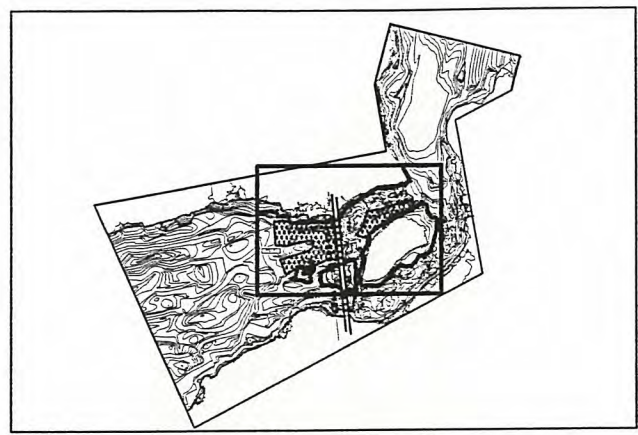
 9620, rue Saint-Patrick
LaSalle, Québec
Canada H8R 1R8

CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE
DU QUÉBEC

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

TITRE: Scénario D variante 2
Niveau du lac 21,24m, débit 50 m³/s

DESSINÉ PAR: T. STEFANOVA, T.P.	RÉF. CLIENT: -	RÉF. LASALLE: 135-104-38
ÉCHELLE: 1:2000	DATE: JANVIER 2004	FIGURE: 38



Légende:

- Excavations proposées

16.6 - Élévation en mètre nature

Le Groupe-Conseil LaSalle Inc.

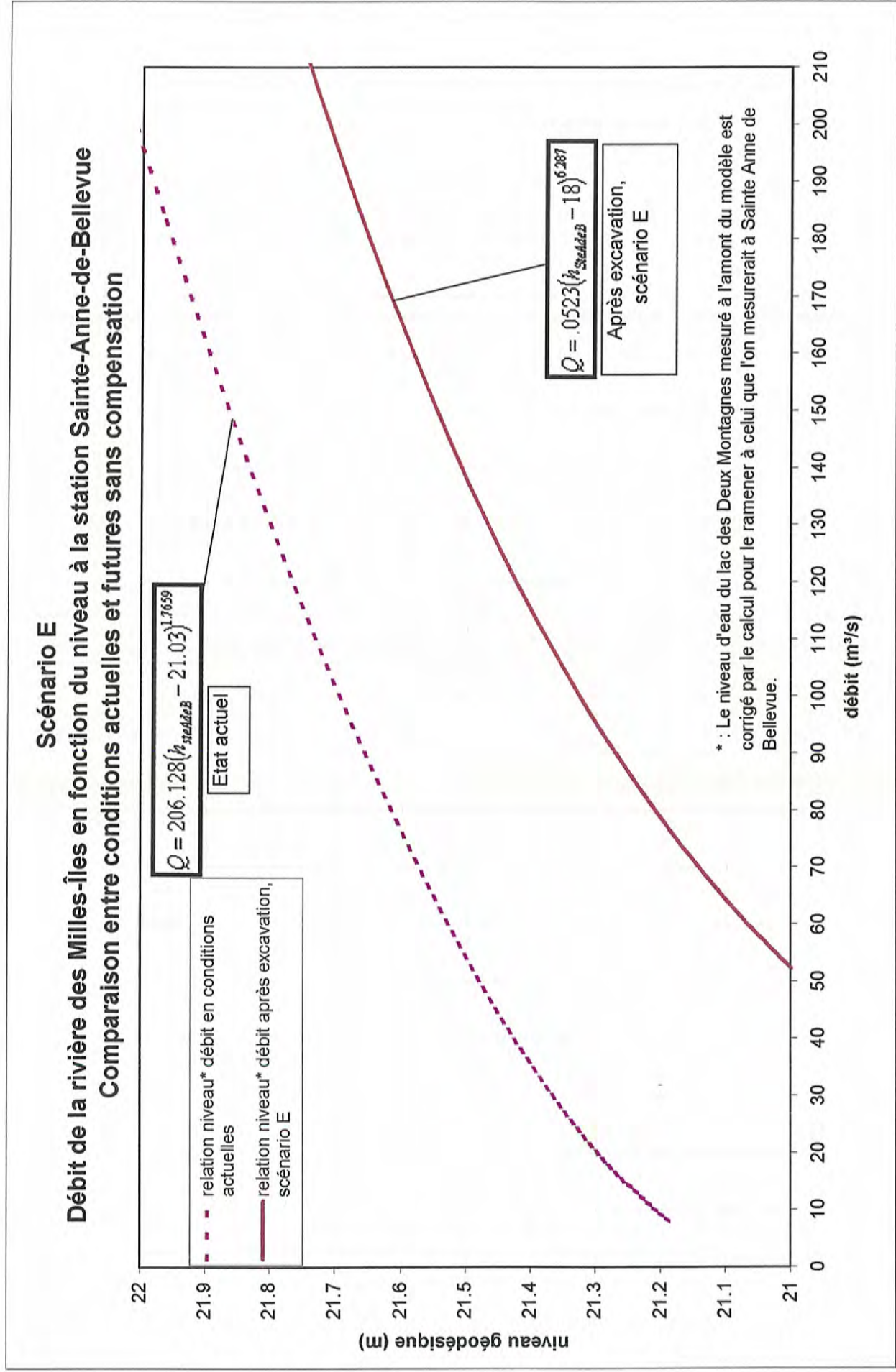
9620, rue Saint-Patrick
LaSalle, Québec
Canada H8R 1R8

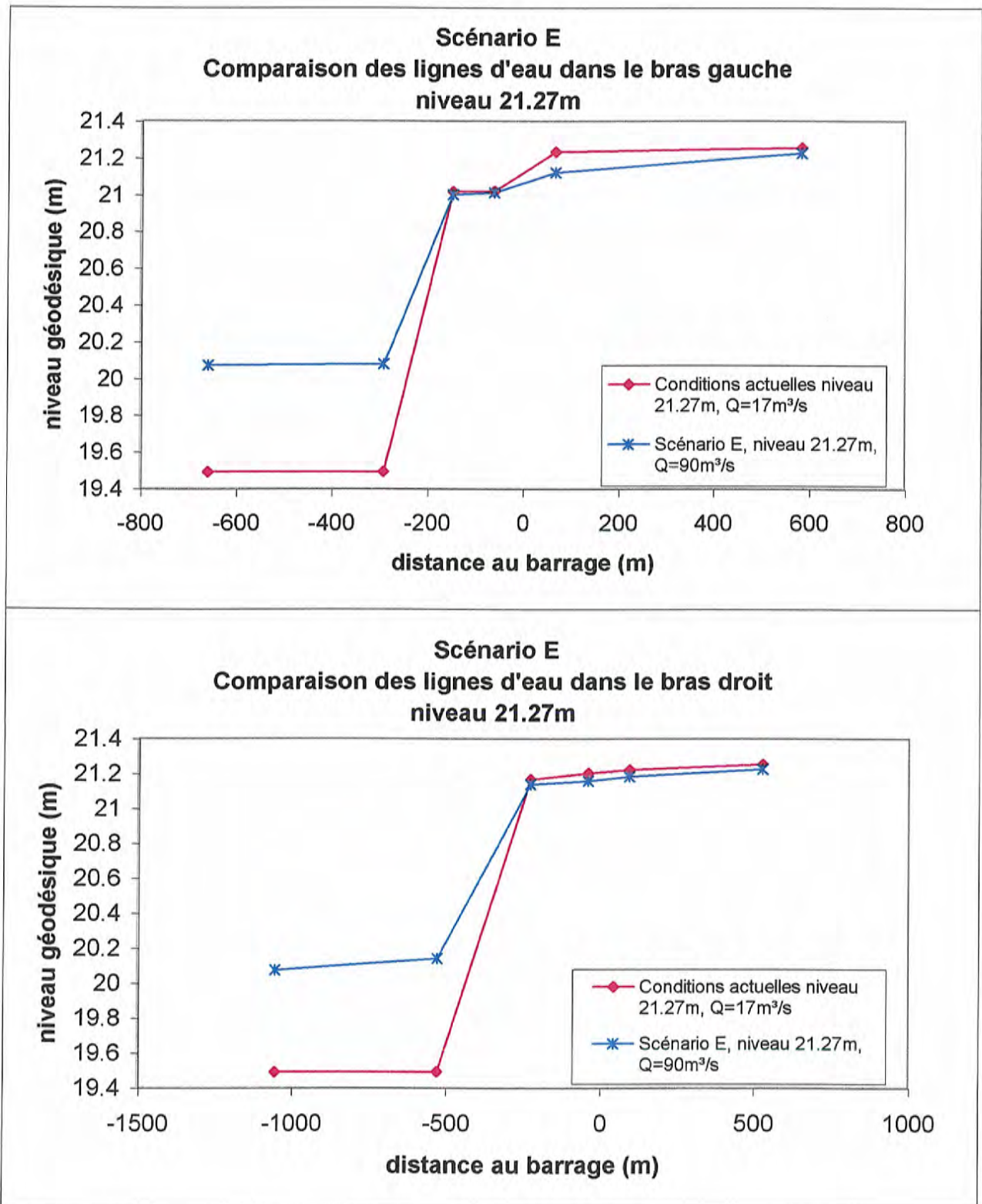
**CENTRE D'EXPERTISE HYDRIQUE
DU QUÉBEC**

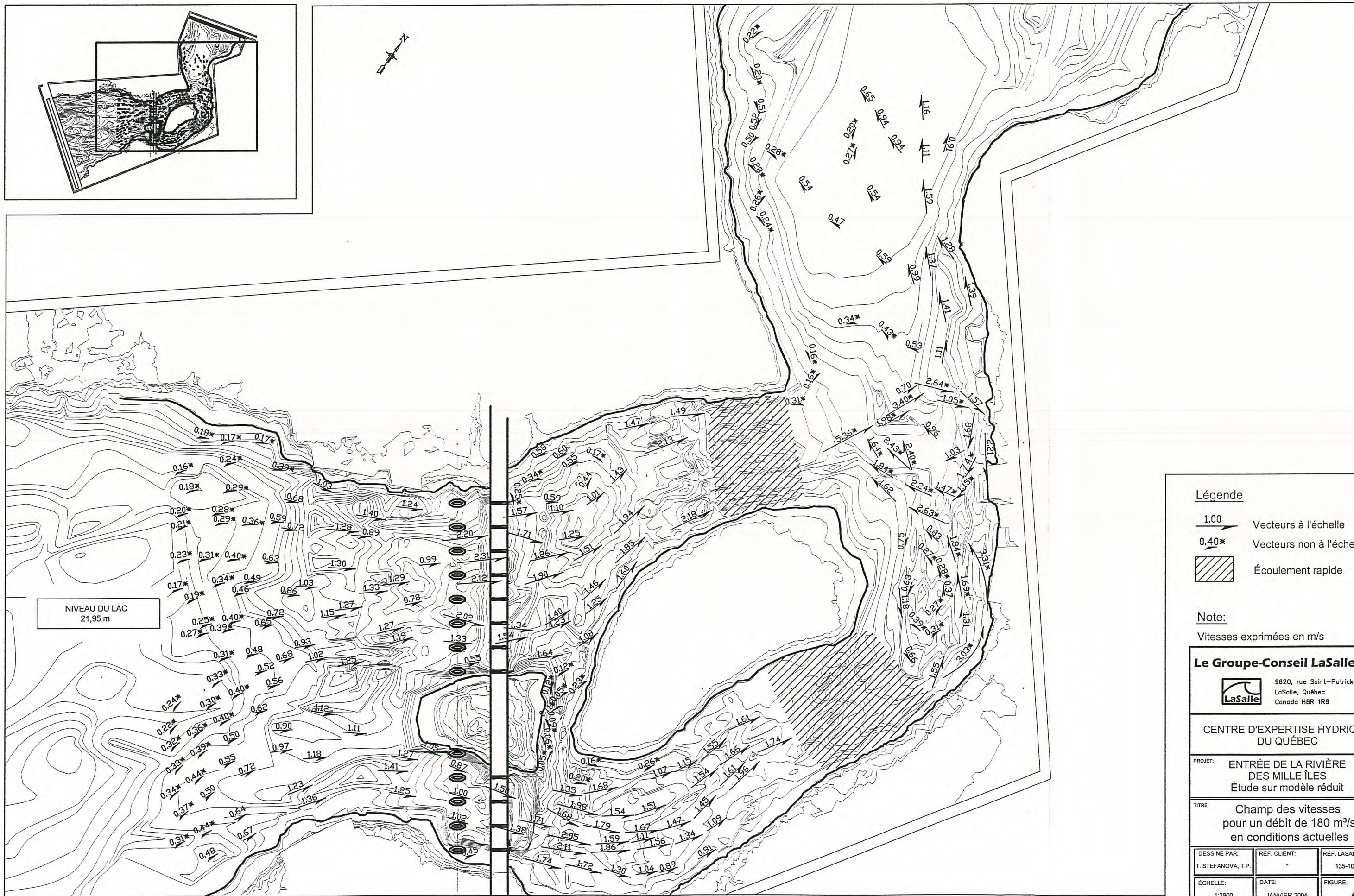
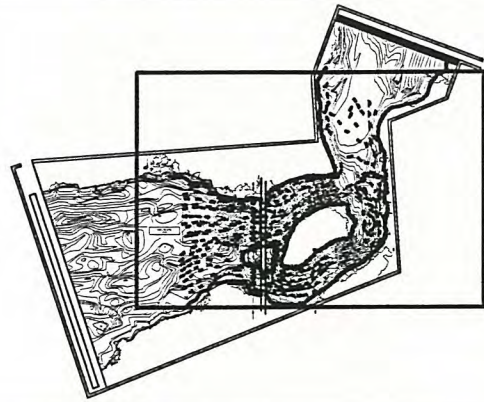
PROJET: ENTRÉE DE LA RIVIÈRE
DES MILLE ÎLES
Étude sur modèle réduit

TITRE: Scénario E
Étiage centennial d'hiver
Niveau du lac 21,27 m, débit 90 m³/s

DESSINÉ PAR: T. STEFANOVA, T.P.	REF. CLIENT: -	REF. LASALLE: 135-104-39
ÉCHELLE: 1:1500	DATE: JANVIER 2004	FIGURE: 39







NIVEAU DU LAC
21,95 m

Légende

- 1.00 Vecteurs à l'échelle
- 0.40* Vecteurs non à l'échelle
- Écoulement rapide

Note:

Vitesses exprimées en m/s

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: Champ des vitesses
pour un débit de 180 m³/s
en conditions actuelles

DESSINÉ PAR: T. STEFANOVA, T.P.	RÉF. CLIENT: -	RÉF. LASALLE: 135-104-42
ÉCHELLE: 1:2900	DATE: JANVIER 2004	FIGURE: 42