

3605524E



Environnement
Canada

Environnement
Canada



Gouvernement du Québec
Ministère de la sécurité publique
Direction générale de la sécurité civile

TC
530
T41
Rapport 2

**Étude de modélisation du bassin
versant de la rivière Chaudière**

Rapport d'étape n° 2

Solutions aux inondations en eau libre

Janvier 1994



TECSALT

Tecsalt Inc.

experts-conseils / consultants

85 RUE STE-CATHERINE OUEST MONTRÉAL (QUÉBEC) CANADA

Ce rapport a été préparé par les professionnels et le personnel technique du Groupe TECSULT dont les noms apparaissent ci-dessous:

- Pierre R. Tremblay, ingénieur - Directeur de projets
- Srang Kiet, ingénieur
- Marie-Claude Wilson, ingénieure
- Jean-Marcel Jacques, ingénieur
- Denis Pinard, ingénieur
- Joseph Chelico, ingénieur
- Ronald Anderson, ingénieur
- Henri Harris, estimateur
- Richard Poulin, biologiste
- Anne Battaglia, technicienne
- Laurent Lavallée, technicien
- Gilles Papillon, technicien
- Lucie Thériault, dessinatrice
- Paul Hébert, dessinateur
- Anick Beauchamps, dessinatrice
- Pierre Groulx, dessinateur
- Serge Côté, dessinateur
- François Moisan, dessinateur
- Patrice Corriveau, dessinateur
- Renée Dalcourt, secrétaire

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

GLOSSAIRE

LISTE DES ABRÉVIATIONS

1.0	INTRODUCTION	1-1
1.1	Généralités	1-1
1.1.1	Mandat et objectifs de l'étude	1-1
1.1.2	Critères de définition des solutions	1-2
1.1.3	Éléments étudiés pour chaque solution	1-5
1.2	Zone d'étude	1-6
1.3	Contenu du rapport	1-7
2.0	DESCRIPTION DES CONDITIONS D'ÉCOULEMENT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE	2-1
2.1	Principes d'hydraulique des solutions	2-1
2.2	Caractéristiques hydrauliques de la rivière Chaudière	2-1
2.3	Évolution du chenal d'écoulement de 1963 à 1993	2-5
2.3.1	Bathymétrie et topographie	2-5
2.3.2	Zones d'érosion et d'accumulation de matériaux	2-6
2.3.3	Résumé de la comparaison des relevés bathymétriques	2-13
2.4	Modélisation de l'écoulement	2-14
2.4.1	Révision de l'étalonnage	2-14
2.4.2	Capacité d'écoulement de la rivière	2-15

TABLE DES MATIÈRES (suite)

3.0	SOLUTIONS D'EXCAVATION	3-1
3.1	Études antérieures	3-1
3.2	Objectifs et méthodologie des études actuelles	3-2
3.2.1	Objectifs	3-2
3.2.2	Méthodologie	3-2
3.2.3	Détermination des matériaux d'excavation	3-4
3.3	Écrêtement du seuil à l'aval de Scott Jonction (Variante 1)	3-4
3.4	Excavations du chenal entre Scott et Sainte-Marie (Variante 2)	3-8
3.5	Excavation du seuil à Scott avec excavation du chenal entre Scott et Sainte-Marie (Variante 3)	3-9
3.6	Méthode d'exécution des travaux	3-14
3.6.1	Variante 1	3-14
3.6.2	Variante 2	3-16
3.6.3	Variante 3	3-16
3.7	Répercussions sur l'environnement	3-17
3.7.1	Description du milieu	3-17
3.7.2	Identification des impacts reliés à la construction, à la présence et à l'utilisation des ouvrages	3-21
3.8	Estimation des coûts	3-31
3.9	Synthèse des résultats	3-32
3.9.1	Abaissement des niveaux - vs - Coûts des solutions	3-32
3.9.2	Répercussions sur l'environnement	3-36
4.0	SOLUTIONS PAR ENDIGUEMENT ET IMPERMÉABILISATION	4-1
4.1	Généralités	4-1
4.2	Études antérieures	4-2
4.3	Objectifs et méthodologie de l'étude actuelle	4-2

TABLE DES MATIÈRES (suite)

4.4	Mise à jour de la solution d'endiguement de Sainte-Marie	4-3
4.4.1	Description du projet (Figure 4.1-P)	4-3
4.4.2	Modifications proposées	4-4
4.4.3	Niveau de protection (efficacité hydraulique)	4-5
4.4.4	Effet de l'endiguement sur les niveaux d'eau en amont	4-6
4.4.5	Répercussions sur l'environnement	4-6
4.4.6	Estimation des coûts	4-7
4.5	Endiguement et imperméabilisation dans les autres villes	4-8
4.5.1	Généralités	4-8
4.5.2	Imperméabilisation de bâtiments	4-13
4.5.3	Description des mesures d'endiguement et d'imperméabilisation	4-18
4.5.4	Coûts	4-22
5.0	SOLUTIONS PAR BARRAGE-RÉSERVOIR	5-1
5.1	Généralités	5-1
5.2	Principes de fonctionnement	5-2
5.2.1	Définition des types de réservoirs	5-2
5.2.2	Importance de la localisation d'un réservoir	5-2
5.2.3	Importance du volume du réservoir	5-3
5.2.4	Problèmes d'opération	5-4
5.2.5	Les bassins de rétention	5-5
5.3	Études antérieures	5-6
5.3.1	Étude de la Commission des Eaux Courantes	5-6
5.3.2	Étude du Ministère des Richesses Naturelles	5-6
5.4	Modélisation du bassin versant	5-7
5.4.1	Description du logiciel SSARR	5-7
5.4.2	Étalonnage du modèle	5-8
5.4.3	Paramètres du modèle et résultats de l'étalonnage	5-11
5.4.4	Utilisation du modèle SSARR pour l'étude des réservoirs	5-13

TABLE DES MATIÈRES (suite)

5.5	Solutions étudiées	5-17
5.5.1	Généralités	5-17
5.5.2	Réservoirs sur les grands tributaires	5-18
5.5.3	Réservoirs sur les petits tributaires	5-23
5.5.4	Utilisation de la retenue du lac Mégantic	5-26
5.6	Solution retenue	5-28
5.6.1	Généralités	5-28
5.6.2	Description des aménagements	5-30
5.6.3	Description des travaux de construction	5-33
5.6.4	Répercussions sur l'environnement	5-34
5.6.5	Coûts de construction	5-48
5.7	Synthèse des résultats	5-51
5.7.1	Efficacité hydraulique (tableau 5.3)	5-51
5.7.2	Répercussions sur l'environnement	5-51
5.7.3	Coûts des ouvrages (tableau 5.9)	5-53
5.7.4	Utilisation multi-fonctionnelles des réservoirs	5-53

6.0	SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE	6-1
------------	--------------------------------------	------------

LISTE DES OUVRAGES CITÉS

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

- A** **Méthodologie des relevés bathymétriques par GPR**
- B** **Méthodologie d'étalonnage du modèle hydrologique du bassin versant**
- C** **Sections 5.2.7 et 5.3 du rapport d'étude d'impact du projet de protection contre les inondations à Sainte-Marie**
- D** **Facteurs abiotiques et biotiques représentatifs du site de reproduction d'espèces frayant en eau calme et en eau vive**

LISTE DES TABLEAUX

- 1.1 Niveaux du seuil d'inondation dans les municipalités, niveaux des crues centennale et vicennale et niveaux maximum de la crue de 1991**

- 2.1 Évolution du chenal d'écoulement de 1963 à 1993**

- 2.2 Profil en long, partage du débit et vitesses d'écoulement dans le lit de la rivière et la plaine d'inondation calculés au débit de 1 600 m³/s**

- 3.1 Variante 1 - Écrêtement du seuil à l'aval de Scott Jonction - Solutions étudiées et abaissement des niveaux d'eau au débit de 2 000 m³/s**

- 3.2 Variante 1 - Écrêtement du seuil à l'aval de Scott Jonction. Abaissement des niveaux d'eau au débit de 2 000 m³/s pour les solutions de prolongement de l'excavation jusqu'en amont de l'île Atkinson (km 18)**

- 3.3 Variante 2 - Volumes d'excavation et abaissements des niveaux d'eau à Sainte-Marie au débit de 2 000 m³/s pour les solutions étudiées de l'excavation du chenal entre Scott Jonction et Sainte-Marie**

- 3.4 Variante 2 - Abaissements des niveaux d'eau à un débit de 2 000 m³/s en amont de Scott Jonction jusqu'à Beauceville pour l'excavation retenue du chenal entre Scott et Sainte-Marie**

- 3.5 Variante 3 - Abaissements des niveaux d'eau sur le tronçon des eaux mortes à un débit de 2 000 m³/s pour la combinaison de l'écrêtement du seuil à l'aval de Scott Jonction et de l'excavation du chenal du km 13,76 au km 27,91**

- 3.6 Vitesses d'écoulement au débit de 1 600 m³/s dans le chenal principal avant et après excavation selon les variantes 2 et 3**

- 3.7 Profondeur d'écoulement avant et après excavation (variante 3) calculées à un débit de 50 m³/s**

LISTE DES TABLEAUX (suite)

- 3.8 Estimation budgétaire des coûts de la variante 3 (excavation entre les km 13,76 et 27,91)
- 4.1 Estimation des coûts budgétaires de l'endiguement de Sainte-Marie pour la protection contre la crue centennale
- 4.2 Niveaux de protection par endiguement et imperméabilisation contre l'inondation de la crue centennale et comparaison avec les niveaux maximum de la crue de 1991
- 4.3 Méthodes d'imperméabilisation de bâtiments
- 4.4 Estimation des coûts budgétaires pour la protection contre la crue centennale par endiguement ou imperméabilisation dans les villes à l'exception de Sainte-Marie
- 5.1 Taux mensuels d'évapotranspiration (mm/j)
- 5.2 Calibration du modèle «SSARR» - Critère de NASH, débits de pointe observés et simulés pour les crues utilisées pour la calibration du modèle SSARR
- 5.3 Résultats des simulations - Réservoirs sur les grands tributaires. Diminution des débits de pointe et abaissement des niveaux d'eau pour Sainte-Marie, Saint-Joseph et Saint-Georges
- 5.4 Résultats des simulations - Réservoirs sur les petits tributaires. Diminution des débits de pointe et abaissement des niveaux d'eau pour Sainte-Marie, Saint-Joseph et Saint-Georges
- 5.5 Comparaison de l'efficacité hydraulique des réservoirs sur les petits tributaires avec ceux sur les grands tributaires

LISTE DES TABLEAUX (suite)

- 5.6 Résultats des simulations - Lac Mégantic. Diminution des débits de pointe et abaissement des niveaux d'eau pour Sainte-Marie, Saint-Joseph et Saint-Georges
- 5.7 Utilisation des sols dans chacun des réservoirs
- 5.8 Infrastructures et bâtiments existants dans chacun des réservoirs
- 5.9 Bordereau des quantités et des coûts de construction pour les barrages-réservoirs
- 5.10 Réduction des niveaux d'eau de la crue centennale dans les villes le long de la rivière Chaudière entre Scott Jonction et Saint-Georges résultant de l'opération de réservoirs sur les grands tributaires
- 6.1 Synthèse des solutions aux inondations en eau libre

LISTE DES FIGURES

- 1.1-P** **Zone d'étude et localisation des stations hydrométriques et climatologiques utilisées pour la modélisation**
- 2.1** **Rivière Chaudière - Profil longitudinal et caractéristiques principales de l'écoulement**
- 2.2** **Rivière Chaudière - Sections en travers selon les relevés bathymétriques MRN (1963) et GPR (1993), km 16,0 à km 61,45**
- 2.3** **Rivière Chaudière - Sections en travers selon les relevés bathymétriques MRN (1963) et GPR (1993), km 62,31 à km 75,85**
- 2.4** **Relations débits-niveaux pour les conditions en eau libre au droit des villes sur le tronçon des eaux mortes**
- 2.5** **Relations débits-niveaux en eau libre à la station MENVIQ 023426, à Notre-Dame-des-Pins et à Saint-Georges**
- 3.1-P** **Solution d'excavation:**
- Variante 1: écrêtement du seuil rocheux à l'aval de Scott Jonction
 - Variante 2: excavation du chenal entre Scott et Sainte-Marie
- Tronçon Scott (km 14 à 19)
- 3.2** **Relations débits-niveaux à Scott Jonction et Sainte-Marie avant et après excavation selon la variante 1**
- 3.3-P** **Solution d'excavation:**
- Variante 2: excavation du chenal entre Scott et Sainte-Marie
 - Variante 3: écrêtement du seuil à Scott et excavation du chenal
- Tronçon Scott - Sainte-Marie (km 19 à 24)
- Note :** **Les figures sont regroupées à la fin des chapitres sauf celles indiquées par un -P qui sont placées dans une pochette**

LISTE DES FIGURES (suite)

3.4-P Solution d'excavation:

- Variante 2: excavation du chenal entre Scott et Sainte-Marie
- Variante 3: écrêtement du seuil à Scott et excavation du chenal

Tronçon Scott - Sainte-Marie (km 24 à 28)

3.5 Relations débits-niveaux pour les conditions en eau libre avant et après l'excavation selon la variante 2

3.6 Relations débits-niveaux pour les conditions en eau libre avant et après l'excavation selon la variante 3

4.1-P Projet d'endiguement de la ville de Sainte-Marie - Plan et profil

4.2 Endiguement et imperméabilisation à Scott Jonction

4.3 Endiguement et imperméabilisation à Vallée-Jonction

4.4 Endiguement et imperméabilisation à Saint-Joseph (partie nord)

4.5 Endiguement et imperméabilisation à Saint-Joseph (partie sud)

4.6 Endiguement et imperméabilisation à Notre-Dame-des-Pins

5.1 Illustration de l'effet théorique d'un réservoir sur l'hydrogramme de la crue de 1974

5.2 SSARR - Modélisation hydrologique - Organigramme du modèle du bassin versant

5.3 Représentation schématique du modèle de base du bassin versant

5.4 Hydrogramme observé et simulé de la crue d'avril 1991 à la station 023402 de Saint-Lambert

5.5-P Localisation et caractéristiques des réservoirs étudiés sur les tributaires de la rivière Chaudière

LISTE DES FIGURES (suite)

- 5.6** **Représentation schématique du modèle pour l'étude des réservoirs sur les grands tributaires**
- 5.7** **Représentation schématique du modèle pour l'étude des réservoirs sur les petits tributaires**
- 5.8** **Hydrogrammes de variations des niveaux du lac Mégantic selon le plan de gestion du MENVIQ**
- 5.9** **Courbe d'emmagasinement du lac Mégantic**
- 5.10** **Courbe d'emmagasinement du réservoir Morissette sur la rivière Famine**
- 5.11** **Courbe d'emmagasinement du réservoir Plamondon sur la rivière Famine**
- 5.12** **Courbe d'emmagasinement du réservoir Linière sur la rivière Du Loup (Linière)**
- 5.13** **Courbe d'emmagasinement du réservoir Nebnellis sur la rivière Chaudière**
- 5.14** **Barrages Plamondon, Morissette et Linières : plans, élévations, coupes et détails de béton**
- 5.15** **Barrage Nebnellis : plan, élévation, coupes et détails de béton et de digues**

GLOSSAIRE

Algorithme :	Suite de raisonnement ou d'opérations mathématiques qui fournit la solution à un problème.
Bathymétrie : (relevés bathymétriques)	Mesure de la profondeur de l'eau dans un cours d'eau par des relevés faits dans ce cas-ci au moyen d'un sonar.
Calibration : (étalonnage) (calage)	Ensemble des opérations établissant la relation entre les valeurs indiquées par un appareil de mesure et les valeurs connues correspondantes fournies par un étalon de référence homologué. Par extension, il peut s'agir de la relation entre des valeurs calculées par un ordinateur au moyen d'un logiciel et les valeurs correspondantes mesurées ou observées en nature.
Chenal (zone) principal : (lit de la rivière)	Il s'agit de la partie de la rivière où l'eau s'écoule la plupart du temps et normalement en dehors des périodes de crue.
Crue :	Montée, nettement au-dessus des valeurs habituelles, du débit d'un cours d'eau attribuable aux précipitations ou à la fonte des neiges.
Crue de conception : (débit de conception)	Valeur du débit de crue utilisée pour calculer les dimensions (hauteur, longueur, largeur) des ouvrages de protection contre les inondations. Cette valeur repose sur une analyse économique des coûts des ouvrages et des dommages résiduels. Pour la protection contre les inondations, la crue de conception est habituellement le débit de la crue qui peut se produire une fois dans 100 ans.
Débit :	Le débit est le volume d'eau qui s'écoule à un point d'un cours d'eau durant un laps de temps déterminé. Le débit s'exprime en mètres cubes par seconde. Au cours d'une inondation, l'écoulement maximal d'une rivière est appelé débit de pointe.

Note: Les mots entre parenthèses sont d'autres mots utilisés dans le texte dont la signification correspond à celle indiquée.

GLOSSAIRE (suite)

Débit moyen : (débit médian)	C'est la valeur du débit pour laquelle 50% du temps les débits lui sont supérieurs et 50% du temps les débits lui sont inférieurs.
Débit de plein bord :	C'est le débit pouvant s'écouler dans le chenal principal avant qu'il n'y ait débordement dans la plaine inondable.
Débit de pointe :	C'est la valeur maximale qu'a atteint le débit pendant une crue.
Débit reconstitué :	Il s'agit des débits calculés par le modèle de simulation utilisé, par opposition aux débits observés ou mesurés par des jaugeages en rivière.
Efficacité hydraulique :	Qualité d'un ouvrage qui produit l'effet hydraulique désiré. L'efficacité hydraulique peut être exprimée par la baisse des niveaux d'eau dans le cas de travaux d'amélioration du chenal d'une rivière ou par la réduction du débit dans une rivière en aval d'un réservoir.
Hydrogramme des débits:	Graphique qui montre la relation entre les débits de la rivière à un endroit donné et le temps (variation du débit avec le temps tel que montré sur la figure 5.1).
Inondation :	Submersion des terrains par l'eau d'une rivière. L'ampleur d'une inondation s'exprime couramment en termes du niveau maximum que l'eau a atteint au cours d'une crue.
Laminage : (laminage de crue)	Effet atténuateur exercé par un réservoir sur une crue par le stockage et le déstockage de l'eau. Le débordement de l'eau dans une plaine inondable a aussi pour effet d'atténuer la crue en aval.
Modélisation hydraulique:	Il s'agit de l'ensemble des méthodes et des équations utilisées pour calculer les caractéristiques hydrauliques de la rivière pour un débit donné, soit : niveaux d'eau, vitesses, largeur, profondeur. Le modèle utilisé dans l'étude est un modèle unidimensionnel en régime permanent. La vitesse d'écoulement est la vitesse moyenne au droit des sections en travers et les niveaux d'eau sont

GLOSSAIRE (suite)

stables, c'est-à-dire qu'ils ne varient pas dans le temps. La modélisation hydraulique repose sur l'emploi du logiciel HEC-2.

- Modèle hydrologique :** Il s'agit de l'ensemble des méthodes et des équations utilisées pour calculer les débits sur les tributaires et dans la rivière Chaudière à partir des précipitations et de la fonte de la neige. Le modèle utilisé est le logiciel SSARR qui permet aussi de calculer le laminage dans les réservoirs et la propagation des débits entre différents endroits le long des cours d'eau.
- Module annuel :** C'est le débit calculé en divisant le volume d'eau annuel en mètres cubes passant dans la rivière à un point donné par le nombre de seconde dans une année.
- Module Inter-annuel :** Moyenne des modules annuels.
- « n » de Manning :** Il s'agit d'un coefficient utilisé dans l'équation du calcul du profil d'écoulement en régime permanent pour représenter le frottement des berges et du lit de la rivière.
- Niveau de crue :** Le niveau de crue est la hauteur maximale atteinte par les eaux d'inondation à un point donné et s'exprime en termes d'altitude du plan d'eau par rapport au niveau moyen de la mer (altitude géodésique). Cette hauteur est indiquée en mètres.
- Optimaliser :** Chercher à obtenir l'état ou la production le plus favorable d'une machine ou d'un ouvrage résultant d'une opération pouvant l'affecter.
- Pertes singulières :
(pertes de charge)** Il s'agit du rehaussement du niveau d'eau occasionné par une contraction ou une expansion brusque de l'écoulement. Un exemple d'une perte singulière est le rehaussement du niveau d'eau au droit d'un pont lorsque la section d'écoulement est réduite à cause des culées et des piliers.

GLOSSAIRE (suite)

<i>Pertuis :</i> <i>(pertuis de fond)</i> <i>(vanne de fond)</i>	Ouverture munie d'une vanne et située dans la partie inférieure d'un barrage, utilisée pour vider un réservoir ou pour évacuer les dépôts solides accumulés derrière le barrage.
<i>Plaine inondable :</i> <i>(plaine d'inondation)</i> <i>(zone secondaire d'écoulement)</i>	Il s'agit de la partie de la rivière, située en bordure du chenal principal, qui est submergée en période de crue et où une partie de l'écoulement se fait.
<i>Radier du canal :</i>	Plancher du canal.
<i>Règle d'opération :</i>	Consigne suivie par l'opérateur d'un barrage pour arriver au résultat désiré. Les règles d'opération consistent à ouvrir ou fermer les vannes pour limiter les débits sortant ou pour atteindre un niveau d'eau fixé dans le réservoir.
<i>Retenue :</i> <i>(réservoir)</i>	Eau emmagasinée à l'amont d'un barrage dans un réservoir ou un bief. Un lac est un bief naturel même lorsque l'écoulement à son exutoire est contrôlé par un barrage.
<i>Revanche :</i>	Différence entre le niveau de la crête d'une digue et le niveau maximal de l'eau prévu pour la crue de conception.
<i>Seuil de contrôle :</i>	C'est l'endroit le long d'une rivière caractérisé par une section d'écoulement plus étroite ou une augmentation marquée de la pente du lit. Lorsque les niveaux d'eau à cet endroit influencent les niveaux d'eau en amont, on dit que cette section agit comme seuil de contrôle. On rencontre ce type de section à la tête d'une zone de rapides au début d'un tronçon à écoulement plus lent.
<i>Seuil déversant :</i> <i>(crête déversante)</i> <i>(déversoir)</i> <i>(évacuateur de crues)</i>	Partie supérieure du barrage profilée selon un arc de cercle qui laisse passer le surplus d'eau au moment d'une crue lorsque le réservoir est plein.

GLOSSAIRE (suite)

<i>Seuil d'inondation :</i>	Niveau où les premières propriétés privées (bâtiment) ou publiques (rue) commencent à être inondées dans une localité.
<i>Seuil de débordement :</i>	Niveau où l'eau sort du chenal principal de la rivière. Ce niveau correspond au débit de plein bord.
<i>Silt :</i>	Matériau granulaire naturel de dimensions comprises entre le sable et l'argile.
<i>Transect : (section transversale)</i>	Il s'agit de mesures de l'élévation du terrain ou de la bathymétrie faites le long d'un axe perpendiculaire (à angle droit) à l'alignement du chenal principal de la rivière.
<i>Vannes :</i>	Dispositif de réglage du débit ou de fermeture d'une conduite ou d'un orifice.
<i>Volume utile du réservoir :</i>	Volume d'eau du réservoir compris entre le niveau minimal et le niveau maximal d'exploitation. Le niveau minimal correspond habituellement à celui des pertuis de fond. Des considérations environnementales peuvent dicter le niveau minimal d'opération et donc le volume du réservoir qui peut être utilisé pour la protection contre les inondations.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

MENVIQ : Ministère de l'Environnement du Québec

MRN : Ministère des Richesses Naturelles du Québec

CEC : Commission des Eaux Courantes du Québec

MLCP : Ministère des Loisirs, de la Chasse et de la pêche du Québec

DGSC : Direction Générale de la Sécurité Civile du Ministère de la Sécurité Publique

1.0 INTRODUCTION

1.1 Généralités

1.1.1 Mandat et objectifs de l'étude

L'étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière a été divisée en trois parties tel que précisé dans les termes de référence:

- partie 1 : étude des effets du développement sur le ruissellement et l'érosion;
- partie 2 : étude des solutions aux inondations en eau libre;
- partie 3 : étude des solutions aux inondations avec glace.

Le présent rapport couvre les résultats de la seconde partie du mandat, soit l'étude des solutions aux inondations en eau libre.

Cette seconde partie de l'étude comporte deux volets principaux, soit:

- volet 1 : l'actualisation des solutions étudiées au cours des trente dernières années, soit :
 - l'écrêtement du seuil en aval de Scott Jonction (MRN¹ 1969);
 - la canalisation de la rivière entre Scott et Sainte-Marie (MRN 1969) incluant l'enlèvement d'une partie de l'île Perrot (MENVIQ 1988);
 - l'aménagement des réservoirs sur les rivières Famine et Linière (MRN 1968);
 - l'endiguement à Sainte-Marie (MENVIQ et Roche 1984 et 1985);
 - les modalités d'opération de la réserve du lac Mégantic (MENVIQ 1986).

¹ Voir liste des abréviations pour la signification

1-2

- **volet 2 : l'élaboration de nouvelles solutions à partir des modèles mis au point pour l'étude.**

Ces solutions s'articulent autour des types de mesures les plus fréquemment utilisées pour réduire les dommages dus aux inondations, soit:

- 1- la réduction des débits de pointe par l'implantation de réservoirs;**
- 2- le confinement de l'écoulement dans le chenal principal de la rivière par l'aménagement de digues ou de murs au droit des zones inondables;**
- 3- la réduction des niveaux d'eau par une augmentation de la débitance du chenal grâce à des excavations;**
- 4- l'imperméabilisation des propriétés;**
- 5- la réduction du ruissellement par la gestion de l'utilisation des sols;**
- 6- la gestion des plaines d'inondation;**
- 7- l'implantation d'un système d'alerte d'inondation.**

Ces solutions sont, dans certains cas, des variantes de solutions déjà étudiées (volet 1).

1.1.2 Critères de définition des solutions

Deux critères principaux ont été utilisés dans la définition et le choix des nouvelles solutions présentées dans ce rapport:

- 1- les solutions doivent présenter une efficacité hydraulique égale ou supérieure à celles des solutions déjà étudiées dans le passé;**

- 2- les solutions ne doivent pas présenter d'impacts permanents inacceptables sur les populations dus à la présence des ouvrages: par exemple, si la solution de construction d'un barrage pour la formation d'un réservoir nécessite le déplacement d'un village ou d'une partie d'un village, cette solution est considérée inacceptable.

Le critère de l'efficacité hydraulique réfère à l'abaissement du niveau d'eau ou au degré de protection obtenu pour la *crue de conception*². Celle-ci doit être la même pour toutes les solutions étudiées afin que leur niveau de protection soit comparable et donc qu'il soit possible de choisir celle qui présente le meilleur rapport avantage-coût.

Dans l'étude de l'endiguement de Sainte-Marie, le MENVIQ a utilisé le débit de la crue centennale pour la conception du niveau des digues. Nous avons établi la valeur du débit de pointe journalière de cette crue à 2 062 m³/s à la station 023402 à Saint-Lambert, ce qui correspond à celle obtenue dans d'autres études (réf. 1) ainsi qu'au débit enregistré lors de la crue printanière de 1991. La crue centennale est donc retenue comme critère de conception des solutions.

Le tableau 1.1 indique les informations suivantes sur les niveaux de crue nécessaires pour la définition des solutions aux inondations en eau libre dans chaque localité:

- niveau maximum lors de la crue d'avril 1991;
- niveau calculé pour la crue centennale;
- niveau calculé pour la crue vicennale;
- niveau du seuil d'inondation;
- niveau d'alerte du MENVIQ.

Tel que mentionné au rapport d'étape 1, le niveau du seuil d'inondation est celui où l'eau commence à envahir les propriétés privées ou publiques (rue, terrain, bâtiment) dans chaque localité.

² La définition des mots en *gras et italique* apparaît au «Glossaire»

Tableau 1.1

Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière

Niveaux du seuil d'inondation des crues centennales (débit de 2 000 m³/s)
et vicennales (débit de 1 600 m³/s) et niveau de la crue de 1991
dans les municipalités de Scott Junction à Saint-Georges

Localité	km ⁽¹⁾	Niveau crue 1991 (m)	Niveau crue 100 ans ⁽²⁾ (m)	Niveau crue 20 ans ⁽²⁾ (m)	Niveau seuil Inonda- tion ⁽³⁾ (m)	Niveau d'alerte A du MENVIQ ⁽⁴⁾ (m)
Scott Junction Taschereau-Fortier	17,0	145,0	144,0	143,0	143,5 143,3	143,3
Scott Junction Taschereau	18,0	145,0	144,4	143,7	143,9	---
Sainte-Marie (aval)	24,4	146,5	146,3	145,4	144,6	---
Sainte-Marie (Pont)	26,4	147,0	147,0	146,1	144,6	145,0
Sainte-Marie (amont)	27,2	147,5	147,5	146,4	145,0	---
Vallée-Jonction (pont)	37,0	149,0	149,4	148,1	148,1	147,6
Saint-Joseph (pont)	45,8	149,7	150,3	149,1	148,6	148,0
Beauceville (pont)	61,7	154,5	152,0	151,1	152,4	152,0
Rivière Gilbert (station MENVIQ 023426)	66,4	158,2	157,3	156,8	157,5	---
Notre-Dame-des-Pins (pont)	68,8	160,0	159,3	158,6	158,6	159,5
Saint-Georges (aval)	76,0	164,0	--	--	162,6	---
Saint-Georges (pont)	77,5	165,0	--	--	165,9	163,5

- Notes:**
- 1- Localisation en kilomètres comptés depuis le pont à Saint-Lambert (km 0,0) telle que montrée sur les cartes du risque d'inondation
 - 2- Niveau en eau libre calculé par Tecsuit
 - 3- En eau libre, sauf à Beauceville avec embâcle de glace établi d'après les cartes du risque d'inondation
 - 4- Niveau arbitraire convenu entre le MENVIQ et la municipalité marquant le début de la période d'alerte d'inondation

1.1.3 Éléments étudiés pour chaque solution

Nous présentons pour chacune des solutions étudiées trois types d'information:

- l'efficacité hydraulique en terme d'abaissement des niveaux d'eau dans chaque localité ou en terme de superficie protégée contre les inondations;
- les quantités et les coûts des ouvrages requis;
- les répercussions sur l'environnement biophysique et humain de la construction et de la présence des ouvrages.

Les solutions de type 1 à 4 décrites dans ce rapport nécessitent toute la mise en place d'ouvrages.

La conception des ouvrages est du niveau de la pré-faisabilité, c'est-à-dire, qu'elle permet de comparer la rentabilité et la faisabilité technique et environnementale des solutions. En pré-faisabilité, les ouvrages ne sont pas optimisés parce que le design conceptuel est basé sur les données disponibles sous forme de cartes ou de rapports notamment en ce qui concerne la topographie et la nature des sols. Ces données ne sont pas suffisantes pour optimiser les solutions. Il faut toutefois rappeler ici que des relevés bathymétriques ont été effectués dans le cadre de l'étude principalement pour la préparation du modèle numérique de la rivière.

Les principales dimensions des ouvrages sont données de façon à pouvoir estimer les coûts avec une précision de +/- 15%.

Il faut noter que la solution de l'endiguement à Sainte-Marie, présentée dans ce rapport, est du niveau de l'avant-projet parce que basée sur les rapports d'études plus poussées effectuées par le MENVIQ (réf. 2) et par Roche et Associés (réf. 1) en 1985 dans le but d'optimiser cette solution.

Les solutions de type 5 à 7 sont plutôt de nature administrative et seront discutées dans le rapport final.

Il est à noter que les solutions comportant la mise en place d'ouvrages ne s'opposent pas aux solutions administratives et que les deux types de solutions peuvent être nécessaires pour la définition d'une solution intégrée.

Les résultats des analyses présentés dans ce rapport, dans le rapport d'étape 3 et les solutions administratives élaborées par la DGSC permettront de fournir tous les éléments requis pour l'élaboration d'une solution intégrée pour l'ensemble du tronçon des eaux-mortes de la rivière Chaudière touché par les inondations.

1.2 Zone d'étude

La définition de la zone d'étude pour les solutions aux inondations en eau libre a été faite principalement à partir des données et des observations recueillies lors de la crue de 1991 (réf. 3 et 28).

Ces données ont permis d'établir que le tronçon touché par ces inondations s'étend de Scott Jonction à l'aval jusqu'à Saint-Georges à l'amont, à l'exclusion du secteur compris entre l'embouchure de la rivière Saint-Victor et la ville de Beauceville. En effet, sur ce tronçon de rivière, les inondations sont le plus souvent causées par des embâcles de glace. Les solutions à ce problème feront l'objet du rapport de l'étape 3.

La zone d'étude pour la *modélisation hydrologique* nécessaire à l'étude des réservoirs comprend cependant l'ensemble du bassin versant à partir de Saint-Lambert. Tel que montré à la figure 1.1-P³, elle s'étend au sud jusqu'à la tête du bassin versant située à la frontière canado-américaine et de chaque côté jusqu'à la ligne de partage des eaux entre les bassins des rivières Etchemin à l'est, Saint-François au sud-ouest et Bécancour au nord-ouest.

³ Les figures sont à la fin du chapitre, sauf celles indiquées par un -P qui sont en pochette

Pour la **modélisation hydraulique**, la zone d'étude s'étend du seuil de contrôle situé en aval de Scott Jonction (km 15) jusqu'à Notre-Dame-des-Pins (km 68). La position des points d'intérêt le long de la rivière Chaudière est toujours indiquée par la distance mesurée en kilomètres depuis le pont de Saint-Lambert (km 0,0) comme sur les cartes du risque d'inondation. La position du point kilométrique (0,0) est montrée sur la figure 1.1-P.

1.3 Contenu du rapport

Le rapport contient d'abord au chapitre 2 une description de la rivière Chaudière, de son régime hydraulique et de son régime sédimentologique. Les relations débits-niveaux qui forment la base de l'évaluation de l'efficacité hydraulique des solutions y sont présentées.

Les solutions de type 1 à 4 sont décrites et discutées dans les chapitres 3, 4 et 5. Elles sont regroupées selon les trois catégories suivantes:

- chapitre 3 : les solutions d'amélioration du chenal telles que celles par excavation et canalisation;
- chapitre 4 : les solutions de protection des zones inondées par endiguement et imperméabilisation;
- chapitre 5 : les solutions de réduction des débits de crue par l'aménagement de réservoirs.

Dans chacun de ces chapitres, des sections sont consacrées aux résultats des calculs hydrauliques et hydrologiques, aux coûts et aux impacts environnementaux.

Ce rapport d'étape présente les résultats des études des inondations en eau libre et se veut donc factuel. Certaines des solutions qui sont décrites feront partie de la solution intégrée qui constituera la conclusion des études et qui fera l'objet du rapport final.

2.0 DESCRIPTION DES CONDITIONS D'ÉCOULEMENT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE

2.1 Principes d'hydraulique des solutions

Les vitesses d'écoulement et les niveaux d'eau sont les deux variables qui permettent d'évaluer l'efficacité hydraulique d'une rivière. Ces variables dépendent des débits et des caractéristiques du chenal d'écoulement comme sa géométrie (largeur, profondeur, rugosité) et sa pente.

Pour réduire les niveaux d'eau dans le chenal d'une rivière, on peut donc, soit:

- réduire les débits de pointe par la construction de barrages et la création de réservoirs;
- augmenter la capacité d'écoulement de la rivière en modifiant sa géométrie ou sa pente par des excavations (canalisation, redressement, protection des berges, etc.).

Ces principes sont universels et s'appliquent sous toutes les latitudes. Le choix d'une solution doit cependant tenir compte des caractéristiques naturelles du milieu (nature des matériaux, topographie) et des impacts potentiels sur l'environnement (milieux physique, biophysique, humain). Ces contraintes influenceront la faisabilité et les coûts des solutions.

2.2 Caractéristiques hydrauliques de la rivière Chaudière

La figure 2.1⁴ montre la pente de la rivière dans la zone d'étude. Nous avons indiqué sur cette figure la nature des matériaux du fond. Les distances le long de la rivière sont mesurées en kilomètres à partir du pont de Saint-Lambert (km 0,0)

⁴ Les figures sont regroupées à la fin du chapitre sauf celles indiquées par un -P qui sont placées dans une pochette

La pente longitudinale de la rivière Chaudière dépend de la position du socle rocheux. Celui-ci affleure presque partout dans le lit de la rivière, de son embouchure dans le fleuve Saint-Laurent, jusqu'à Scott Jonction, soit sur une distance de 40 km. À cet endroit, le socle rocheux disparaît rapidement. Des sondages effectués pour la construction du nouveau pont à Scott Jonction indiquent que le roc se situe à plus de 12 m sous la surface (réf. 5).

En aval de Scott Jonction, la rivière s'écoule presque partout sur le roc. Sa largeur est à peu près constante et sa profondeur d'écoulement relativement faible (moins de 1 m en moyenne). La capacité d'écoulement est élevée parce que la pente est forte et que le fond de la rivière, constitué de roc, n'est pas sujet à l'érosion.

En amont de Scott Jonction, le roc affleure également le long de la berge aux endroits suivants:

- en rive droite devant l'embouchure des rivières Nadeau et Lessard;
- en rive droite dans la courbe du Rocher;
- à Beauceville;
- dans le rapide du Diable en amont de Beauceville;
- en amont de Saint-Georges, jusqu'au barrage Sartigan;

Dans la zone d'étude, le roc contrôle la pente de la rivière en aval de Scott Jonction et dans le rapide du Diable à l'amont de Beauceville.

L'alignement et la géométrie du chenal d'écoulement sont influencés par la nature des matériaux et les vitesses d'écoulement qui favorisent tantôt l'érosion, tantôt l'accumulation des matériaux.

Ainsi, à l'aval de Scott Jonction et jusqu'à son embouchure, la rivière a creusé son lit jusqu'au socle rocheux, son alignement est presque linéaire et elle coule dans un chenal unique bien encaissé entre des berges hautes. Ce tronçon ne subit pas d'inondations importantes.

À l'amont de Scott Jonction, la forme de la rivière change radicalement. Tel que mentionné dans le rapport d'étape 1, la plaine de la rivière Chaudière est constituée de dépôts fluviaux (sable, limon). Le chenal d'écoulement comprend alors deux zones:

- une zone principale d'écoulement communément appelée «lit de la rivière»;
- une zone secondaire d'écoulement communément appelée «plaine inondable» ou «plaine d'inondation».

La largeur et la profondeur du lit de la rivière dépendent des caractéristiques moyennes de l'écoulement (vitesses et débits).

Dans le cas de la rivière Chaudière, le *module inter-annuel* est de l'ordre de $130 \text{ m}^3/\text{s}$ pour un bassin versant d'une superficie de $5\,650 \text{ km}^2$. Le *débit moyen*, soit celui rencontré 50% du temps est de $60 \text{ m}^3/\text{s}$, donc relativement faible parce qu'il n'y a pas beaucoup de lacs pouvant retenir une partie du volume d'eau de la crue de printemps et ainsi contribuer à soutenir les débits en période d'étiage.

À titre de comparaison, les valeurs du module inter-annuel et du débit moyen du bassin versant de la rivière Coulonge, un affluent de la rivière des Outaouais d'une superficie de $5\,150 \text{ km}^2$, sont de $74 \text{ m}^3/\text{s}$ et $40 \text{ m}^3/\text{s}$. Le débit de la crue centennale de ce bassin est de $803 \text{ m}^3/\text{s}$ au lieu de $2\,140 \text{ m}^3/\text{s}$ pour celui de la Chaudière. Le bassin de la rivière Coulonge se différencie de celui de la rivière Chaudière par trois caractéristiques principales:

- la présence de plus d'une douzaine de lacs importants qui régularisent les débits pendant l'année;
- des pentes moins fortes et un sol moins imperméable;
- un territoire boisé presque complètement.

Ces statistiques expliquent le cas spécial de la rivière Chaudière caractérisé par des débits de crues très élevés par rapport à son débit moyen mais aussi par un volume de ruissellement très élevé. Le volume d'eau passant dans la rivière Chaudière

pendant la période de crue du printemps représente environ 60% de l'écoulement annuel. Cette proportion est de l'ordre de 40% pour la rivière Coulonge.

Les caractéristiques morphologiques d'une rivière s'ajustent naturellement, de manière à ce qu'il y ait adéquation entre sa capacité d'écoulement (liquide et solide) et les apports amont. La stabilité d'une rivière naturelle dépend avant tout de la régularité de son régime hydrologique. Le processus de formation du chenal d'écoulement est caractérisé par le débit dominant qui correspond au **débit de plein bord** de la rivière et sa fréquence approximativement à celle de la crue annuelle (période de retour de 1,5 ans sur les maxima annuels). Lorsque le débit de la crue annuelle est égal au débit de plein bord, la rivière est considérée en équilibre (réf. 6). Le débit de crue annuelle de la rivière Chaudière à Saint-Lambert a été évalué à 470 m³/s (réf.: 8, tableau 7.2, page 7-7), alors que le débit de plein bord entre Scott Jonction et Saint-Georges est évalué à 500 m³/s. On peut donc conclure que sur le plan morphologique la rivière Chaudière est stable sur le tronçon des eaux mortes parce que le chenal principal est capable de transiter son débit de plein bord.

Compte tenu des caractéristiques de la rivière Chaudière et de son bassin versant, les débits de la rivière sont supérieurs au débit de plein bord plus de 5% du temps (20 jours par année). Au-dessus de cette valeur, l'écoulement déborde donc dans la plaine inondable et l'eau touche la population surtout au centre des agglomérations. Ailleurs, le long du tronçon des eaux mortes, les riverains sont implantés à quelques exceptions près plus haut que le niveau de la crue centennale montré sur les cartes du risque d'inondation (réf.: 7).

La figure 2.1 montre la pente longitudinale de la rivière Chaudière entre Scott Jonction et Saint-Georges. Nous y avons aussi indiqué un résumé de ses caractéristiques hydrauliques principales (niveau, largeur, vitesse moyenne) calculées pour des débits de 225 m³/s et 1600 m³/s. Le débit de 225 m³/s est environ le double du module annuel et le débit de 1600 m³/s correspond à la crue vicennale. Les caractéristiques sont données pour les deux zones d'écoulement, soit le lit de la rivière et la plaine inondable.

2.3 Évolution du chenal d'écoulement de 1963 à 1993

2.3.1 Bathymétrie et topographie

Tel que mentionné précédemment, la largeur et la profondeur de la rivière jouent un rôle important sur sa capacité d'écoulement et sur les niveaux d'eau atteints en période de crue.

Une importante campagne de *relevés bathymétriques* a été effectuée par le ministère des Richesses naturelles (MRN) sur la rivière Chaudière, de 1963 à 1965, dans le but de connaître la géométrie de son chenal principal d'écoulement. Au cours de cette période, environ 1 100 *sections transversales* ont été relevées entre les km 15 (Saint-Maxime) et 68 (Notre-Dame-des-Pins), à un intervalle de 33 m (100 pieds).

Ces sections ne couvraient cependant que le lit de la rivière (chenal principal d'écoulement) et ne s'étendaient pas à la plaine inondable. Les copies des dessins de ces sections ont été fournies à TECSULT par le MENVIQ.

Plusieurs informations (date, numéro d'identification, niveau d'eau, rive droite, rive gauche) utiles pour la compréhension de ces relevés ont été perdues avec le temps, de sorte qu'il a été difficile de les interpréter et de les utiliser entièrement.

De plus, comme ces relevés datent de trente ans, il a été décidé, tel que prévu au mandat, de procéder à de nouveaux relevés bathymétriques qui devaient servir à:

- 1- préparer le modèle numérique servant à effectuer les calculs des profils d'écoulement nécessaires à l'étude des solutions aux inondations;
- 2- déterminer l'évolution sédimentologique de la rivière au cours de cette période.

Ce travail a été confié à la firme «Géophysiques GPR International Ltée» qui a effectué les relevés bathymétriques de 94 *transects* espacés d'environ 500 mètres

sur une distance de 63 km entre les km 16 et 79. Ces transects ont presque tous été effectués au même endroit que des sections relevées par le MRN de 1963 à 1965. La méthodologie utilisée pour effectuer ces relevés est présentée à l'annexe A. Les dessins montrant les transects sont disponibles pour consultation auprès de la DGSC.

Les sections d'écoulement dans la plaine d'inondation ont été tracées au moyen des contours topographiques à intervalles de 0,5 m apparaissant sur les cartes du risque d'inondation du MENVIQ à l'échelle du 1:2 000 basées sur des photos aériennes prises en 1977 à l'échelle du 1:5 000.

2.3.2 Zones d'érosion et d'accumulation de matériaux

Les transects de 1963 ont été comparés à ceux de 1993. Les figures 2.2 et 2.3 présentent quelques sections typiques montrant l'évolution de la bathymétrie au cours de cette période. Le tableau 2.1 résume les résultats de la comparaison de ces sections et décrit sommairement l'évolution du chenal de 1963 à 1993. Le tableau indique également les zones où des travaux d'excavation ont été faits par le MRN et le MENVIQ dans les années soixante et soixante-dix.

Un sommaire des principales zones affectées par les changements constatés dans la bathymétrie est indiqué ci-après:

Zones d'érosion faible

- Aval du pont de Scott Jonction (km 17,530) jusqu'au seuil de contrôle au km 15,010.
- Amont de Saint-Joseph entre les km 48,130 et 50,0.

Zones d'extraction de matériaux

- En aval de Beauceville, du km 58,120 au km 61,450, des travaux d'excavation et de redressement du chenal d'écoulement principal ont également été exécutés durant cette période.

Tableau 2.1 Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière Évolution du chenal d'écoulement de 1963 à 1993		
Tronçon (km à km)	Description des changements	Volume (m³) Érosion (-) Accumulation (+)
16 à 17 (16,440)	Augmentation de la profondeur moyenne de 0,5 m. Enlèvement de l'îlot au km 16,440 en rive gauche. Travaux de protection des berges en rive droite au km 17,0 (plan MRN B-8201).	- 37 500
17 - 17,530	Augmentation de la profondeur de 0,5 m à 1,0 m au droit du pont à Scott Jonction.	-26 250
20,340 - 21,135	Tronçon de l'île Perrot: pas de changement dans le chenal gauche de l'île. Remplissage pour chemin d'accès dans le chenal droit, le matériau a probablement été prélevé dans le chenal et sur l'île. La section globale d'écoulement sur le tronçon de l'île est inférieure à la section en aval et en amont. Ce tronçon représente un goulot d'étranglement.	
21,505 - 23,990 (23,990)	Tronçon de l'île Perrot jusqu'à la rivière Chassé: pas de changement important, faible érosion en rive gauche, réduction de la largeur en rive droite de 10 à 20 m due à de courts remblais construits pour l'aménagement de bâtiments.	+ 12 000 (remblai)
24,135 - 26,390 (26,390)	Tronçon de la rivière Chassé jusqu'au pont de Sainte-Marie: peu de changement, faible accumulation de matériaux à l'embouchure de la rivière Chassé.	+ 12 500

Note: Les chaînages entre parenthèses indiquent des sections typiques montrant les changements. Ces sections sont montrées sur les figures 2.2 et 2.3.

Tableau 2.1 Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière Évolution du chenal d'écoulement de 1963 à 1993		
Tronçon (km à km)	Description des changements	Volume (m³) Érosion (-) Accumulation (+)
27,180 - 27,720 (27,180)	Embouchure des ruisseaux Dupuis et Carter: un peu d'accumulation de matériaux en rive droite sur moins de 0,50 m d'épaisseur.	+ 10 000
29,340	Embouchure rivière du Bois: peu de changement. La rivière creuse son lit en rive droite pour compenser la réduction de la section causée par l'accumulation du sable en rive gauche qui provient de la rivière des Fermes.	+ 7 200
30,115 - 30,350	Érosion du chenal (ou excavation) au droit d'un îlot sur environ 0,5 m d'épaisseur.	- 11 500
33,680 - 34,800 (34,700)	Embouchure rivières Bélair, Nadeau et Lessard: érosion (enlèvement de matériaux) en rive entre les km 33,680 et 34,120 (aval rivière Bélair). Forte accumulation de matériaux en rive gauche à l'embouchure des rivières Nadeau et Lessard par rapport au niveau d'excavation (dessin MRN R-6593A et B). À noter une pointe de roc en rive droite.	- 37 800
34,980 - 37,290	Tronçon de l'embouchure des rivières Nadeau et Lessard jusqu'au pont de Vallée-Jonction: aucun changement, sections identiques.	

Note: Les chaînages entre parenthèses indiquent des sections typiques montrant les changements. Ces sections sont montrées sur les figures 2.2 et 2.3.

Tableau 2.1 Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière Évolution du chenal d'écoulement de 1963 à 1993		
Tronçon (km à km)	Description des changements	Volume (m³) Érosion (-) Accumulation (+)
(37,725) - 37,960	Section en amont du pont du Québec Central: accumulation de matériaux sur 2 m d'épaisseur.	+ 24 000
37,960 - 38,410	Aucun changement (zone des monticules en amont du pont de chemin de fer).	
39,0 - 42,270 (42,270)	Accumulation de matériaux (sable, silt) jusqu'à 4 m d'épaisseur. Ces matériaux viennent des petits ruisseaux qui se jettent dans la rivière Chaudière, principalement les rivières Cliche en rive gauche et Pouliot en rive droite.	+ 240 000
43,440 - 44,679	Aucun changement.	
(45,070)	Embouchure rivière Des Fermes: accumulation de sable et gravier en rive gauche, érosion du chenal en rive droite. Travaux de protection des berges par MRN (dessin B-6766).	+ 4 700
45,780 - 45,930	Aval et amont pont de Saint-Joseph: aucun changement.	
48,130 - 49,965	Érosion du chenal (jusqu'à 3 m plus profond) et des berges (excavation ?).	- 124 000

Note: Les chaînages entre parenthèses indiquent des sections typiques montrant les changements. Ces sections sont montrées sur les figures 2.2 et 2.3.

Tableau 2.1 Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière Évolution du chenal d'écoulement de 1963 à 1993		
Tronçon (km à km)	Description des changements	Volume (m³) Érosion (-) Accumulation (+)
51,430 - 52,885	Embouchure ruisseau Doyon et rivière Calway: aucun changement. À noter que la largeur du lit de la rivière diminue à moins de 100 m par rapport à des largeurs de plus de 100 m en aval. Les vitesses d'écoulement en crue sont entre 1-2 m/s ce qui empêche l'accumulation de sable dans le lit de la rivière.	
53,050 - 53,620 (53,620)	Embouchure rivière Saint-Victor: sections de largeur et profondeur constantes, aucun changement.	
54,235 - 56,530	Méandre du Rocher partie aval: aucun - changement.	
56,835-57,525	Méandre du Rocher partie amont: aucun changement	
(58,120)-(61,450)	Zone d'extraction de gravier en aval de Beauceville: approfondissement de 2 m à la section 58,120 et élargissement de 20 m. Approfondissement de 1,5 m à la section 61,450. Des travaux de canalisation (excavation, redressement, endiguement) ont été faits sur ce tronçon (dessin MRN C-6661).	- 363 000
61,750 - 62,0	Île au droit du pont de Beauceville: aucun changement.	

Note: Les chaînages entre parenthèses indiquent des sections typiques montrant les changements. Ces sections sont montrées sur les figures 2.2 et 2.3.

Tableau 2.1 Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière Évolution du chenal d'écoulement de 1963 à 1993		
Tronçon (km à km)	Description des changements	Volume (m³) Érosion (-) Accumulation (+)
(62,310)	Embouchure rivière Du Moulin: accumulation de gravier jusqu'à 1 m au centre de la rivière Chaudière. Zone d'extraction de gravier.	Pas de variation de volume
(63,160)-(64,325)	Beauceville jusqu'au pied du rapide du Diable: abaissement du fond par excavation des matériaux. Le fond a été abaissé de 1 à 2 m. À la section 64,325, l'abaissement atteint 3 m et serait dû à l'érosion par le courant (ressaut) au pied du rapide et par les glaces lors de la débâcle.	- 156 700
(66,380)-(68,300) (67,700)	Tête rapide du Diable jusqu'à Notre-Dame-des-Pins: abaissement du fond par excavation partout sur ce tronçon. L'abaissement est de 1 m à la section 66,300 (station hydrométrique 023 426). L'abaissement par excavation atteint 3 m à la section 67,700 (bras «est» île aux Serpents). À noter que l'entrée du bras «est» de l'île aux Serpents est fermé par un chemin d'accès ce qui réduit le débit passant par ce chenal en période de crue.	- 233 300

Note: Les chaînages entre parenthèses indiquent des sections typiques montrant les changements. Ces sections sont montrées sur les figures 2.2 et 2.3.

- En amont de Beauceville, du km 63,160 au km 64,325, il s'agit d'une importante zone d'extraction de matériaux alluvionnaires.
- Entre la tête du rapide du Diable jusqu'à Notre-Dame-Des-Pins, il s'agit d'une zone importante d'extraction de matériaux alluvionnaires.

Zones d'accumulation de matériaux

- Entre Scott Jonction et Vallée-Jonction (km 17,5 à km 37,5), il s'agit d'une zone où les accumulations sont faibles et limitées à l'embouchure des tributaires. Des travaux de nettoyage ont été faits pour enlever ces dépôts alluvionnaires dans les années soixante et soixante-dix.
- Entre Vallée-Jonction et Saint-Joseph (km 39 à km 43), zone où des accumulations importantes sont notées, les matériaux proviennent de l'érosion des terres agricoles et sont probablement constitués de sable et de silt. Les vitesses d'écoulement transportent ces matériaux en période de crue, mais sur de courtes distances.

Peu de données bathymétriques sont disponibles en amont de Notre-Dame-des-Pins (km 68,8), jusqu'à Saint-Georges, pour les années soixante. Treize transects ont été effectués par GPR en mai 1993 sur ce tronçon. En général, les profondeurs d'écoulement y sont plus grandes dans le chenal principal (coté ouest) que sur le tronçon précédent entre Notre-Dame-Des-Pins et la tête du rapide du Diable. Plusieurs entrepreneurs prélèvent les matériaux alluvionnaires sur ce tronçon. Des chemins d'accès bloquent le chenal «est» au droit de plusieurs îles, ce qui réduit sa contribution à l'écoulement en période de crue. L'effet sur les niveaux d'eau est cependant faible car la profondeur d'écoulement peut atteindre 6 m dans ce chenal comme lors de la crue de 1991. Une différence de 1 m dans l'élévation du fond sur une courte distance a peu d'impact dans ces conditions.

Au km 75,85, le fond s'élève brusquement de 2 m à la faveur d'un haut-fond. Entre les km 75,85 et 78,3, soit au droit de la ville de Saint-Georges, le fond de la rivière s'élève encore une fois de 2 m. La rivière y a été canalisée de sorte que

l'écoulement ne se fait que dans le chenal principal. Le chenal a probablement subi peu de modification de sa profondeur parce qu'il est formé de blocs et de roc.

2.3.3 Résumé de la comparaison des relevés bathymétriques

L'examen comparatif des sections en travers de 1963 et 1993 démontre que la bathymétrie est principalement influencée par l'apport en matériaux alluvionnaires (sable et gravier) provenant des tributaires. Compte tenu de leur forte pente, ceux-ci ont une capacité de charriage élevée principalement en amont de Beauceville. Cependant, on constate un approfondissement généralisé du lit de la rivière et par endroits un élargissement à cause des zones d'extraction de gravier.

Les vitesses d'écoulement en période de crue ne permettent pas le charriage des matériaux alluvionnaires sur de longues distances, ce qui favorise leur concentration à proximité de l'embouchure des tributaires et facilite leur extraction. On constate qu'il y a eu peu d'accumulation de matériaux sur le tronçon où la pente du fond est la plus faible, soit entre Scott Jonction et Beauceville.

À plusieurs endroits, les sections sont identiques entre 1963 et 1993, ce qui démontre qu'aucun changement ne s'est produit dans la bathymétrie et que la rivière est en équilibre sur le plan de son régime sédimentologique.

Il est à noter qu'un dépôt de matériaux s'est formé à l'embouchure des rivières Nadeau et Lessard (km 34-35) depuis que les travaux de nettoyage y ont été réalisés dans les années soixante-dix.

Il faut également noter qu'à l'aval de Beauceville, le fond de la rivière a été approfondi de plus de 1,5 m aux environs du km 58, par rapport à l'élévation du chenal excavé par le MRN dans les années soixante.

Aucune accumulation de matériaux ne s'est formée dans la rivière Chaudière à l'embouchure des rivières Calway et Saint-Victor, puisque les matériaux alluvionnaires sont déposés dans ces rivières où ils forment des deltas. Les rapports du MRN indiquent que la fosse à sédiments, aménagée en 1968-1969 à l'embouchure de

la rivière Bras Saint-Victor, a été nettoyée à chaque année de 1970 à 1974. Apparemment, cette fosse n'aurait pas été nettoyée depuis cette époque.

Par ailleurs, les rapports qui nous ont été fournis indiquent que dans les années 1960 et 1970, les travaux de canalisation et d'enlèvement des matériaux alluvionnaires à l'embouchure des tributaires étaient fréquents. Ces travaux ont contribué à réduire l'accumulation de matériaux sur le tronçon des eaux mortes et à éviter l'érosion des terres agricoles. En effet, l'accumulation d'alluvions bloque partiellement la section d'écoulement, ce qui, en forçant l'écoulement vers la berge opposée, favorise son érosion. Ces travaux contribuent moins à l'abaissement des niveaux d'eau en période de crue qu'à la stabilisation des berges et à la conservation des terres agricoles.

2.4 Modélisation de l'écoulement

Tel que mentionné dans le rapport d'étape 1, le logiciel HEC-2 (réf. 9) a été utilisé pour modéliser les conditions d'écoulement dans la rivière Chaudière et ainsi calculer les niveaux d'eau dans la zone d'étude. La méthode d'utilisation du modèle a été décrite dans le rapport d'étape 1 (réf. 8, section 2.6) et ne sera pas répétée ici. Nous n'indiquons ici que les modifications apportées suite à la campagne de relevés bathymétriques de 1993.

2.4.1 Révision de l'étalonnage

L'étalonnage du modèle a été refait avec les nouvelles sections en travers mesurées entre le seuil de contrôle de Saint-Maxime de Scott (km 15,010) et le pont de Beauceville (km 61,5). Les données de niveau d'eau à la station 023418 du MENVIQ, située au droit du Rocher (km 56,5), et les débits mesurés à la section 023426, située à la tête du rapide du Diable (km 66,38), ont été utilisées pour tracer des relations débit-niveau au Rocher et à Notre-Dame-des-Pins. Ces nouvelles relations nous ont permis d'améliorer la modélisation du profil d'écoulement. Le meilleur ajustement des niveaux calculés avec les niveaux observés est obtenu pour les valeurs du coefficient de Manning suivantes:

Tronçon Scott Jonction à Beauceville:

- chenal principal : $n = 0,025$
- plaine d'inondation : $n = 0,110$

Tronçon Beauceville à Notre-Dame-des-Pins:

- chenal principal : $n = 0,035$
- chenal d'inondation : $n = 0,060$

Ces valeurs sont très semblables à celles obtenues des calculs effectués par le MRN avec les transects mesurés en 1963. Les relations débits-niveaux obtenues à partir des relevés aux diverses stations hydrométriques du MENVIQ sont présentées sur les figures 2.4 et 2.5. Le tableau 2.2 présente les résultats des calculs du profil d'écoulement faits par Tecsalt au débit de $1600 \text{ m}^3/\text{s}$. Les niveaux déduits des relations débits-niveaux sont également indiqués.

Les calculs des profils d'écoulement ont été arrêtés à Notre-Dame-des-Pins parce que le tronçon en amont jusqu'à Saint-Georges est peu affecté par les inondations en eau libre. La relation débit-niveau établie à Saint-Georges à partir des mesures disponibles permet d'évaluer les problèmes d'inondation dans cette ville.

La relation débit-niveau au seuil de contrôle (km 15,010) est celle établie par Llamas (réf. 10) dans son étude de 1966. Nous émettons l'hypothèse que cette relation demeure valable compte tenu du fait que la section au droit du seuil de contrôle est constituée de roc et qu'elle n'a pas subi de modification par des travaux depuis cette époque.

2.4.2 Capacité d'écoulement de la rivière

Les relations débit-niveau sont essentielles dans l'étude des inondations et la détermination de solutions. Une fois que le modèle d'écoulement est étalonné, il est possible d'étudier l'effet de modifications à la géométrie du chenal d'écoulement par des

TABLEAU 2.2
ETUDE DE MODELISATION DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIERE CHAUDIERE
CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES DE L'ECOULEMENT AU DEBIT DE 1600 m³/s
(CRUE VICENNALE) ENTRE SCOTT-JONCTION ET BEAUCEVILLE

Localisation chainage (m)	Débit Total (m³/s)	Niveau d'eau calculé (m)	Niveau d'eau observé (m)	Débit chenal principal (m³/s)	Vitesse chenal principal (m/s)	Débit plaine gauche (m³/s)	Vitesse plaine gauche (m/s)	Débit plaine droite (m³/s)	Vitesse plaine droite (m/s)	Profondeur (m)
15010	1600	140.52	140.52	1599.52	4.37	0.12	0.44	0.20	0.46	2.32
15310	1600	141.57		1590.66	3.43	1.64	0.55	7.54	0.59	3.77
16030	1600	142.52		1595.05	2.45	1.40	0.38	3.39	0.44	4.62
16440	1600	142.80		1580.15	2.29	2.10	0.43	17.58	0.57	4.30
17030	1600	143.00		1571.46	2.89	8.51	0.30	19.88	0.67	6.80
17530	1600	143.43	143.63	1585.02	2.20	10.11	0.52	4.71	0.48	6.23
17585	1600	143.46		1599.84	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	5.46
17595	1600	143.46		1599.84	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	5.46
17620	1568	143.63		1563.49	1.43	3.18	0.13	1.17	0.14	7.23
17990	1568	143.69		1562.54	1.36	2.88	0.16	2.42	0.15	6.09
18440	1568	143.74		1560.97	1.41	3.67	0.17	3.20	0.16	6.94
18750	1568	143.74		1555.92	1.87	8.88	0.25	3.04	0.19	5.84
19090	1568	143.81		1555.68	2.05	9.02	0.23	3.15	0.24	5.41
19675	1568	143.97		1553.26	2.16	9.80	0.15	4.78	0.22	6.97
20060	1568	144.07		1546.14	2.26	14.23	0.13	7.47	0.28	6.37
20340	1568	144.25		1555.21	1.80	5.11	0.10	7.53	0.24	5.45
20445	1568	144.28		1550.52	1.80	7.90	0.13	9.42	0.25	6.78
20510	1568	144.15		1228.58	3.21 (1)	7.79	0.22	331.48	0.63	5.85
20770	1568	144.78		1555.14	1.37	8.87	0.19	3.83	0.18	6.78
21135	1568	144.89		1536.24	1.25	8.46	0.18	23.14	0.23	6.09
21505	1568	144.91		1530.36	1.65	15.32	0.15	22.15	0.14	6.41
21750	1568	144.92		1494.92	1.89	19.24	0.19	53.68	0.18	6.62
21990	1568	145.00		1530.57	1.70	9.32	0.15	27.96	0.13	6.30
22370	1568	145.08		1522.44	1.66	30.95	0.18	14.45	0.13	6.58
22570	1568	145.09		1544.70	1.80	14.75	0.15	8.40	0.11	6.69
23040	1568	145.20		1542.25	1.67	16.86	0.17	8.73	0.11	6.80
23485	1568	145.27		1542.18	1.69	21.94	0.16	3.73	0.19	6.07
23560	1568	145.28		1535.26	1.72	30.01	0.16	2.58	0.19	6.28
23990	1568	145.30		1560.09	2.27	5.89	0.21	1.87	0.19	6.80
24135	1568	145.38		1560.37	2.12	6.08	0.17	1.39	0.18	6.38
24340	1568	145.40		1544.74	2.40	10.59	0.29	12.52	0.27	6.70
24430	1568	145.39		1525.35	2.68	22.02	0.37	20.48	0.35	6.69
24950	1568	145.73		1529.91	1.97	27.20	0.22	10.74	0.27	7.23
25260	1568	145.85		1486.40	1.67	72.16	0.16	9.28	0.22	7.05
25530	1568	145.85		1436.25	2.05	130.54	0.21	1.05	0.15	7.35
25860	1568	145.90		1429.30	2.23	134.39	0.22	4.15	0.23	7.20
26110	1568	146.06		1498.37	1.66	69.47	0.15	0.00	0.00	6.66
26330	1568	146.07		1465.64	1.88	98.86	0.17	3.35	0.17	7.17

TABLEAU 2.2
ETUDE DE MODELISATION DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIERE CHAUDIERE
CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES DE L'ECOULEMENT AU DEBIT DE 1600 m³/s
(CRUE VICENNALE) ENTRE SCOTT-JONCTION ET BEAUCEVILLE

Localisation chainage (m)	Débit Total (m³/s)	Niveau d'eau calculé (m)	Niveau d'eau observé (m)	Débit chenal principal (m³/s)	Vitesse chenal principal (m/s)	Débit plaine gauche (m³/s)	Vitesse plaine gauche (m/s)	Débit plaine droite (m³/s)	Vitesse plaine droite (m/s)	Profondeur (m)
26390	1568	146.09	146.32	1567.83	1.79	0.01	0.02	0.00	0.00	7.99
26391	1568	146.03		1567.84	2.47	0.00	0.00	0.00	0.00	5.03
26398	1568	146.04		1567.84	2.47	0.00	0.00	0.00	0.00	5.04
26450	1528	146.26		1487.30	1.82	39.26	0.13	1.29	0.14	8.26
26675	1528	146.29		1477.29	1.84	49.49	0.13	1.06	0.14	8.39
26920	1528	146.33		1494.13	1.85	25.18	0.10	8.54	0.16	9.13
27180	1528	146.36		1454.07	2.14	24.15	0.13	49.63	0.21	7.56
27220	1528	146.38		1426.32	2.13	35.08	0.18	66.45	0.22	7.28
27640	1528	146.59		1432.13	1.53	9.17	0.13	86.55	0.19	7.49
27720	1528	146.64		1376.19	1.32	4.06	0.11	147.59	0.17	7.44
27910	1528	146.64		1449.83	1.51	5.88	0.16	72.13	0.15	8.24
28420	1528	146.71		1420.84	1.41	6.56	0.15	100.45	0.14	7.71
28900	1528	146.70		1436.01	2.07	14.04	0.25	77.79	0.19	7.40
29340	1528	146.83		1373.68	2.00	31.75	0.24	122.42	0.19	7.73
29840	1528	147.01		1452.57	1.41	21.06	0.18	54.23	0.11	7.61
30115	1528	147.06		1458.18	1.25	45.77	0.19	23.90	0.12	7.16
30350	1528	147.08		1462.31	1.29	53.96	0.19	11.58	0.17	7.28
30770	1528	147.11		1482.59	1.58	37.92	0.16	7.34	0.13	8.31
31235	1528	147.15		1482.77	1.73	20.57	0.13	24.51	0.23	7.75
31770	1528	147.24		1508.64	1.54	8.82	0.14	10.38	0.16	9.24
32260	1528	147.30		1476.88	1.51	7.12	0.15	43.85	0.17	8.10
32830	1528	147.35		1416.13	1.60	73.70	0.17	38.02	0.17	8.95
33680	1528	147.45		1407.08	1.63	84.78	0.19	35.98	0.18	8.25
34120	1528	147.50		1469.19	1.72	35.44	0.22	23.22	0.20	7.80
34370	1528	147.53		1450.45	1.79	55.00	0.22	22.40	0.22	6.73
34700	1528	147.59		1423.09	1.80	92.89	0.21	11.87	0.18	6.99
34800	1528	147.57		1357.32	2.42	141.34	0.30	29.18	0.32	7.07
34980	1528	147.82		1477.30	1.43	40.46	0.15	10.08	0.15	8.32
35425	1528	147.84		1496.92	1.58	13.19	0.16	17.74	0.13	8.44
35720	1528	147.88		1462.72	1.61	45.46	0.17	19.67	0.17	9.28
36090	1528	147.95		1470.95	1.31	21.12	0.10	35.77	0.15	8.25
36500	1528	147.98		1439.44	1.43	2.31	0.05	86.10	0.16	9.28
36890	1528	147.97		1499.12	1.75	3.75	0.16	24.98	0.18	9.87
36950	1528	147.95		1504.63	2.18	5.63	0.21	17.59	0.21	9.45
36961	1528	147.95		1504.63	2.18	5.63	0.21	17.59	0.21	9.45
37030	1528	148.10		1492.29	1.64	9.19	0.16	26.37	0.16	10.00
37270	1480	148.11	148.33	1415.98	1.94	26.28	0.25	37.59	0.20	8.51
37510	1480	148.26		1463.14	1.38	5.77	0.19	10.94	0.21	9.36

TABLEAU 2.2
ETUDE DE MODELISATION DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIERE CHAUDIERE
CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES DE L'ECOULEMENT AU DEBIT DE 1600 m³/s
(CRUE VICENNALE) ENTRE SCOTT-JONCTION ET BEAUCEVILLE

Localisation chainage (m)	Débit Total (m³/s)	Niveau d'eau calculé (m)	Niveau d'eau observé (m)	Débit chenal principal (m³/s)	Vitesse chenal principal (m/s)	Débit plaine gauche (m³/s)	Vitesse plaine gauche (m/s)	Débit plaine droite (m³/s)	Vitesse plaine droite (m/s)	Profondeur (m)
37520	1480	148.26	149.13	1463.14	1.38	5.77	0.19	10.94	0.21	9.36
37600	1480	148.29		1456.64	1.24	15.12	0.15	8.09	0.15	9.49
37720	1480	148.29		1458.91	1.27	14.75	0.10	6.19	0.09	9.29
37970	1480	148.32		1444.05	1.16	26.64	0.11	9.16	0.11	8.72
38410	1480	148.37		1223.89	1.01	38.44	0.10	217.52	0.12	8.37
39030	1480	148.40		1021.57	1.06	21.25	0.10	437.03	0.14	9.10
39725	1480	148.44		1113.55	0.96	13.96	0.10	352.34	0.13	7.94
40425	1480	148.45		1212.75	1.36	34.12	0.14	232.99	0.13	10.15
41020	1480	148.49		1444.71	1.57	2.88	0.11	32.26	0.18	6.99
41590	1480	148.58		1461.68	1.35	3.14	0.12	15.03	0.13	9.38
42260	1480	148.65		1300.30	1.28	66.37	0.14	113.18	0.14	8.65
42870	1480	148.70		1252.12	1.26	3.46	0.12	224.27	0.16	8.70
43440	1480	148.74		1400.97	1.17	43.09	0.14	35.79	0.08	8.74
43855	1480	148.76		1294.46	1.36	83.21	0.16	102.19	0.14	8.16
44370	1480	148.81		1120.81	1.32	318.23	0.17	40.81	0.13	8.81
44825	1480	148.86		1166.28	1.16	295.12	0.15	18.45	0.13	8.06
45070	1480	148.84		1365.03	1.55	82.51	0.10	32.31	0.18	8.84
45363	1480	148.94		1043.73	1.12	421.79	0.16	14.33	0.11	7.44
45780	1480	148.95		1469.00	1.77	2.40	0.18	8.45	0.21	8.05
45840	1480	149.06		1375.29	1.27	104.56	0.10	0.00	0.00	9.06
45845	1480	149.06		1356.40	1.42	123.45	0.12	0.00	0.00	7.56
45930	1424	149.15		748.34	0.95	667.95	0.28	7.56	0.22	8.05
46170	1424	149.17		752.58	0.78	621.75	0.21	49.53	0.17	8.47
46530	1424	149.18		729.40	0.83	594.90	0.21	99.56	0.17	8.38
46925	1424	149.19		754.14	0.80	529.71	0.20	140.00	0.17	8.79
47425	1424	149.19		878.17	1.07	388.82	0.25	156.87	0.22	8.49
48130	1424	149.22		1142.63	1.21	128.73	0.23	152.50	0.24	8.42
48605	1424	149.24		1050.85	1.33	45.78	0.20	327.22	0.26	9.74
49120	1424	149.30		1040.46	1.08	172.57	0.25	210.83	0.23	8.10
49965	1424	149.34		968.14	1.22	387.97	0.24	67.75	0.19	9.24
50650	1424	149.37		960.61	1.32	440.19	0.24	23.06	0.25	9.57
51430	1424	149.43		1067.09	1.23	348.86	0.26	7.91	0.16	7.93
52390	1424	149.49		1238.12	1.53	47.30	0.35	138.44	0.28	8.49
52885	1424	149.55		857.82	1.88	421.18	0.55	144.86	0.38	5.45
53050	1392	149.59		1044.11	1.67	304.57	0.37	43.18	0.40	8.59
53150	1392	149.66		924.46	1.30	266.04	0.31	201.36	0.28	8.16
53210	1392	149.66		969.61	1.31	270.76	0.32	151.49	0.25	7.76
53620	1336	149.70		916.02	1.32	169.72	0.26	250.13	0.32	7.30

TABLEAU 2.2
ETUDE DE MODELISATION DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIERE CHAUDIERE
CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES DE L'ECOULEMENT AU DEBIT DE 1600 m³/s
(CRUE VICENNALE) ENTRE SCOTT-JONCTION ET BEAUCEVILLE

Localisation chainage (m)	Débit Total (m³/s)	Niveau d'eau calculé (m)	Niveau d'eau observé (m)	Débit chenal principal (m³/s)	Vitesse chenal principal (m/s)	Débit plaine gauche (m³/s)	Vitesse plaine gauche (m/s)	Débit plaine droite (m³/s)	Vitesse plaine droite (m/s)	Profondeur (m)
54235	1336	149.75	150.11	968.01	1.32	113.26	0.21	254.59	0.31	7.05
54720	1336	149.78		893.64	1.57	35.05	0.25	407.18	0.33	8.18
55510	1336	149.87		1130.19	1.56	86.90	0.27	118.78	0.22	7.87
55800	1336	149.82		1181.97	2.33	77.52	0.31	76.37	0.33	8.12
55940	1336	149.96		1213.23	1.75	88.75	0.26	33.89	0.20	7.76
56360	1336	150.00		1270.84	1.95	60.94	0.43	4.08	0.31	9.60
56530	1336	150.03		1290.72	1.96	41.40	0.41	3.74	0.29	8.93
56670	1336	150.09		1233.99	1.85	79.69	0.31	22.19	0.43	8.39
56835	1336	150.19		1220.96	1.47	104.09	0.21	10.82	0.29	7.99
57030	1170	150.22		1127.04	1.35	33.79	0.13	8.82	0.21	7.62
57250	1170	150.24		1071.91	1.36	41.43	0.15	56.32	0.22	7.64
57525	1170	150.27		1027.16	1.36	65.91	0.27	76.59	0.25	6.77
58130	1170	150.35		1026.30	1.24	3.12	0.18	140.25	0.20	8.15
58920	1170	150.41		1142.80	1.42	15.49	0.27	11.37	0.25	6.71
59575	1170	150.48		1148.91	1.76	8.89	0.33	11.87	0.33	6.08
60445	1170	150.67	151.03	1150.77	1.97	16.70	0.36	2.18	0.31	5.87
61050	1170	150.81		1156.83	2.29	6.94	0.45	5.90	0.45	6.51
61445	1152	151.10		1147.89	1.45	4.00	0.27	0.00	0.00	7.20

Note 1 : La vitesse élevée est due à l'obstruction du chenal «est» de l'île par une digue servant de chemin d'accès à l'île

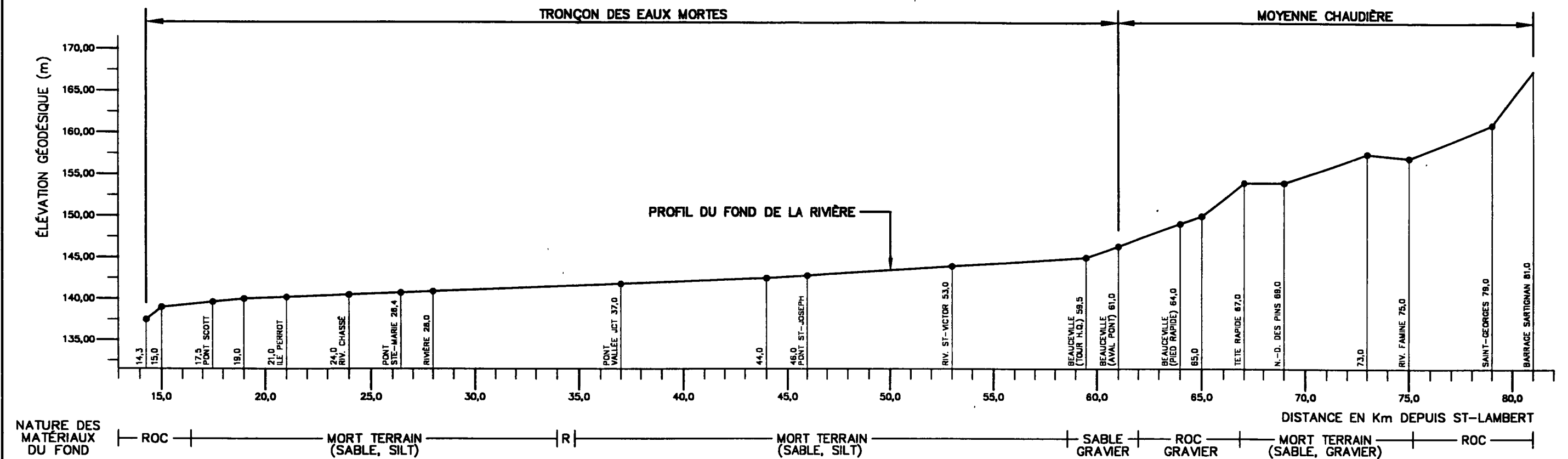
excavations, par exemple, ou l'effet de la diminution du débit par la construction de barrages et de réservoirs.

Il suffit de modifier la section à un endroit ou de diminuer le débit sur un tronçon et de recalculer le profil d'écoulement. L'efficacité hydraulique de la solution se mesure par l'abaissement du niveau d'eau calculé par rapport à l'état initial de la rivière tel que défini par les relations débit-niveau montrées sur les figures 2.4 et 2.5.

La capacité d'écoulement à plein bord de la rivière (chenal principal) peut être déterminée au moyen de ces relations en prenant comme élévation du niveau d'eau celle du haut du talus des berges.

Le tableau 2.2 indique la répartition du débit entre le lit de la rivière et les plaines inondables, en rive «ouest» et en rive «est» pour un débit total de 1600 m³/s. Ces résultats démontrent la contribution importante des plaines inondables dans l'écoulement de la crue d'une période de retour de 20 ans.

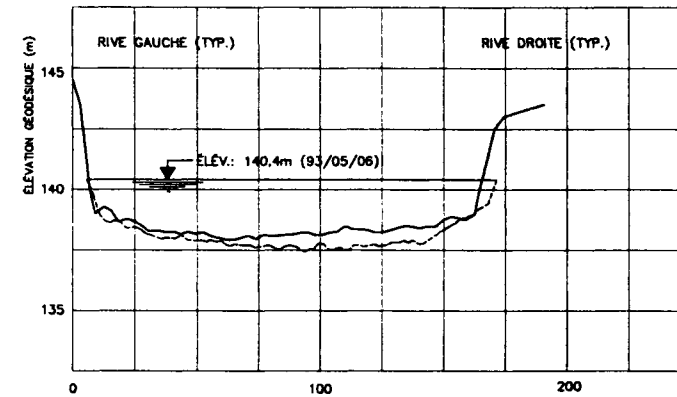
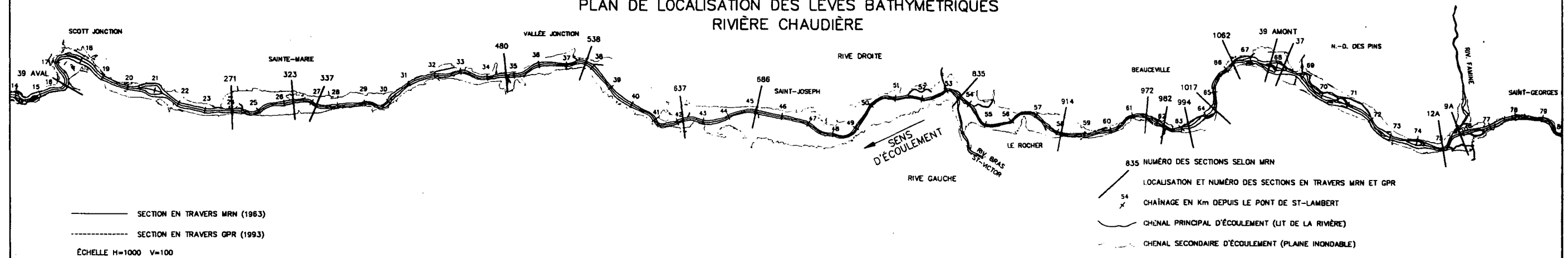
Ces résultats permettent de constater que le débit dans les plaines inondables représente en moyenne 25% du débit total pour la crue de 20 ans. Pour éliminer les inondations résultant de cette crue, il faut donc, soit augmenter la capacité d'écoulement du chenal principal de l'ordre de 25%, soit réduire le débit de pointe du même ordre le long du tronçon des eaux mortes. Nous verrons dans les prochains chapitres, les différentes solutions étudiées pour réaliser cet objectif.



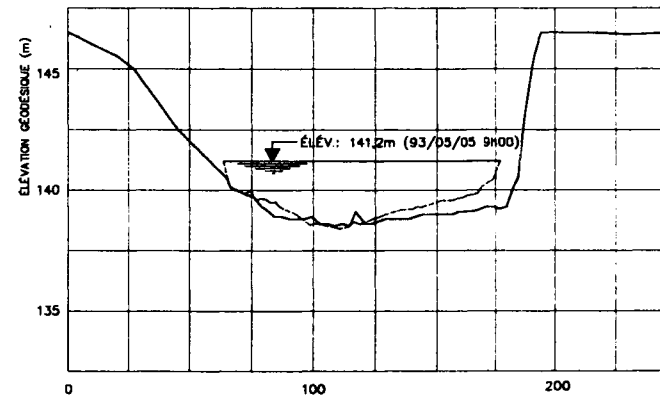
DISTANCE Km	LOCALISATION	ÉLÉVATION FOND	x 10 ³ PENTE FOND	Q = 1800 m ³ /s							Q = 225 m ³ /s			
				N. E. (m)	CHENAL PRINCIPAL			PLAINE INOND.			N. E. (m)	CHENAL PRINC.		
					PROF. (m)	VITESSE (m/s)	LARGEUR (m)	VITESSE (m/s)	LARGEUR (m)			PROF. (m)	VITESSE (m/s)	
14,3	—	137,5	2,00	—	—	—	—	—	—		—	—	—	
15,0	—	139,0		140,52	2,30	4,40	180	0,45	10		139,25	0,90	2,00	
17,5	pont Scott	—		0,25	—	—	—	—	—	—		—	—	—
19,0	—	140,0		143,80	5,40	2,00	160	0,23	36		140,60	2,20	0,90	
21,0	Île Perrot	—	0,10	144,90	6,10	2,70	200	0,37	286		141,00	2,20	0,80	
24,0	rivière Chassé	—		145,40	6,70	2,40	115	0,29	50		141,50	2,80	1,10	
26,4	pont Sainte-Marie	—		146,00	5,00	1,80	125	0	0		141,80	—	—	
28,0	rivière	—		146,60	8,20	1,40	130	0,15	246		142,30	3,90	0,50	
37,0	pont Vallée Jct	—	0,18	148,10	10,00	1,40	105	0,20	90		143,30	5,20	0,50	
44,0	—	142,5		—	—	—	—	—	—	—		—	—	—
46,0	pont Saint-Joseph	—		149,20	8,50	0,80	123	0,20	920		144,00	2,90	1,10	
53,0	rivière Saint-Victor	—		149,70	8,20	1,30	147	0,30	567		145,57	4,10	0,65	
59,5	Beauceville (tour H.Q.)	145,0	1,50	150,50	6,10	1,80	110	0,33	51		146,30	1,90	1,00	
61,0	Beauceville (aval pont)	—		151,10	7,20	1,50	127	0,30	10		147,00	3,10	0,60	
64,0	Beauceville (pied rapide)	—		—	—	—	—	—	—	—		—	—	—
65,0	—	150,0		—	—	—	—	—	—	—		—	—	—
67,0	tête rapide	154,0	2,00	—	—	—	—	—	—		—	—	—	
69,0	Notre-Dame-des-Pins	—	0,50	—	—	—	—	—	—		—	—	—	
73,0	—	—		—	—	—	—	—	—	—		—	—	—
75,0	rivière Famine	157,00		—	—	—	—	—	—	—		—	—	—
79,0	Saint-Georges	161,00		1,00	—	—	—	—	—	—		—	—	—
81,0	barrage Sartignan	—		—	—	—	—	—	—		—	—	—	

échelle hor. 1cm = 2000m
échelle ver. 1cm = 5m

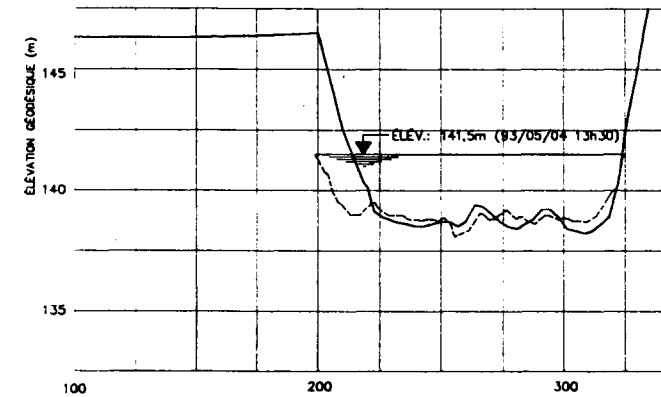
PLAN DE LOCALISATION DES LEVÉS BATHYMÉTRIQUES RIVIÈRE CHAUDIÈRE



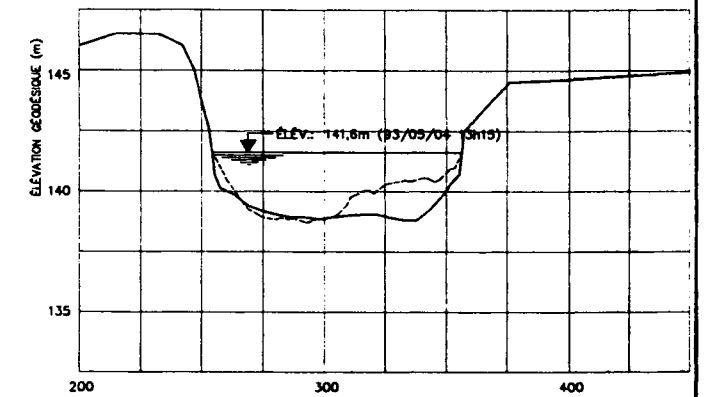
SECTION #39 AVAL : Km 16+030



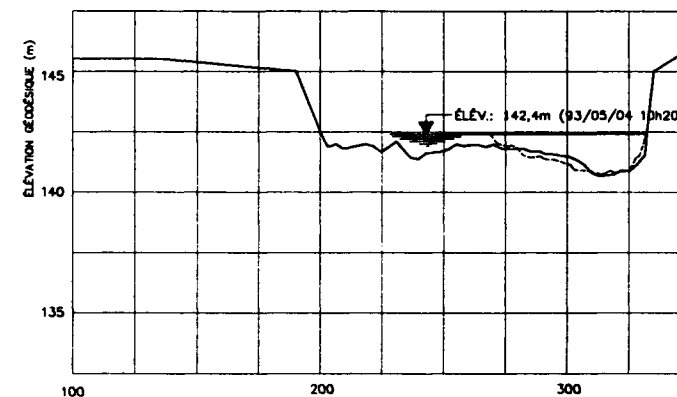
SECTION #271 : Km 23+990



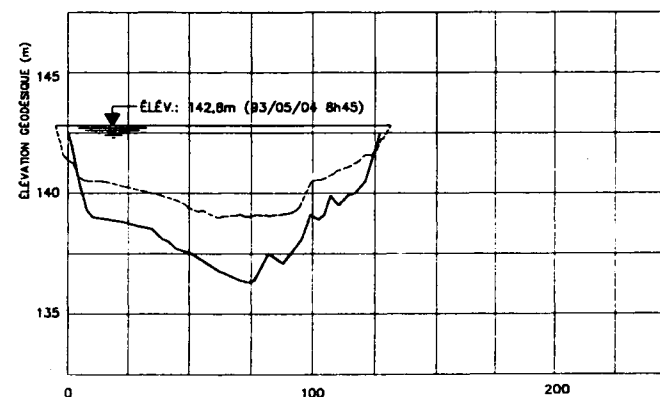
SECTION #323 : Km 26+390



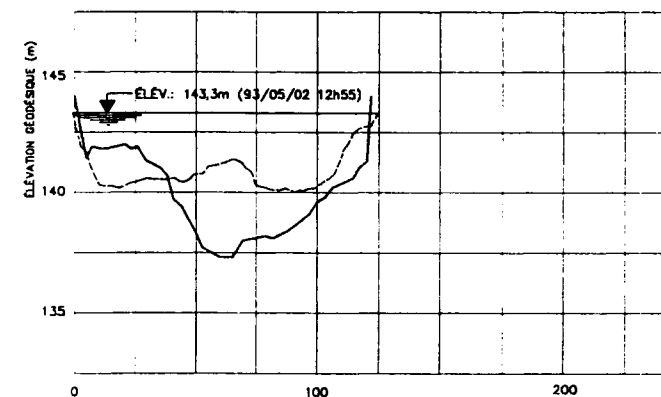
SECTION #337 : Km 27+180



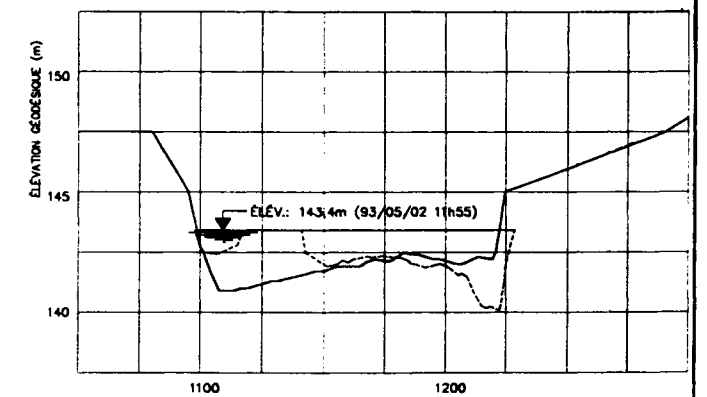
SECTION #480 : Km 34+700



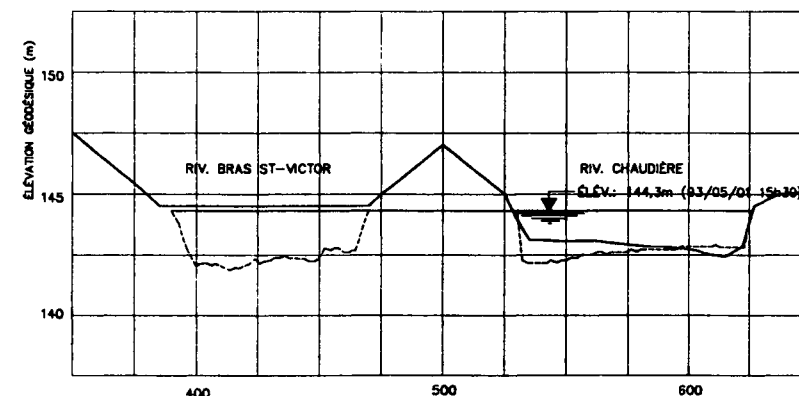
SECTION #538 : Km 37+725



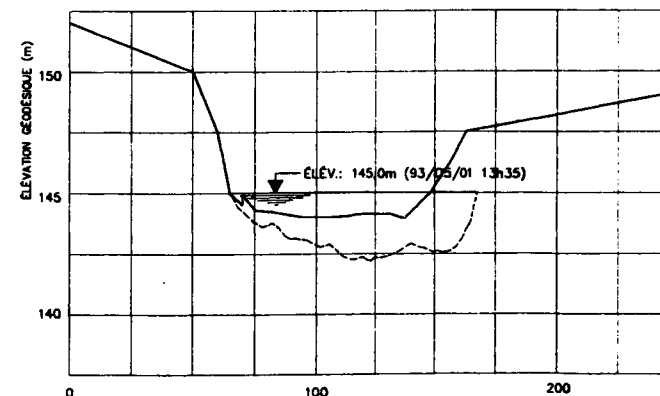
SECTION #637 : Km 42+270



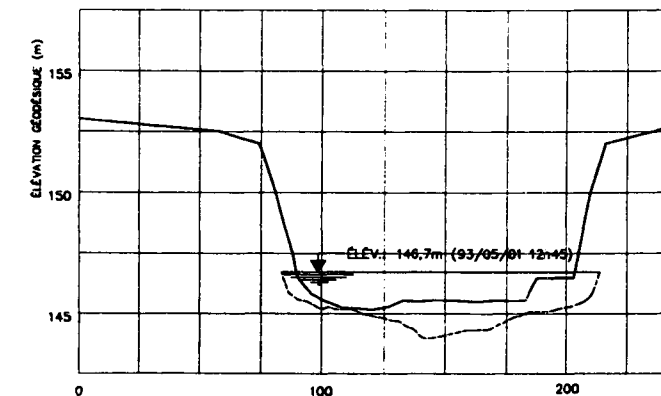
SECTION #686 : Km 45+070



SECTION #835 : Km 53+620



SECTION #914 : Km 58+120



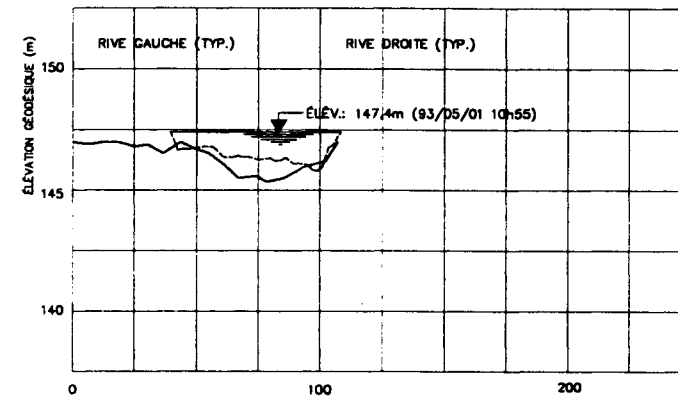
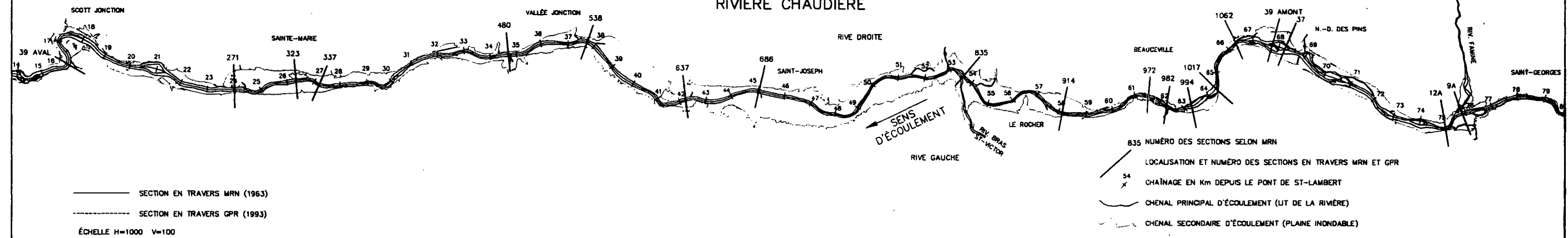
SECTION #972 : Km 61+450

RÉF.: MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC
GPR INT. L.TÉE / JUILLET 1993 PROJET M-92352

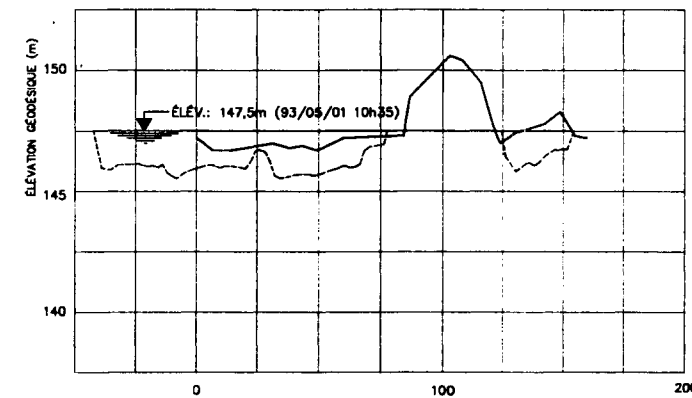
ÉCHELLE VISUELLE		RAPPORT	
500	0	1000m	1 : 5 000
Gouvernement du Québec		Tecsult Inc.	
Ministère de la Sécurité Publique		Direction Générale de la Sécurité Civile	
ÉTUDE DE MODÉLISATION DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE			
RIVIÈRE CHAUDIÈRE			
SECTIONS EN TRAVERS			
MRN (1963) ET GPR (1993)			
Km 16.03 À Km 61.45			
Préparé par	Revisé par	Approuvé par	Approuvé par
P.R.T.	P.C.	P.R.T.	P.R.T.
Préparé par	Revisé par	Approuvé par	Approuvé par
P.R.T.	P.C.	P.R.T.	P.R.T.
Date	4727	Date	
OCTOBRE 93			

FIGURE 2.2

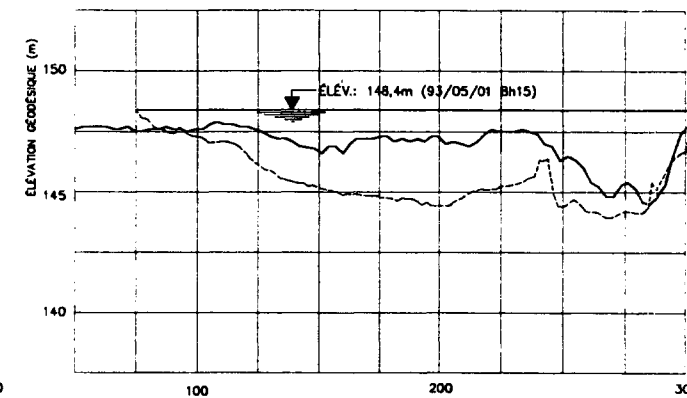
PLAN DE LOCALISATION DES LEVÉS BATHYMETRIQUES RIVIÈRE CHAUDIÈRE



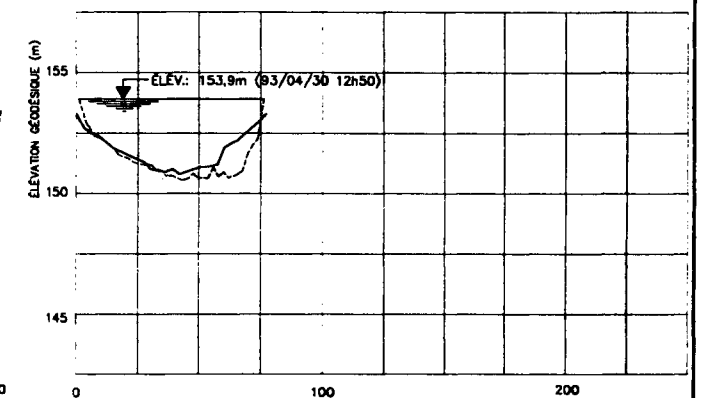
SECTION #982 : Km 62+310



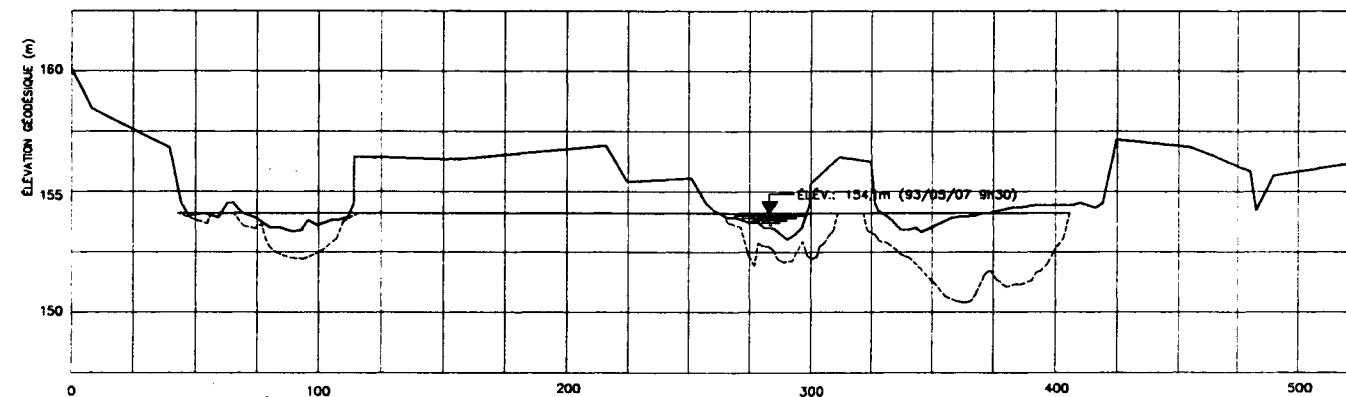
SECTION #994 : Km 63+160



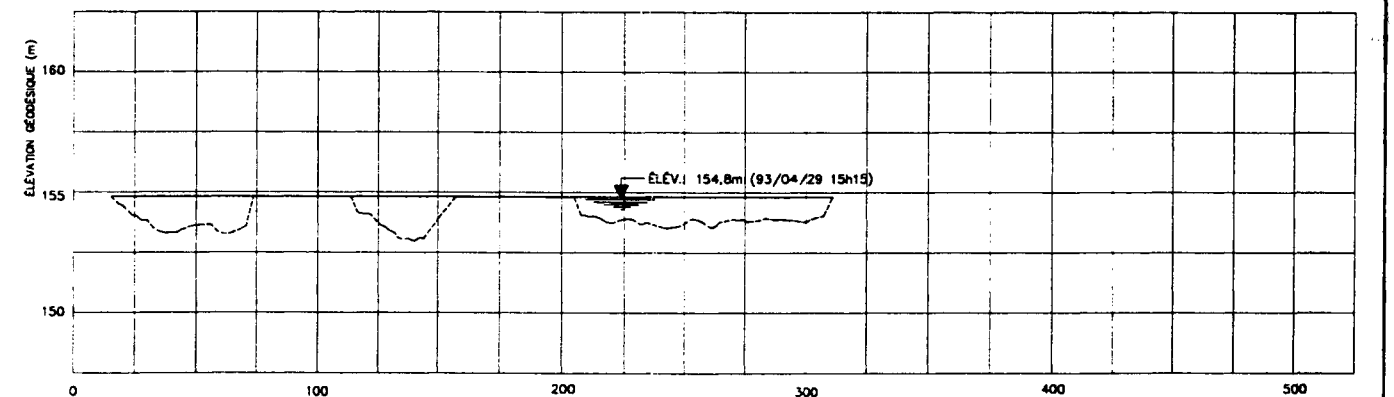
SECTION #1017 : Km 64+325



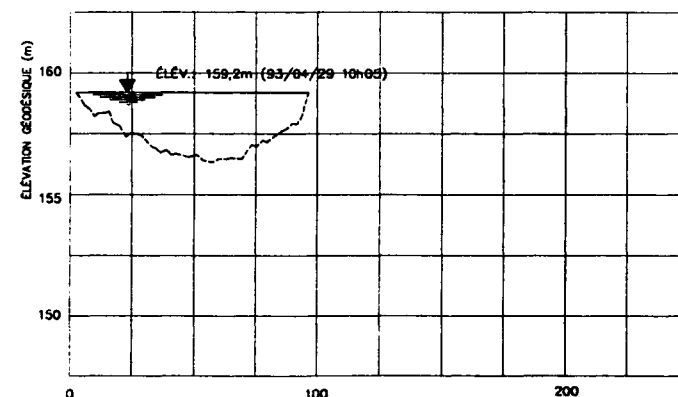
SECTION #1062 : Km 66+380



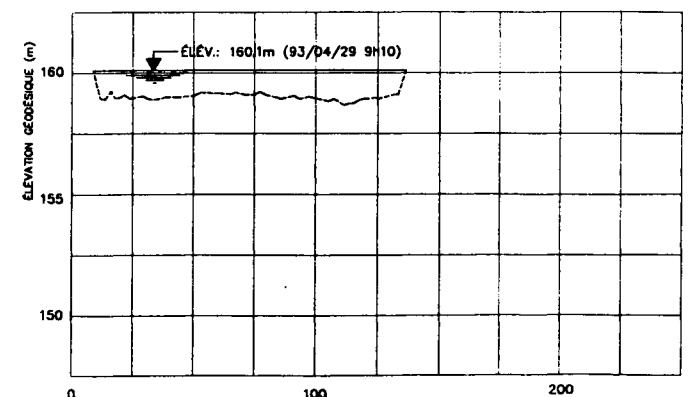
SECTION #39 AMONT : Km 67+700



SECTION #37 : Km 68+300



SECTION #12A : Km 75+000

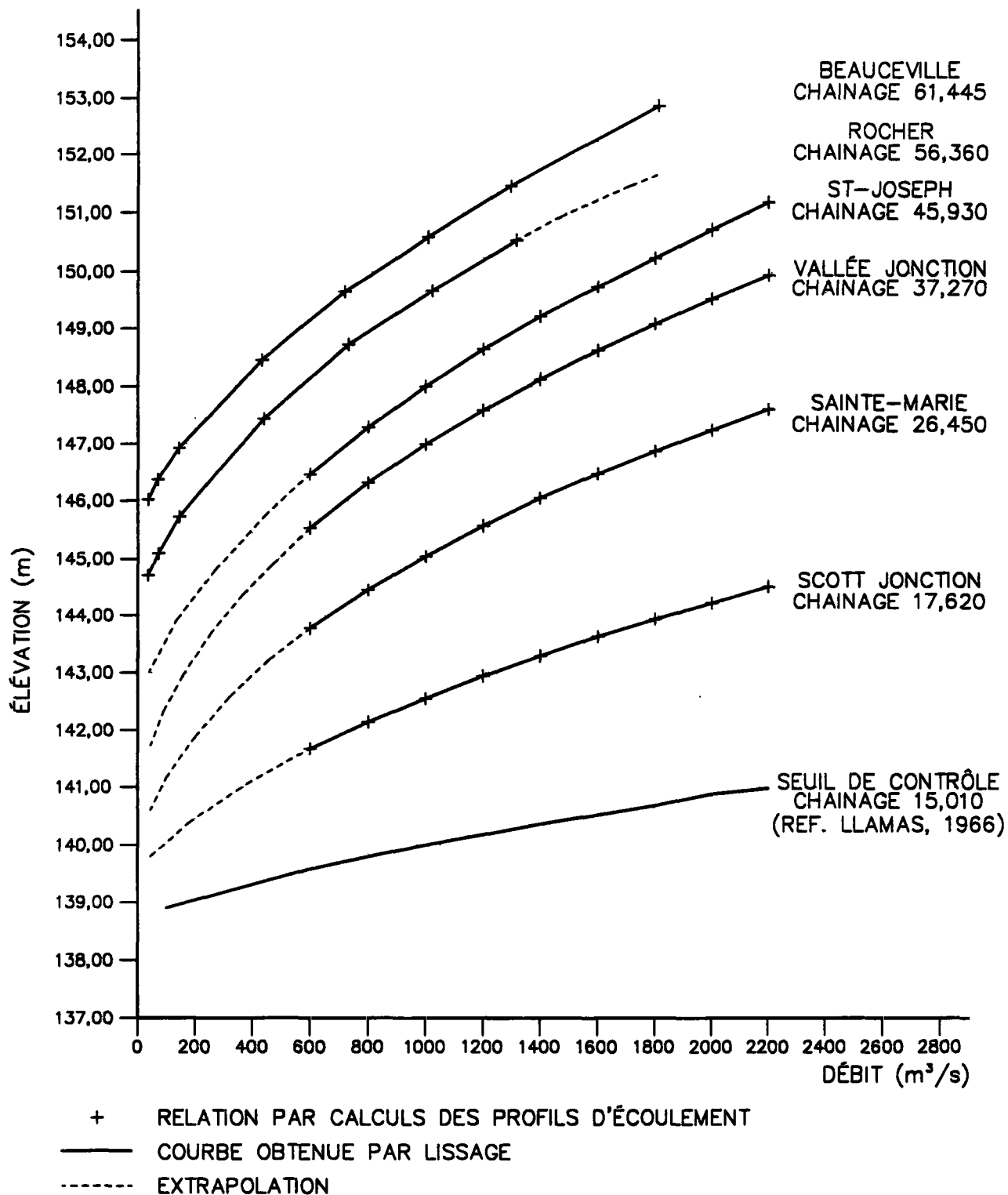


SECTION #9A : Km 75+850

REF.: MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC
GPR INT. L.TÉE : JUILLET 1993 PROJET M-92352

ÉCHELLE VISUELLE		RAPPORT	
500 0 1000m		1 : 5 000	
Gouvernement du Québec Ministère de la Sécurité Publique Direction Générale de la Sécurité Civile			
TECSUT Inc.			
ÉTUDE DE MODÉLISATION DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE			
RIVIÈRE CHAUDIÈRE SECTIONS EN TRAVERS SELON RELEVÉS BATHYMETRIQUES MRN (1963) ET GPR (1993) Km 62.31 À Km 75.85			
PROJET	P.R.T.	PROJET	P.C.
PROJET	P.R.T.	PROJET	P.R.T.
OCTOBRE 93		4727	

FIGURE 2.3



RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

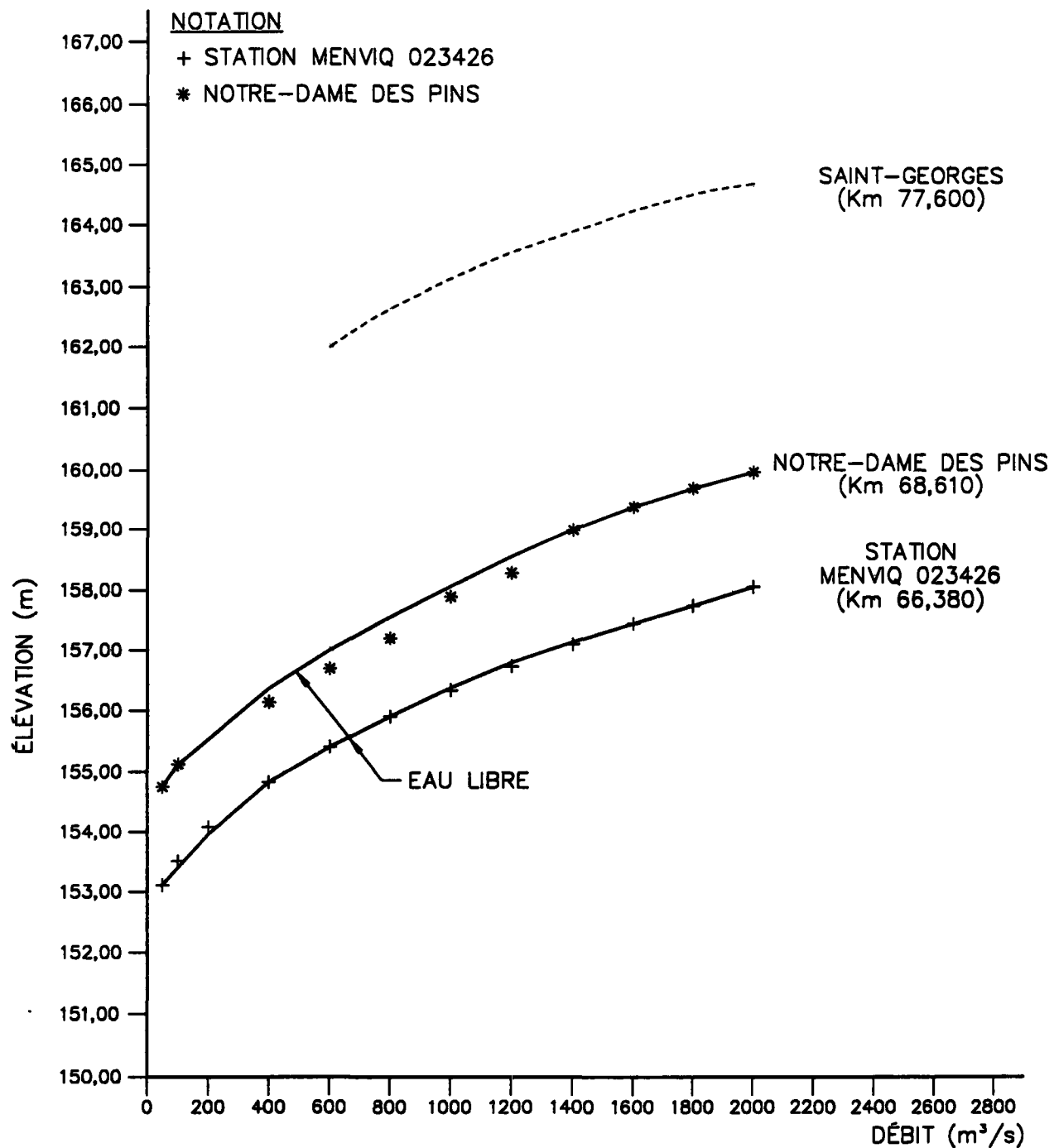
RELATIONS DÉBITS-NIVEAUX POUR LES
CONDITIONS EN EAU LIBRE AU DROIT DES
VILLES SUR LE TRONÇON DES EAUX MORTES



PROJET: 4727

DATE: OCTOBRE 1993

FIGURE: 2.4



- + RELATION PAR CALCULS DES PROFILS D'ÉCOULEMENT
- COURBE OBTENUE PAR LISSAGE
- RELATION PAR DONNÉES NIVEAUX ET DÉBITS DU MENVIQ

RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

RELATIONS DÉBITS-NIVEAUX EN EAU LIBRE
STATION MENVIQ 023426
NOTRE-DAME DES PINS ET ST-GEORGES



PROJET: 4727

DATE: OCTOBRE 1993

FIGURE: 2.5

③

3.0 SOLUTIONS D'EXCAVATION

3.1 Études antérieures

Les termes de référence de l'étude spécifiait de revoir les solutions d'excavation analysées précédemment par le MRN et le MENVIQ. Ces solutions sont:

- l'écrêtement du seuil à l'aval de Scott Jonction;
- l'excavation de l'île Perrot;
- l'excavation du chenal entre Scott Jonction et Sainte-Marie.

Le MRN a entrepris dans les années soixante une étude exhaustive du problème des inondations sur la rivière Chaudière. Ces solutions ont été analysées dans le cadre de leur étude et ont fait l'objet de rapports en 1969 (réf. 11) et 1988 (réf. 12).

Leur étude concluait que l'écrêtement du seuil et l'excavation de la rivière, entre Scott Jonction et Sainte-Marie, sur une largeur de 450 pi (137 m) et sur une longueur de 42 600 pi (13 km), permettait d'abaisser les niveaux d'eau à Sainte-Marie de 3 pi (0,9 m) à un débit de 70 000 pi³/s (1 980 m³/s), soit pour une crue centennale.

Cette étude incluait l'excavation du chenal gauche de l'île Perrot. Le volume d'excavation totalisait 4 078 000 v³ (3 117 000 m³) et le coût des travaux s'élevait en 1969 à 8 000 000 \$. Le coût de ces travaux a été évalué à 20 000 000 \$ en 1985 (réf. 1).

En 1988, le MENVIQ a étudié (réf. 12) une solution consistant à excaver complètement l'île Perrot sans autres excavations à l'aval ou à l'amont. Le MENVIQ concluait que l'abaissement du niveau d'eau à un débit de 1 768 m³/s ne serait que de 0,09 m à Sainte-Marie. Cette solution nécessitait l'excavation d'un volume de mort-terrain de 1 124 700 m³ et son coût était évalué en 1988 à 11 247 000 \$.

3-2

3.2 Objectifs et méthodologie des études actuelles

3.2.1 Objectifs

La mise à jour des études antérieures sur les solutions d'excavation a pour but de valider les dimensions, les quantités et les coûts des ouvrages requis, en se servant des nouvelles données bathymétriques obtenues en 1993. L'étude actuelle comprend aussi l'identification des impacts potentiels sur l'environnement.

Les excavations définies dans la présente étude se situent en aval de Sainte-Marie et visent à y abaisser les niveaux d'eau parce que la fréquence des inondations dans ce secteur y est la plus élevée. Le but de l'étude actuelle est également d'examiner comment les résultats peuvent être utilisés pour déterminer l'effet de travaux semblables sur les tronçons de rivière en amont.

3.2.2 Méthodologie

Les profils d'écoulement avec excavation ont été calculés au moyen de la commande «Channel Improvement» du logiciel HEC-2. Cette commande permet de simuler les modifications apportées à la géométrie des sections en travers par une excavation de forme trapézoïdale.

Une pente des côtés de 22° (1V:2,5 H) a été considérée pour un canal excavé dans le mort-terrain (sable) soit à l'amont du km 17,0. En aval, l'écoulement se fait généralement sur le roc et les pentes transversales du canal sont verticales. Les mêmes valeurs du *coefficient «n» de Manning* et des coefficients pour les *pertes singulières* ont été considérées en régime naturel et en canal. Cette approche est sécuritaire, puisqu'en principe la rugosité de la rivière devrait diminuer après les travaux de canalisation au cours des premières années, avant qu'il n'y ait revégétation des berges, ce qui résulterait en un abaissement un peu plus grand des niveaux d'eau.

Les calculs ont été effectués par étapes, en commençant par l'excavation du *seuil de contrôle* de Saint-Maxime situé autour du km 14. Après avoir simulé l'excavation, l'examen du profil en long naturel démontre que les niveaux d'eau sont alors

contrôlés par le seuil de Saint-Bernard situé autour du km 11,0. Les niveaux calculés par le MRN à ce seuil de contrôle ont été utilisés dans le modèle compte tenu du fait que le lit de la rivière y est constitué de roc. Il est donc peu probable que des changements importants à la bathymétrie se soient produits sur ce tronçon.

Les calculs ont été faits pour différentes largeurs et différentes profondeurs d'excavation en maintenant une pente semblable à celle utilisée par le MRN, soit 0,0012. Une pente plus raide pourrait entraîner la formation d'un nouveau seuil de contrôle sur le tronçon excavé, ce qui n'est pas souhaitable. Une pente plus faible résulterait en une augmentation importante des excavations sans pour autant se traduire par un abaissement des niveaux d'eau en amont.

Dans un second temps, nous avons étudié l'excavation du tronçon en amont de Scott Jonction sans l'excavation du seuil de contrôle de Saint-Maxime. Pour cette solution, le niveau de départ est lu sur la relation débit-niveau au km 17,62 à Scott Jonction (figure 2.4).

La troisième étape a consisté à analyser l'effet de l'addition des deux solutions précédentes. Le niveau de départ est donné par la relation débit-niveau au seuil de contrôle de Saint-Bernard (figure 2.4). L'excavation retenue à l'étape 1 a été ensuite utilisée avec celle retenue à l'étape 2 en vue de déterminer la solution d'ensemble.

L'efficacité hydraulique d'une solution d'excavation est caractérisée par le rapport de l'abaissement sur le volume d'excavation et par la valeur de l'abaissement par rapport à la valeur recherchée.

La solution retenue à chaque étape est celle qui présente le meilleur rapport d'abaissement du niveau d'eau par différence de volume d'excavation ($\Delta H / \Delta V$), tout en contribuant à une baisse significative du niveau d'eau à Sainte-Marie pour la crue centennale. Les calculs ont été faits pour plusieurs autres débits entre 1000 et 2000 m³/s, de façon à pouvoir tracer les relations débits-niveaux après excavation et ainsi déterminer l'abaissement correspondant des niveaux d'eau dans chaque ville.

Les calculs des profils d'écoulement ont également été effectués pour un débit de 50 m³/s afin de déterminer les profondeurs d'eau en étiage. Cette condition doit être examinée pour vérifier les répercussions possibles sur l'environnement en période de basses eaux.

3.2.3 Détermination des matériaux d'excavation

Les matériaux d'excavation ont été déterminés à partir des données suivantes:

- photos aériennes au 1:15 000 prises en 1985;
- sondages pour le nouveau pont de Scott Jonction - km 17,5 (réf. 5);
- échantillons de sédiments prélevés dans la rivière Chaudière à Sainte-Marie (réf. 1);
- informations apparaissant sur les sections en travers du MRN de 1963;
- observations visuelles.

Ces informations nous indiquent la composition suivante des matériaux:

- km 14,0 à 16,5: roc dans le lit de la rivière, un peu de mort-terrain sur les îles, berges en mort-terrain;
- km 17,5: plus de 10 m d'épaisseur de mort-terrain;
- km 16,5 à km 29,0: mort-terrain dans le lit et sur les berges.

3.3 Écrêtement du seuil à l'aval de Scott Jonction (Variante 1)

Cette solution, telle qu'illustrée à la figure 3.1-P, consiste à excaver un chenal dans le lit de la rivière au droit des îles à partir du km 13,76 jusqu'au km 17,03 pour éliminer la section qui contrôle les niveaux d'eau sur le tronçon des eaux mortes aux débits supérieurs à 100 m³/s environ. La section de contrôle est ainsi déplacée du km 15,01 au km 11,59 jusqu'à la section de contrôle aval située à Saint-Bernard. Cette excavation a donc pour effet d'abaisser la ligne d'eau en amont.

Dans le but de définir les dimensions requises des excavations, nous avons calculé les lignes d'eau pour différentes géométries du chenal au droit du seuil.

Comme la bathymétrie a peu évolué depuis les trente dernières années à l'aval de Scott Jonction, ces solutions ont été élaborées à partir de celles définies par le MRN dans son étude de 1969.

Les principales dimensions, les volumes d'excavation et les abaissements des niveaux d'eau obtenus à Scott Jonction pour un débit centennal de 2 000 m³/s sont résumées au tableau 3.1.

Les dimensions du canal, largeur et niveau du *radier* pour chaque solution, sont indiquées au tableau 3.1. Dans toutes les solutions, le canal est excavé du km 13,76 au km 17,03.

Ces résultats indiquent que la solution E-1 donne un abaissement de près de 2 m, pour un rapport «Abaissement/Volume» supérieur à la solution E-2. Les solutions E-3 à E-6 donnent des abaissements du niveau d'eau plus faibles.

Les profils obtenus de ces excavations montrent cependant un rehaussement des niveaux d'eau immédiatement à l'amont de la zone excavée, créé par les pertes de charge dans le méandre et la section plus étroite du pont. Nous avons donc analysé l'effet de poursuivre l'excavation E-1 en amont. Le tableau 3.2 présente les résultats des excavations additionnelles étudiées.

L'abaissement des niveaux d'eau, obtenu pour les solutions E-1 et E-1b à Scott Jonction et à Sainte-Marie par rapport au niveau naturel, atteint pour la crue centennale est résumé ci-après:

	Abaissement à Scott (km 18,0)	Abaissement à Sainte-Marie (km 26,4)
<u>Solution E-1</u>		
Excavation km 13,760 à km 17,030 Volume = 1 416 300 m ³	0,77 m	0,09 m
<u>Solution E-1b</u>		
Excavation km 13,760 à km 17,990 Volume = 1 610 000 m ³	1,78 m	0,15 m

Tableau 3.1 Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière Variante 1 - Écrêtement du seuil à l'aval de Scott Junction Solutions étudiées et abaissement des niveaux d'eau au débit de 2 000 m³/s					
Numéro Sous- variante	Largeur radier (m)	Niveau radier (m)	Volume d'excavation (x 10⁶ m³)	Abaissement niveau Scott Junction ⁽³⁾ (m)	Note
E-1	137	133,5-137 ⁽¹⁾	1,41	1,91 0,77 ⁽⁴⁾	Solution du MRN
E-2	150	Id	1,55	2,07	
E-3	120	Id	1,22	1,68	
E-4	137	134,25-136,75 ⁽²⁾	1,14	1,57	
E-5	150	Id	1,27	1,73	
E-6	120	Id	1,0	1,37	

Notes: 1- Les excavations sont du km 13,760 au km 17,030. Élévations du radier à l'aval et à l'amont du canal.

2- Élévations du radier à l'aval du km 13,760 et à l'amont au km 16,030. Élévation de 137,0 au km 16,8.

3- Au km 17,0.

4- Au km 18,0.

Tableau 3.2

Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière

Variante 1 - Écrêtement du seuil à l'aval de Scott Jonction
Abaissement des niveaux d'eau au débit de 2 000 m³/s
pour les solutions de prolongement de l'excavation
jusqu'en amont de l'île Atkinson (km 18)

Numéro Sous- variante	Description solution⁽¹⁾	Volume d'excavation (x 10⁶ m³)	Abaissement niveau à Scott Jonction⁽²⁾ (m)	Note
E-1a	Excavation complète de l'île (km 17,520 à 17,990) et reconstruction du pont sans pilier central, pas d'excavation du méandre (km 17,030 à 17,520).	1,46	0,8	
E-1b	Excavation complète de l'île (km 17,520 à 17,990), excavation dans le méandre (km 17,030 à 17,520), reconstruction du pont sans pilier central.	1,61	1,78	
E-1c	Excavation dans le méandre (km 17,520 à km 17,53), pas d'excavation de l'île, enlèvement piliers du pont.	1,54	1,35	
E-1d	Enlèvement des piliers du pont, pas d'excavation du méandre.	1,41	0,74	

Notes: 1- Toutes les solutions comprennent l'excavation d'un canal de 137 m de largeur du km 13,760 au km 17,030.

2- Au km 18,0.

La figure 3.2 montre les relations débits niveaux au pont de Scott Jonction (km 17,62) et au pont de Sainte-Marie (km 26,45) pour la solution E-1 b retenue, pour la variante 1, soit l'excavation du seuil de contrôle et d'un canal jusqu'à Scott Jonction.

La solution E-1b retenue pour la variante 1 est illustrée sur la figure 3.1-P. Les profils en long démontrent que l'excavation du canal selon cette variante réglerait complètement les problèmes d'inondation en eau libre à Scott Jonction mais n'aurait que peu d'influence sur ceux à Sainte-Marie.

Cette solution améliore considérablement la capacité du chenal d'écoulement à l'aval de Scott. L'analyse démontre toutefois que le chenal doit également être amélioré en amont de Scott pour abaisser les niveaux d'eau d'une façon appréciable à Sainte-Marie.

3.4 Excavations du chenal entre Scott et Sainte-Marie (Variante 2)

Cette solution, montrée aux figures 3.3-P et 3.4-P, consiste à excaver le lit de la rivière entre Scott Jonction (km 18) et Sainte-Marie (km 28) sans excaver le seuil en aval de Scott. Les calculs des profils d'écoulement sont donc effectués en prenant comme niveau de départ la relation débit-niveau en conditions naturelles au pont de Scott (km 17,620). Plusieurs sous-variantes ont été étudiées, en faisant varier la largeur du chenal d'excavation entre 100 m et 160 m, sa profondeur, sa longueur et sa position sur le tronçon.

La pente du chenal excavé a été prise égale à 0,00036, soit à peu près le double de celle utilisée par le MRN dans son étude de 1968 qui était de 0,0002. Compte tenu du fait que la section de contrôle n'est pas affectée par les excavations, cette différence de pente permet de réduire les volumes d'excavation pour une même largeur de canal et une même baisse des niveaux d'eau.

Le tableau 3.3 indique la baisse des niveaux d'eau obtenue à Sainte-Marie au débit de 2 000 m³/s, ainsi que le volume d'excavation pour chacune des sous-variantes étudiées. La comparaison des résultats a permis de déterminer que la sous-variante (E-2-7A) présente l'efficacité hydraulique la plus intéressante. Cette solution consiste en l'excavation d'un chenal de 120 m de largeur entre les km 18,440 et 27,910. Cette variante comporte l'excavation du chenal gauche et d'une partie de l'île Perrot. La section du pont de Sainte-Marie n'est pas excavée pour ne pas avoir à refaire ses fondations et la largeur du canal est réduite à 100 m pour ne pas toucher les murs en rive «est».

Le volume d'excavation est de 1 767 450 m³, constitué essentiellement de mort-terrain. Les échantillons de sédiments prélevés en 1985 dans la rivière, vis-à-vis la ville de Sainte-Marie, indique une composition de 55 à 60% de sable et de 35 à 45% de gravier (réf. 1).

L'abaissement des niveaux d'eau se fait sentir en amont de Scott Jonction, jusqu'à Beauceville tel qu'indiqué au tableau 3.4. La figure 3.5 illustre l'effet de cette solution sur les relations débits-niveaux à Sainte-Marie, Vallée-Jonction et Saint-Joseph.

Nous avons également examiné l'effet sur les niveaux d'eau à Sainte-Marie de l'excavation complète de l'île Perrot. Nos calculs corroborent les conclusions du MENVIQ de 1988, à savoir que ces travaux qui impliquent l'excavation d'un volume de plus d'un million de mètres cubes ont un effet négligeable sur les niveaux d'eau en période de crue à Sainte-Marie.

3.5 Excavation du seuil à Scott avec excavation du chenal entre Scott et Sainte-Marie (Variante 3)

Nous avons également examiné l'effet sur les profils d'écoulement de la combinaison des deux solutions choisies précédemment. Les figures 3.3-P et 3.4-P montrent la ligne d'eau naturelle au débit de 2 000 m³/s ainsi que celle obtenue de la combinaison des excavations du chenal entre le seuil à l'aval de Scott (km 13,76) et Sainte-Marie (km 27,91). La vue en plan au 1:5 000, montrée sur ces dessins, indique les contours des élévations du niveau d'eau obtenus avec cette solution et ceux correspondant aux élévations des crues vicennale et centennale établies par le MENVIQ.

Tableau 3.3 Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière Variante 2 - Volume d'excavation et abaissement des niveaux d'eau à Sainte-Marie au débit de 2 000 m³/s pour les solutions étudiées de l'excavation du chenal entre Scott Jonction et Sainte-Marie				
Numéro sous-variante (km à km)	Largeur radier (m)	Niveau d'eau à Sainte-Marie (m)	Abaissement niveau d'eau à Sainte-Marie km 26,390⁽¹⁾ (m)	Volume d'excavation (m³)
<u>E-2-1</u> 19,675-21,750	100	146,79	0,26	655 280
	120	146,78	0,27	774 120
	140	146,77	0,28	913 940
	160	146,76	0,29	1 053 640
<u>E-2-1A</u> 19,675-21,750 plus profond	100	146,77	0,28	870 500
	120	146,76	0,29	1 033 530
	140	146,75	0,30	1 209 410
	160	146,74	0,31	1 385 050
<u>E-2-2</u> 19,675-22,570	100	146,78	0,27	821 470
	120	146,75	0,30	992 170
	140	146,72	0,33	1 216 410
	160	146,70	0,35	1 467 860
<u>E-2-2A</u> 19,675-22,570 plus profond	100	146,73	0,32	1 074 860
	120	146,71	0,34	1 302 680
	140	146,69	0,36	1 573 520
	160	146,67	0,38	1 872 060

Tableau 3.3

Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière

Variante 2 - Volume d'excavation et abaissement des niveaux d'eau
à Sainte-Marie au débit de 2 000 m³/s pour les solutions étudiées
de l'excavation du chenal entre Scott Jonction et Sainte-Marie

Numéro sous-variante (km à km)	Largeur radier (m)	Niveau d'eau à Sainte-Marie (m)	Abaissement niveau d'eau à Sainte-Marie km 26,390 ⁽¹⁾ (m)	Volume d'excavation (m ³)
<u>E-2-3</u>				
18,440-22,570	100	146,72	0,33	1 022 170
	120	146,67	0,38	1 254 240
	140	146,63	0,42	1 553 160
	160	146,60	0,45	1 928 610
<u>E-2-3A</u>				
18,440-22,570	100	146,65	0,40	1 411 000
plus profond	120	146,61	0,44	1 728 340
	140	146,58	0,47	2 106 310
	160	146,55	0,50	2 559 220
<u>E-2-4</u>				
18,440-19,675	100	147,00	0,05	178 050
	120	147,00	0,05	209 730
	140	147,0	0,05	247 110
	160	146,99	0,06	332 780
<u>E-2-5</u>				
18,440-21,750	100	146,81	0,24	926 550
	120	146,78	0,27	1 125 780
	140	146,75	0,30	1 367 260
	160	146,72	0,35	1 665 780

Tableau 3.3 Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière Variante 2 - Volume d'excavation et abaissement des niveaux d'eau à Sainte-Marie au débit de 2 000 m³/s pour les solutions étudiées de l'excavation du chenal entre Scott Jonction et Sainte-Marie				
Numéro sous-variante (km à km)	Largeur radier (m)	Niveau d'eau à Sainte-Marie (m)	Abaissement niveau d'eau à Sainte-Marie km 26,390⁽¹⁾ (m)	Volume d'excavation (m³)
<u>E-2-5A</u>				
18,440-21,750	100	146,75	0,30	1 337 980
plus profond	120	146,72	0,33	1 623 320
	140	146,70	0,37	1 946 240
	160	146,69	0,38	2 322 510
<u>E-2-6</u>				
18,440-27,910 ⁽³⁾	120	146,13	0,92	2 015 720
<u>E-2-7</u>				
18,440-27,910 ^{(2) (3)}	120	146,11	0,94	2 012 810
<u>E-2-7A</u>				
18,440-27,910 ^{(2) (3) (4)}	120	146,14	0,91	1 767 450

Notes: 1- Le niveau d'eau naturel est de 147,05 m.

2- Exclut un tronçon de 30 m de longueur de part et d'autre du pont de Sainte-Marie pour ne pas toucher ses fondations.

3- La largeur du canal est réduite à 100 m vis-à-vis les murs existants le long de la rivière à Sainte-Marie pour ne pas toucher leur fondation.

4- Le canal passe par le chenal gauche de l'île Perrot et non au centre de l'île. Il y a donc réduction du volume de 245 360 m³ par rapport à la variante E-2-7 (voir figure 3.3-P).

Tableau 3.4**Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière**

**Variante 2 - Abaissement des niveaux d'eau à un débit de 2 000 m³/s
en amont de Scott Junction jusqu'à Beauceville pour
l'excavation retenue du chenal entre Scott et Sainte-Marie**

Endroit	Niveau d'eau naturel (m)	Niveau d'eau après excavation (m)	Abaissement niveau d'eau (m)
Aval Sainte-Marie km 23,485	146,12	145,40	0,72
Pont Sainte-Marie km 26,450 (amont)	147,25	146,42	0,83
Amont Sainte-Marie km 27,18	147,41	146,67	0,74
Vallée-Jonction (km 37,03)	149,52	149,21	0,31
Pont Saint-Joseph km 45,07	150,44	150,24	0,20
Le Rocher km, 56,36	151,83	151,73	0,10
Pont Beauceville km 61,45	153,38	153,33	0,05

Notes: 1- Variante 2: excavation d'un chenal de 120 m de largeur entre km 18,44 et 27,91, volume = 1 767 450 m³.

2- Le débit de 2 000 m³/s représente approximativement la crue centennale entre Scott et Vallée-Jonction. Il correspond au débit de la crue d'avril 1991.

La diminution de la zone inondée peut donc être visualisée à partir de ces vues en plan du terrain. De plus, pour faciliter l'évaluation de la réduction de la zone inondée à Sainte-Marie, nous avons indiqué sur la figure 3.4-P les contours des niveaux d'eau obtenus avec la variante 3, ainsi que les élévations du terrain naturel à différents endroits de la ville. La superficie actuellement inondée dans la ville de Sainte-Marie lors de la crue centennale est d'environ 78 ha. Suite à la baisse du niveau d'eau résultant de la variante 3, la superficie inondée ne serait plus que de 26,5 ha, soit une diminution de 66%.

Le tableau 3.5 résume les abaissements des niveaux d'eau obtenus de Scott Jonction à Beauceville au débit de 2 000 m³/s. L'effet de la variante 3 d'excavation sur les relations débits-niveaux à Scott, Sainte-Marie, Vallée-Jonction et Saint-Joseph est illustré sur la figure 3.6. Le volume total d'excavation pour cette solution est de 3 378 500 m³ dont environ 1 000 000 m³ d'excavation de roc.

3.6 Méthode d'exécution des travaux

3.6.1 Variante 1

Les travaux d'excavation de la variante 1 s'étendent dans la rivière sur une longueur de 3 230 m, une largeur de 137 m et une profondeur variant de moins de 1 m à près de 3 m.

Le volume total d'excavation est de 1,61 millions mètres cubes. Le volume de roc excavé est estimé à 1,0 million de mètres cubes, ce qui représente un approfondissement moyen du chenal de 1,75 m et un volume unitaire moyen de 236 m³ par mètre de rivière.

Les travaux peuvent être effectués en une saison, après le passage de la crue de printemps. Ils débiteront par l'excavation du roc à sec sur les îles. Les matériaux d'excavation seraient utilisés pour construire des plates-formes à partir desquelles seraient effectués des travaux de forage et de dynamitage du roc sous l'eau. Les plates-formes ne couvriraient que la moitié de la largeur de la rivière de façon à laisser un passage adéquat pour l'eau. Une fois la plate-forme construite, on procède

Tableau 3.5

Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière

Variante 3 - Abaissement des niveaux d'eau sur le tronçon des eaux mortes à un débit de 2 000 m³/s pour la combinaison de l'écrêtement du seuil à l'aval de Scott Jonction et de l'excavation du chenal du km 13,76 au km 27,91

Endroit	Niveau d'eau naturel (m)	Niveau d'eau après excavation (m)	Abaissement niveau d'eau (m)	Niveau seuil Inondation (m)
Scott Jonction km 17,62	144,23	142,45	1,78	143,5
Sainte-Marie km 26,45	147,25	146,08	1,17	144,6
Vallée-Jonction km 37,03	149,52	149,14	0,38	148,1
Saint-Joseph km 45,07	150,44	150,18	0,26	148,6
Le Rocher km, 56,36	151,83	151,71	0,12	-
Beauceville km 61,45	153,38	153,32	0,06	152,4

Notes: 1- Variante 3: excavation d'un chenal de 137 m de largeur entre les km 13,76 et 17,99 et de 120 m de largeur du km 18,44 au km 27,91, volume de 3 378 500 m³.

2- Le débit de 2 000 m³/s représente approximativement la crue centennale entre Scott et Vallée-Jonction. Il correspond à peu près au débit de la crue d'avril 1991.

au forage et au dynamitage, puis à l'excavation de la plate-forme et des déblais jusqu'à la cote finale du canal. Cette méthode requiert la manipulation d'un volume de matériaux supérieur au volume des excavations requises. Cependant, elle permet une productivité accrue et les travaux sont plus économiques, car ils sont faits au-dessus du niveau d'eau. Il n'y a donc pas de construction de batardeaux ni de pompage.

Des chemins d'accès sont requis sur chaque berge à tous les kilomètres pour évacuer les déblais d'excavation. Tous les travaux sont exécutés au moyen d'équipements de terrassement conventionnels: bélier mécanique D-8, pelles hydrauliques CAT-235 et 245, camions 10 roues, foreuse à tête rotative et percutante (down the hole hammer) de type pulsatif.

3.6.2 Variante 2

Les travaux d'excavation de la variante 2 s'étendent sur une longueur de 9 470 m et une largeur de 120 m. La profondeur moyenne d'excavation est de 1,5 m et le volume total de 1,77 millions de mètres cubes est constitué essentiellement de mort-terrain. L'excavation dans la rivière peut être réalisée à partir de trois jetées longitudinales, d'une largeur en crête de 10 m, construites parallèlement à l'axe de la rivière. Ces jetées, d'une longueur de 500 m environ, seraient construites avec les matériaux d'excavation. Les pelles hydrauliques excaveraient la rivière en prélevant le matériau de part et d'autre des jetées puis en enlevant les jetées elles-même et le matériau sous celles-ci jusqu'au radier du canal. Un chemin serait construit le long de chaque rive, pour permettre d'excaver la partie la plus proche des berges.

Environ à tous les kilomètres, des chemins d'accès seraient nécessaires sur chaque rive entre la rivière et les routes publiques, pour le transport des déblais jusqu'aux aires de disposition.

3.6.3 Variante 3

L'excavation totale du canal entre le seuil situé à l'aval de Scott et la ville de Sainte-Marie représente un volume total de matériaux de 3,38 millions de mètres cubes. La disposition de ces matériaux nécessiterait plusieurs aires d'entreposage à

proximité de la rivière. À titre indicatif, ce volume représente un dépôt d'une hauteur de 10 m sur un terrain d'une superficie de 12 hectares pour les déblais de roc et de 28 hectares pour les déblais de mort-terrain. En pratique, plusieurs dépôts seraient nécessaires pour réduire la distance de transport depuis la rivière.

Les travaux de la variante 3 peuvent être réalisés sur une période de six mois, mais cela nécessite l'emploi d'une flotte d'environ 75 camions de 10 roues, travaillant 10 heures par jour, 5 jours par semaine. Il peut être plus avantageux de répartir ces travaux sur deux années. On peut prévoir que la circulation de cette flotte de camions provoquera une usure plus marquée des routes, ce qui pourrait nécessiter leur réfection.

3.7 Répercussions sur l'environnement

Nous avons procédé à l'identification et à l'évaluation préliminaire des principaux impacts sur le milieu des solutions d'excavation. Cette analyse est basée sur les informations contenues dans le rapport préparé par Roche (réf. 1), pour l'étude d'impact du projet d'endiguement de Sainte-Marie, ainsi que sur des informations obtenues du MLCP pour le milieu biophysique (communications personnelles).

3.7.1 Description du milieu

Identification de la zone d'étude

Prises ensemble, les trois variantes d'excavation couvrent 15 kilomètres de rivière entre Sainte-Marie et Scott. La zone d'étude s'étend ainsi des km 14 à 29 et de part et d'autre de la rivière, y compris les îles et les embouchures de ruisseau, jusqu'au niveau de crue de 100 ans établi par le MENVIQ.

Nature du lit de la rivière

Le lit de la rivière Chaudière, au site d'étude, est principalement constitué de sable, gravier et roc en place. Des dépôts de *silt* reposent ici et là sur le fond de la rivière.

Végétation aquatique

La végétation aquatique est peu abondante dans ce secteur de la rivière Chaudière. Un inventaire sommaire en septembre 1993 n'a permis d'identifier que quelques herbiers peu denses à proximité des rives et près des embouchures des tributaires. Les espèces n'ont toutefois pas été identifiées. Les fichiers du MENVIQ sur les plantes rares ne montrent pas la présence d'espèces rares ou menacées dans ce secteur.

Faune et habitats aquatiques

Benthos

Le MENVIQ a prélevé en 1976 des échantillons sur deux stations dans la rivière, juste en amont et en aval de Sainte-Marie. Les organismes identifiés sont pour la plupart du type tolérant à la pollution, les turbificidés y sont très abondants. En se basant sur le fait que la qualité de l'eau ne s'était pas améliorée depuis 1976, Roche concluait en 1985, que le peuplement benthique de la rivière n'aurait pas été modifié durant cette période. Aucune donnée récente n'est disponible.

Poissons

Paquet et al (réf. 13) ont inventorié la rivière entre Saint-Joseph et Saint-Georges à l'aide de filets et de seines. Entre juin et septembre 1976, 19 espèces de poissons ont été identifiées et dénombrées. Les poissons appartenant à la famille des cyprinidés étaient les mieux représentés avec sept espèces et 65% des captures. Les auteurs mentionnent que les cyprinidés auraient dû être encore plus abondants compte tenu des caractéristiques de la rivière et de l'effort d'échantillonnage. On peut soutenir que compte tenu de la similarité des habitats aquatiques dans la rivière Chaudière entre Saint-Georges et Scott, les espèces identifiées par Paquet et al (1976) devraient aussi se retrouver dans le secteur Scott - Sainte-Marie - Vallée-Jonction.

La présence de salmonidés serait accidentelle dans la rivière Chaudière, du moins sur ses cours moyen et inférieur. Ces poissons originent vraisemblablement de

tributaires de la rivière en aval de Scott. L'Omble-de-Fontaine et la Truite arc-en-ciel sont récoltés à l'occasion par les pêcheurs sportifs fréquentant la rivière. Le Maskinongé, la Perchaude, le Doré et l'Achigan sont un attrait pour plusieurs pêcheurs locaux.

Les frayères

Dans le territoire à l'étude, le lit principal de la rivière Chaudière et sa plaine de débordement, jusqu'à la limite des hautes eaux, sont susceptibles de fournir différents types de frayères. Aucun inventaire de sites de reproduction n'a été réalisé dans la section de la rivière à l'étude. Toutefois, il est possible de catégoriser les frayères potentielles d'après certains paramètres abiotiques et biotiques représentatifs des sites de reproduction des espèces présentes dans la rivière. L'examen des travaux ou études de Lavoie et Talbot (réf. 30), Killgore et al (réf. 31) et Trancia (réf. 32) a permis d'identifier les facteurs représentatifs suivants : le type de substrat, la présence de végétation, la vitesse du courant et la profondeur de l'eau. Ces facteurs, qui comptent aussi parmi les plus susceptibles d'être affectés par les travaux d'excavation de la rivière, sont intégrés dans la classification de sites de reproduction suivante :

- *frayères à espèces lithophiles en eaux vives ou calmes*: dans la rivière Chaudière, susceptible d'être fréquentées par le Meunier noir, le Crapet de roche, la Ouitouche, l'Achigan à petite bouche et le Doré jaune. Les poissons déposent leurs oeufs sur des fonds constitués de roches, de gravier ou de sable. Les végétaux y sont absents ou peu abondants. En eau calme, la vitesse du courant est typiquement inférieure à 20 cm/s. La profondeur de l'eau varie de 0,10 à 3 m. À noter que dans la section de la rivière à l'étude, la vitesse du courant au printemps peut atteindre ou dépasser les 40 cm/s, écoulement favorable à la frai de l'Achigan à petite bouche et du Dorée jaune;
- *frayères à espèces phytophiles - Maskinongé*: les poissons déposent leurs oeufs au printemps parmi les herbaçaies terrestres inondées ou semi-aquatiques émergentes, sur un substrat meuble et constitué de sédiments fins ou de débris organiques. Ces frayères sont situées en eaux calmes sur les plaines de débordement, dans les baies tranquilles,

les petits tributaires lents et les zones marécageuses. La vitesse du courant est inférieure à 30 cm/s et la profondeur de l'eau est inférieure à 1,2 m. Ce type de frayère peut exister dans les tributaires comme la rivière Chassé;

- *frayères phyto-lithophiles en eaux calmes*: Perchaude, Barbotte brune. Les oeufs sont fixés sur de la végétation aquatique, semi-aquatique submergente ou émergente et parfois même sur des objets submergés en eaux calmes. La reproduction a lieu généralement près des rives, au printemps ou en été. Le substrat est variable (limon, gravier, roches, matières organiques). La vitesse du courant est généralement inférieure à 20 cm/s et la profondeur d'eau plus 3 m (1 m pour la barbotte).

Les petits cours d'eau, tributaires de la rivière Chaudière seraient pour la plupart des sites potentiels de reproduction pour des espèces telles le Mené à nageoires rouges, le Ouitouche, l'Omisco et différentes espèces de Dards.

Le lecteur pourra consulter à l'annexe D les facteurs biologiques sensibles représentatifs des principales espèces de poissons présentes dans la section de la rivière à l'étude, de même que leur saison de reproduction.

Habitat et faune semi-aquatique et terrestre

Les rives et berges de la rivière Chaudière sont passablement perturbées. L'implantation d'infrastructure et les activités agricoles ont depuis longtemps modifié le milieu humide habituellement important pour la faune. Malgré ces artificialisations, cet interface entre l'eau et le sol sec demeure relativement important en superficie pour la faune locale. La végétation arbustive et les quelques îlots boisés encore en place procurent à la faune abri et nourriture, de même qu'ils permettent leur déplacement. On y observe plusieurs petits mammifères et des oiseaux en abondance lors des périodes de migration, notamment le long de la rivière Chassé et à l'île Perrot.

Milieu humain

Le territoire compris dans la zone d'étude comprend les agglomérations urbaines de Scott Jonction, Saint-Maxime de Scott et Sainte-Marie. Entre ces agglomérations, le sol est presque entièrement occupé par des exploitations agricoles. Plusieurs bâtiments industriels et commerciaux ainsi que des résidences sont situés dans les limites des zones d'inondation de 20 ans et 100 ans de chaque côté de la rivière. Tel que mentionné au rapport d'étape 1 (réf. 8), les terres agricoles situées le long de la rivière sont comprises dans l'unité de paysage # 13 dont 56% de la surface est en culture et 21,69% en culture intensive dans la région de Sainte-Marie. À proximité de la rivière, la plupart des terres sont en culture principalement pour le foin.

3.7.2 Identification des impacts reliés à la construction, à la présence et à l'utilisation des ouvrages

3.7.2.1 Généralités

Les impacts sont identifiés pour les principales composantes des projets, activités ou structures, en fonction des composantes les plus sensibles de l'environnement de chacun des sites. Les impacts potentiels identifiés sont sommairement décrits et évalués au moyen de critères qualitatifs. Cette méthode permet de mettre en évidence les perturbations les plus significatives et de juger de leur sévérité.

L'impact sera qualifié de faible, de moyen et de fort. Un impact faible est peu dérangeant pour l'écosystème, les composantes du milieu ne sont pas affectées ou ne le sont que légèrement. Dans un tel cas, la superficie affectée est généralement faible et la perturbation est de courte durée. L'intensité de l'impact est moyen lorsque l'on juge que la perturbation affecte de façon significative les composantes du milieu; de même, le fonctionnement de l'écosystème pourra être affecté sans toutefois mettre en péril l'existence même de l'écosystème. Un impact fort est délétère pour l'écosystème. Ce type d'impact détruit une partie importante des composantes de l'écosystème et affecte de façon irréversible son fonctionnement.

3.7.2.2 Impacts associés aux activités de chantier et travaux d'excavation du lit des rivières

Les travaux de chantier impliquent l'utilisation d'une machinerie lourde (pelles excavatrices, camions de transbordement et bulldozers) en opération dans le lit de la rivière, sur les berges ou les chemins d'accès. L'excavation du fond de la rivière Chaudière aux sites d'étude exigera la construction de rampes d'accès et de deux ou trois remblais parallèles construits sur le lit de la rivière. Les matériaux nécessaires à la réalisation de ces ouvrages temporaires seront pris à même les matériaux excavés du fond de la rivière. L'excavation sera réalisée à l'aide de pelles hydrauliques et le dynamitage sera requis à certains endroits. Des rampes d'accès à la terre ferme sont prévues à tous les kilomètres de section de rivière; elles seront disposées alternativement afin de permettre le libre écoulement des eaux. Les remblais et rampes seront enlevés au fur et à mesure de la progression des travaux d'excavation, d'aval vers l'amont. La période de construction devrait durer au maximum 6 mois (mai à octobre) pour le tronçon en aval de Scott et 6 mois (mai à octobre) pour la section entre Scott et Sainte-Marie.

Les analyses chimiques effectuées (réf. 1) sur des échantillons des sédiments ont indiqué une légère contamination naturelle à l'arsenic mais que ce contaminant est bien lié de sorte qu'il ne peut être mis en solution au moment des excavations. Les travaux sur les sédiments ne constituent donc pas une menace pour l'environnement en ce qui concerne cet élément.

L'impact des travaux sur le milieu humain est très important pendant la période de construction pour les résidents de la zone d'étude. Ces répercussions seront liées aux activités du chantier principalement le bruit, la poussière et la circulation des camions sur les routes.

Au niveau des exploitations agricoles, il faut considérer que la bande de terrains d'environ 30 m de largeur située près de la rivière ne pourra pas être utilisée de même que des bandes de terrains d'environ 30 m de largeur entre la rivière et les routes principales et ce à tous les kilomètres environ sur chaque rive.

Ces activités sont des sources de perturbations des milieux aquatiques et riverains. On anticipe des émissions de poussière, une compaction possible des sols sur les berges, le piétinement et le bris de la végétation riveraine par endroit, le dérangement de la faune terrestre, semi-aquatique ou aquatique et la perte temporaire d'habitat.

3.7.2.3 Impacts sur les niveaux d'eau et des débits associés à la présence des ouvrages

Nouveau lit de la rivière Chaudière

L'abaissement du lit de la rivière Chaudière amènerait une baisse des niveaux d'eau en période de crue sur la majeure partie du tronçon. L'écoulement déborderait encore dans la plaine inondable, mais la superficie de la zone touchée serait réduite de 100% dans les agglomérations de Scott Jonction et Taschereau-Fortier et de 66% à Sainte-Marie.

Les vitesses d'écoulement ont été calculées au débit de crue de 1 600 m³/s (crue vicennale) et aux débits de 200 et 500 m³/s (crue annuelle), pour déterminer si l'excavation du chenal entraînerait une augmentation des vitesses pouvant provoquer l'érosion des berges.

Les vitesses moyennes, calculées au débit de 1 600 m³/s dans le chenal principal avant et après excavation, sont présentées au tableau 3.6 pour les variantes 2 et 3 sur le tronçon compris entre le seuil de contrôle (km 15,010) et Vallée-Jonction (km 36,95). On constate une augmentation significative des vitesses après excavation aux endroits suivants:

- près du pont à Scott Jonction (km 17,03 à 17,99);
- entre l'île Perrot et la rivière Chassé (km 21,75 à 23,99);
- près du pont à Sainte-Marie (km 26,33 à 26,45);
- entre le ruisseau Dupuis à Sainte-Marie et la rivière des Fermes (km 28,9 à 29,34).

Tableau 3.6 Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière Vitesses d'écoulement au débit de 1 600 m³/s dans le chenal principal avant et après excavation selon les variantes 2 et 3			
Chaînage (km)	Vitesse en conditions naturelles (m/s)	Vitesse après excavation Variante 2 (m/s)	Vitesse après excavation Variante 3 (m/s)
15 010	4,36	-	2,04
15 310	3,43	-	2,31
16 030	2,45	-	2,53
16 440	2,29	-	2,42
17 030	2,89	-	2,77
17 530	2,20	-	2,81*
17 585	2,20	-	2,63*
17 620	1,46	1,46	2,03*
17 990	1,38	1,38	2,08*
18 440	1,43	1,29	1,65*
18 750	1,90	1,50	1,93
19 090	2,07	1,56	1,98
19 675	2,17	1,68	2,10
20 060	2,26	1,72	2,12
20 340	1,79	1,47	1,79
20 445	1,79	1,32	1,62
20 510	3,13	1,26	1,54
20 770	1,32	0,91	1,16
21 135	1,21	0,95	1,20

Note: * Augmentation significative de la vitesse

Tableau 3.6

Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière

Vitesses d'écoulement au débit de 1 600 m³/s dans le chenal principal
avant et après excavation selon les variantes 2 et 3

Chainage (km)	Vitesse en conditions naturelles (m/s)	Vitesse après excavation Variante 2 (m/s)	Vitesse après excavation Variante 3 (m/s)
21 505	1,63	1,60	1,93*
21 750	1,86	1,83	2,22*
21 990	1,67	1,69	2,01*
22 370	1,63	1,71	2,01*
22 570	1,77	1,90	2,21*
23 040	1,65	1,77	2,03*
23 485	1,66	1,73	1,95*
23 560	1,69	1,77	2,00*
23 990	2,24	1,93	2,16
24 135	2,09	1,87	2,09
24 340	2,35	1,89	2,10
24 930	2,63	1,89	2,09
24 950	1,94	1,84	2,01
25 260	1,63	1,77	1,94*
25 530	1,98	1,73	1,90
25 860	2,15	2,34	2,56*
26 110	1,61	1,65	1,77
26 330	1,82	1,86	2,01
26 391	2,42	2,05	3,30*

Note: * Augmentation significative de la vitesse

Tableau 3.6**Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière**

**Vitesses d'écoulement au débit de 1 600 m³/s dans le chenal principal
avant et après excavation selon les variantes 2 et 3**

Chainage (km)	Vitesse en conditions naturelles (m/s)	Vitesse après excavation Variante 2 (m/s)	Vitesse après excavation Variante 3 (m/s)
26 450	1,82	1,88	1,99
26 675	1,83	1,86	1,97
26 920	1,85	1,89	1,97
27 180	2,09	1,61	1,69
27 220	2,08	1,60	1,68
27 640	1,50	1,46	1,53
27 720	1,28	1,39	1,46
27 910	1,49	1,75*	1,84*
28 420	1,38	1,63*	1,71*
28 900	1,99	2,40*	2,52*
29 340	1,89	2,25*	2,35*
29 840	1,37	1,55	1,59
30 115	1,21	1,36	1,40
30 350	1,26	1,40	1,43
30 770	1,55	1,70*	1,73*
31 235	1,69	1,85	1,89
31 770	1,52	1,64	1,66
32 260	1,48	1,59	1,62
32 830	1,53	1,66	1,69

Note: * Augmentation significative de la vitesse

Tableau 3.6

Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière

Vitesses d'écoulement au débit de 1 600 m³/s dans le chenal principal
avant et après excavation selon les variantes 2 et 3

Chainage (km)	Vitesse en conditions naturelles (m/s)	Vitesse après excavation Variante 2 (m/s)	Vitesse après excavation Variante 3 (m/s)
33 680	1,55	1,68	1,71
34 120	1,65	1,77	1,80
34 370	1,70	1,83	1,86
34 700	1,69	1,83	1,86
34 800	2,23	2,43	2,47
34 980	1,39	1,46	1,48
35 425	1,54	1,61	1,63
35 720	1,56	1,64	1,65
36 090	1,26	1,33	1,34
36 500	1,37	1,44	1,46
36 890	1,72	1,78	1,80
36 950	2,13	2,22	2,24

Note: * Augmentation significative de la vitesse

Les calculs de vitesses aux débits de 200 et 500 m³/s indiquent que les vitesses après excavation (moyenne = 1,11 m/s) sont du même ordre que celles rencontrées en conditions naturelles (moyenne = 1,12 m/s) mais qu'elles sont plus uniformes d'une section à l'autre ce qui est normal puisque les sections d'écoulement varient moins le long du tronçon excavé. Ces vitesses sont voisines de la vitesse maximale permise pour le type de matériau rencontré sur les berges (réf. 14). En pratique, lorsque les berges sont recouvertes de végétation, elles peuvent résister à des vitesses de l'ordre de 2 m/s pendant de courtes périodes sans érosion importante.

La comparaison des relevés bathymétriques de 1963 et 1993 indique qu'il y a eu peu d'érosion du chenal principal sur le tronçon malgré des vitesses jusqu'à 2 m/s lors des crues. Par conséquent, des mesures de protection des berges contre l'érosion (enrochement ou végétation) pourraient être limitées aux tronçons indiqués ci-haut, où la vitesse en période de crue dépasse 2 m/s.

L'augmentation de la vitesse moyenne au droit des ponts à Scott Jonction (km 17,62) et Sainte-Marie (km 26,39) est appréciable. Une étude plus détaillée devra être réalisée pour évaluer si des problèmes d'affouillement au droit des piliers peuvent résulter et déterminer les mesures de protection requises le cas échéant.

L'approfondissement et le nivellement du fond de la rivière Chaudière entraîneraient l'exondation des berges en période d'étiage à certains endroits. Le tableau 3.7 indique les profondeurs maximales avant et après excavation calculées sur certains tronçons pour un débit d'étiage de 50 m³/s.

L'abaissement des niveaux d'eau varierait de 0,20 à 0,40 m sur l'ensemble du tronçon entre Scott Jonction et Sainte-Marie, mais les profondeurs d'écoulement demeureraient partout supérieures à 1,20 m.

Cependant, le tronçon de rivière situé devant Scott Jonction (km 17,03 à 18,44), serait sujet à un abaissement marqué des profondeurs d'écoulement en étiage de l'ordre de 1,1 m. Les profondeurs varieraient alors entre 0,45 m et 2,0 m. L'impact de cet abaissement du niveau serait principalement d'ordre esthétique. Les berges exondées seraient toutefois recouvertes de végétation pendant l'été. Une étude plus détaillée des niveaux d'eau en étiage serait nécessaire afin d'évaluer si une mesure de compensation est requise pour atténuer l'impact visuel de la baisse des niveaux d'eau importante prévue du km 17 au km 18,5.

Tableau 3.7**Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière**

**Profondeurs d'écoulement avant et après excavation
(variante 3) calculées à un débit de 50 m³/s**

Tronçon (km à km)	Profondeurs conditions naturelles (m)	Profondeurs après excavation (m)	Diminution (m)
15,01 à 16,44	1,0	0,8	0,2
17,03 à 18,44	2,4	1,3	1,1
18,75 à 24,43	1,6	1,2	0,4
24,95 à 27,91	2,3	2,1	0,2
28,42 à 36,95	2,58	2,56	0,02

La durée estimée de la période d'exondation est d'environ deux mois. Cette nouvelle berge devrait se revégéter en quelques années. Au début, le substrat exondé constitué de vase et limons serait probablement colonisé par des algues filamenteuses. Une végétation de graminées semi-aquatique devrait par la suite graduellement occuper le site. Les racines des plantes aidant à fixer le substrat, les problèmes d'érosion prévisibles les premières années devraient s'atténuer par la suite. Il est à prévoir, qu'à cause de l'augmentation significative des vitesses, des travaux de protection des berges seraient nécessaires à Scott Jonction entre les km 17,5 et 18,5 dans la partie extérieure de la courbe du chenal. Cette zone a déjà fait l'objet de travaux dans les années 1960.

En remodelant le fond de la rivière, l'on aura pu détruire des sites potentiels de frai et principalement des frayères lithophiles sur sable, gravier ou roche. Une perte est probable mais non quantifiable à ce stade préliminaire des études, ne connaissant pas la localisation des frayères et leur importance. Le nouveau lit aura le même type de substrat que celui actuellement en place. Aux profondeurs moyennes ou maximales indiquées, le nouveau lit sera capable de fournir le même type de frayères lithophiles peu de temps après les travaux. Dans le cas où l'Achigan à petite bouche se reproduirait sur l'aire détruite, son attachement inné important pour les sites de frai traditionnels est la source d'un impact local non négligeable mais difficile à qualifier.

Enfin, l'accès des poissons aux frayères de type phytophile ne serait pas perturbé de façon significative. Ces frayères sont accessibles lors des périodes d'inondation au printemps et devraient demeurer accessibles pour la plupart, même après les travaux d'excavation. La baisse des niveaux d'eau pendant la crue réduirait cependant l'étendue de ces frayères.

À cause de leur dépendance vis-à-vis la composition des substrats, les organismes benthiques de la rivière seront sévèrement perturbés sur toute l'aire excavée. Même si les substrats avant et après les travaux d'excavation pourraient être comparables, il est difficile d'estimer le temps de récupération et le succès de recolonisation de la faune benthique. Le rétablissement dépend d'un ensemble de facteurs biophysiques interdépendant, dont la disponibilité d'endroits non affectés permettant la recolonisation (réf. 34). Considérant la sévérité des travaux, on estime que le rétablissement du benthos se fera principalement par la dérive des organismes colonisant la section amont

non perturbée de la rivière. Compte tenu des quantités importantes de benthos présent en amont, de la charge nutritive importante des eaux de la rivière et de son débit printanier, il est peu risqué de prédire que la recolonisation de la section perturbée de la rivière se fera relativement rapidement. L'impact indirect sur les populations de poissons, bien que sévère les premières années suivant les travaux, est considéré comme modéré à moyen terme (3-5 ans). Des inventaires venant reconnaître l'importance exacte de l'aire modifiée pour la reproduction et l'alimentation du poisson est quand même nécessaire afin de qualifier l'impact sur des bases écologiques.

3.8 Estimation des coûts

L'estimation des coûts a été faite pour la variante 3 en se basant sur les méthodes de construction décrites à la section 3.6. Une quantité de 25% du volume d'excavation total a été ajouté pour tenir compte de la construction des chemins d'accès, des rampes et des plates-formes de travail. Les résultats sont présentés au tableau 3.8. Le coût total de la variante 3 s'élève à 53 500 000 \$. Ce coût ne couvre que les travaux de construction. Les coûts des éléments suivants ne sont pas compris:

- les taxes (TPS, TVQ);
- l'achat de terrains pour les aires d'entreposage des matériaux;
- le transport des matériaux à plus de 2 km;
- la décontamination des matériaux si requis;
- la construction d'ouvrages de protection des berges ou d'autres mesures de mitigation;
- les coûts pour les servitudes, droits de passage, etc.;
- les honoraires (arpenteurs, notaires, avocats, ingénieurs, etc.);
- les frais d'intérêt (financement intérimaire) pendant la construction.

Il est à noter que les matériaux excavés pourraient être revendus comme agrégats pour la construction, particulièrement le sable. Malheureusement, ce matériau est déjà très abondant dans la région où l'offre actuelle est suffisante pour rencontrer la demande. Le marché de Québec peut constituer un débouché mais à un coût additionnel de 0,20 \$/m³-km pour le transport, le prix risque de ne pas être compétitif.

3-32

Les coûts pour les variantes 1 et 2 peuvent être évalués à partir des quantités et des prix unitaires indiqués au tableau 3.8 et en répartissant au pro-rata des quantités les coûts pour les chemins d'accès.

Les coûts de ces variantes sont donc évalués à:

Variante	Volume matériaux (m ³)	Coût total (\$)	Coût unitaire (\$/m ³)
1	1 610 000	42 480 000	26,39
2	1 790 000	11 226 000	6,27
3	3 400 000	53 500 000	15,74

3.9 Synthèse des résultats

3.9.1 Abaissement des niveaux - vs - Coûts des solutions

Les principaux résultats des études des solutions d'excavation sont présentés ci-après.

A- Efficacité hydraulique

Variante 1 (tableau 3.2)

L'écrêtement du seuil à l'aval de Scott Jonction ainsi que l'excavation d'un canal de 137 m de largeur sur une longueur de 4 230 m en amont permettent d'abaisser les niveaux de 1,78 m à Scott Jonction et Taschereau-Fortier ce qui élimine complètement les problèmes d'inondation dans cette municipalité pour les crues d'une période de retour de 100 ans et moins.

Tableau 3.8

ÉTUDE DE LA MODÉLISATION DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE

TECSULT LTÉE

ESTIMATION BUDGÉTAIRE DES COÛTS DE LA VARIANTE 3
(Du chaînage 13 + 760 @ 27 + 910)

25-Nov-93

Code	Description	Unité	Qté.	Main d'oeuvre Coût unitaire	Total	Matériaux Coût unitaire	Total	Équipement Coût unitaire	Total	Montant Total
1.0 MOBILISATION ET DEMOBILISATION										
1.1	Mobilisation	m. forf.	1	\$5,000.00	\$5,000	-	-	\$5,000.00	\$5,000	\$15,000
1.2	Bureau de chantier (Entreprise et Ingénieurs)	mois	6	-	-	-	-	1,500.00	9,000	9,000
1.3	Fonctionnement et entretien	mois	6	500.00	3,000	-	-	500.00	3,000	6,000
1.4	Démobilisation	m. forf.	1	7,500.00	7,500	-	-	7,500.00	7,500	15,000
1.5	Enlèvement bureaux et nettoyage	m. forf.	1	1,000.00	1,000	-	-	1,000.00	1,000	2,000
Sous-total MOBILISATION ET DÉMOBILISATION					\$20,100		\$0		\$25,500	\$45,600
2.0 TRAVAUX										
2.1	FORAGE ET DYNAMITAGE	m. cu.	1,000,000	15.00	15,000,000	6.85	6,850,000	5.40	5,400,000	27,250,000
2.2	ACCÈS DANS LA RIVIÈRE (Remblayage)	m. cu.	900,000	1.15	1,035,000	-	-	0.85	765,000	1,800,000
2.3	ACCÈS À LA RIVIÈRE (3 accès et un chemin longeant la rivière largeur de 10 mètres)	m. l.	14,750	40.00	590,000	30.00	442,500	5.00	73,750	1,106,250

Tableau 3.8

ÉTUDE DE LA MODÉLISATION DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE

TECSULT LTÉE

ESTIMATION BUDGÉTAIRE DES COÛTS DE LA VARIANTE 3
(Du chaînage 15 + 760 @ 27 + 910)

29-Nov-93

Code	Description	Unité	Qté.	Main d'oeuvre Coût unitaire	Total	Matériaux Coût unitaire	Total	Équipement Coût unitaire	Total	Montant Total
2.0 TRAVAUX (suite)										
2.4 ROC										
	(excavation et transport à 2 km)	m. cu.	1,000,000	3.00	3,000,000	-	-	1.50	1,500,000	4,500,000
2.5 TERRE MEUBLE										
	(excavation et transport à 2 km)	m. cu.	2,400,000	3.00	7,200,000	-	-	1.00	2,400,000	9,600,000
	Sous-total TRAVAUX				\$26,825,000		\$7,322,500		\$10,158,750	\$44,266,250
	Sous-total COÛTS DIRECTS				\$26,845,100		\$7,322,500		\$10,167,250	\$44,334,850
	CONTINGENCES									\$4,433,465
	ADMINISTRATION ET PROFITS									\$4,731,665
	TOTAL									\$53,500,000
2.6 TRANSPORT ADDITIONNEL										
	(par m. cu. - km additionnel)	m. cu./km	1	0.20	0.20	-	-	0.20	0.20	0.40

Note : m.l. = metre lineaire
m.forf. = montant forfaitaire
m.cu. = metres cubes

L'efficacité hydraulique de cette solution diminue rapidement en amont où l'abaissement n'est plus que de 0,15 m à Sainte-Marie, ce qui est insuffisant pour réduire la fréquence des inondations.

Variante 2 (tableau 3.4)

L'excavation du chenal entre Scott et Sainte-Marie permet d'abaisser les niveaux d'eau en période de crue sur ce tronçon. L'abaissement est plus influencé par la longueur du tronçon excavé que par la largeur ou la profondeur d'excavation.

Un abaissement important de l'ordre de 0,83 m est possible à Sainte-Marie pour un chenal de 120 m de largeur excavé sur une longueur de 9 400 m. Cet abaissement permet de ramener le niveau de la crue centennale à celui de la crue vicennale et le niveau de la crue vicennale (niveau 146,5) après excavation à celui de la crue de 3 ans avant excavation. On peut donc conclure qu'il n'y aurait plus de dommages importants pour les crues d'une période de retour de moins de 20 ans (débit de 1 600 m³/s).

L'efficacité hydraulique de cette solution diminue rapidement vers l'amont de sorte qu'elle n'a plus d'effet significatif sur les inondations à Vallée-Jonction et Saint-Joseph.

Variante 3 (tableau 3.5)

La combinaison des excavations des variantes 1 et 2 permet un abaissement additionnel du niveau d'eau d'environ 0,30 m à Sainte-Marie pour la crue centennale ($Q = 2\,000\text{ m}^3/\text{s}$) ce qui réduit l'étendue de l'inondation d'environ 66%. Cette solution permet de ramener le niveau de la crue de 100 ans à celui de la crue de 5 ans et celui de la crue de 20 ans à celui de la crue annuelle (période de retour de 2 ans). Cette solution permet donc une diminution très importante des dommages.

B- Coût - vs - Efficacité hydraulique des travaux

Les volumes d'excavation requis sont importants pour toutes les solutions et varient de 1,6 millions de m³ à 3,4 millions m³. Les coûts unitaires d'excavation du roc sont plus de 7 fois plus élevés que ceux dans le mort-terrain, soit 32,00 \$/m³ contre 4,50 \$/m³.

La comparaison des coûts et de l'efficacité hydraulique des solutions permet de déterminer des valeurs du coût moyen par mètre d'abaissement des niveaux d'eau pour chaque localité. Ces données pourront être utilisées pour déterminer la solution intégrée présentant le plus d'avantage pour le coût investi.

Les valeurs obtenues sont les suivantes:

Variante	Volume (x 10 ⁶ m ³)	Coût (x 10 ⁶ \$)	Abaissement localité (m)	Rapport Coût/abaissement (x 10 ⁶ \$/m)
1	1,61	42,48	1,67 Scott Jonction	25,44
2	1,79	11,23	0,91 Sainte-Marie	12,34
3	3,40	53,50	1,17 Sainte-Marie	45,73

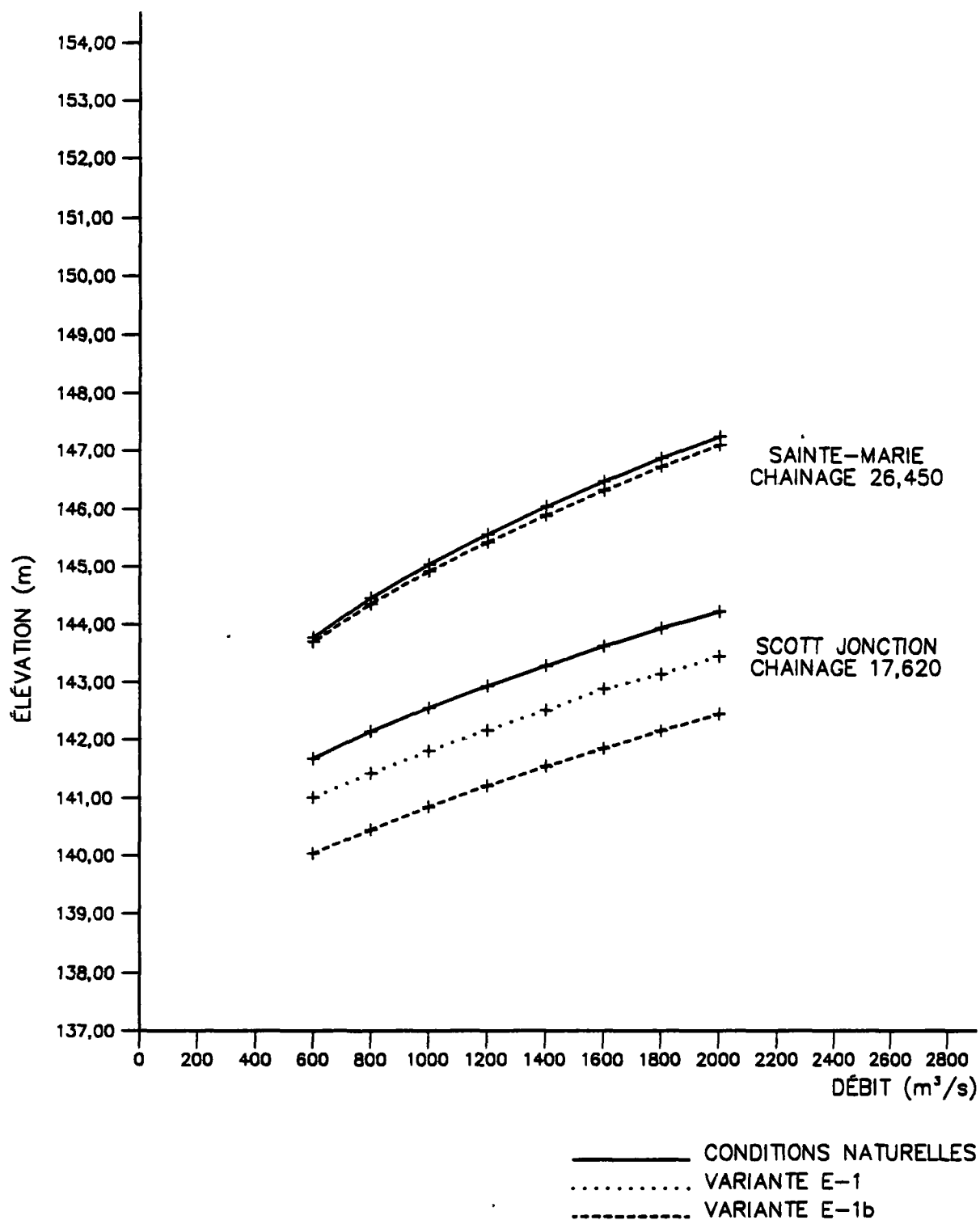
Ces résultats démontrent que le coût de l'abaissement additionnel de 0,30 m à Sainte-Marie de la variante 3 par rapport à la variante 2 est très coûteux à 42 274 000 \$. Ce coût permet cependant d'éliminer complètement les inondations à Scott Jonction.

3.9.2 Répercussions sur l'environnement

En résumé, les répercussions sur l'environnement des excavations seront élevées pendant la période des travaux tant pour le milieu biophysique que pour le milieu humain. Ces impacts seront cependant de courte durée. Les impacts sont liés à la perte

d'habitats aquatiques pour les poissons, aux perturbations des sols, au bruit, à la poussière et à l'augmentation de la circulation routière pour le milieu humain.

Les répercussions permanentes seront faibles à modérées et sont causées par l'augmentation des vitesses (érosion des berges) et la diminution des niveaux d'eau (exondation des berges). Des mesures d'atténuation locales de ces répercussions pourraient être nécessaires si ces impacts sont jugés trop importants. Ils ne devraient cependant pas compromettre la faisabilité de cette solution.



RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

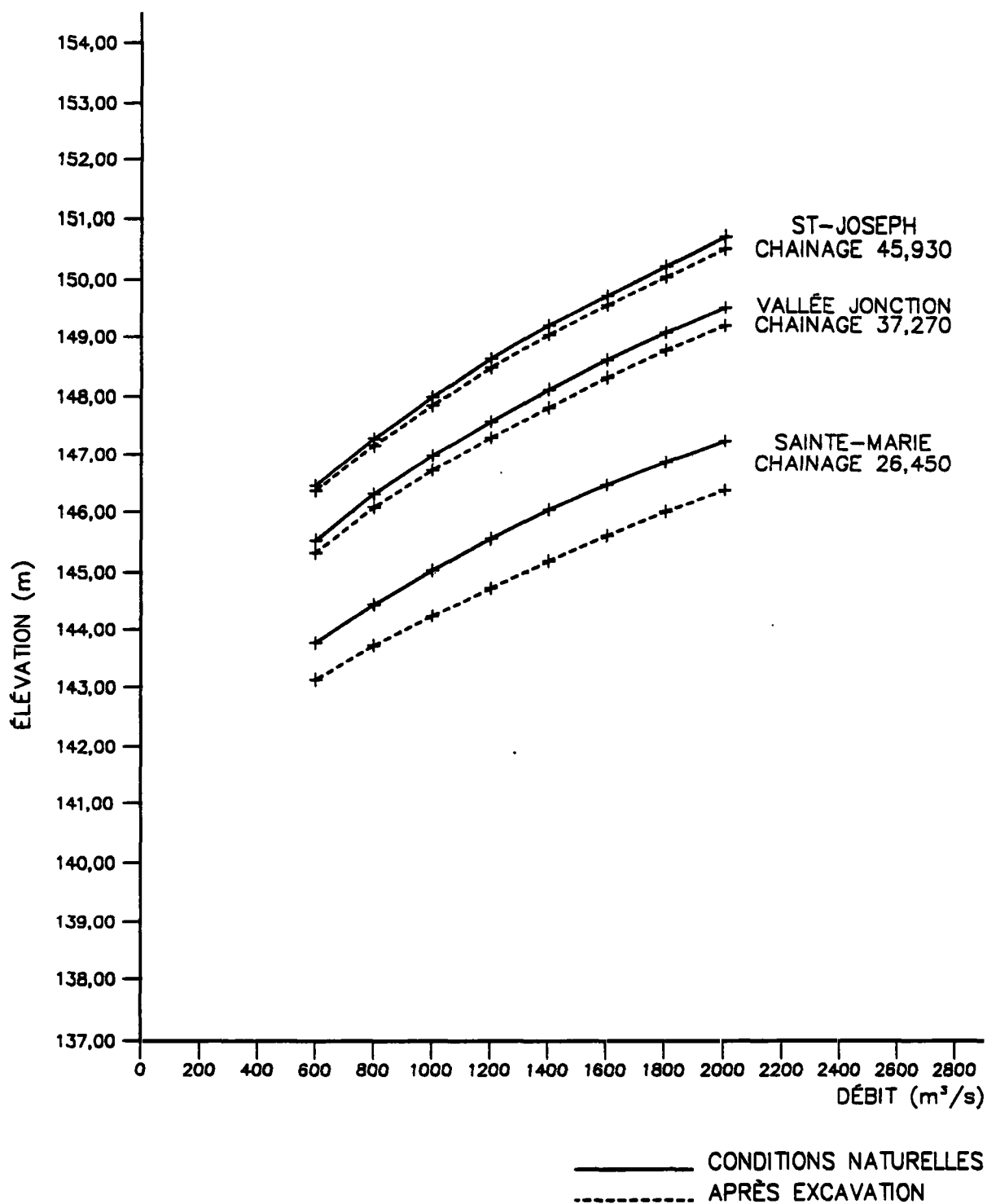
RELATIONS DÉBITS-NIVEAUX À SCOTT-
JONCTION ET SAINTE-MARIE AVANT ET
APRÈS L'EXCAVATION SELON LA VARIANTE 1



PROJET: 4727

DATE: OCTOBRE 1993

FIGURE: 3.2



RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

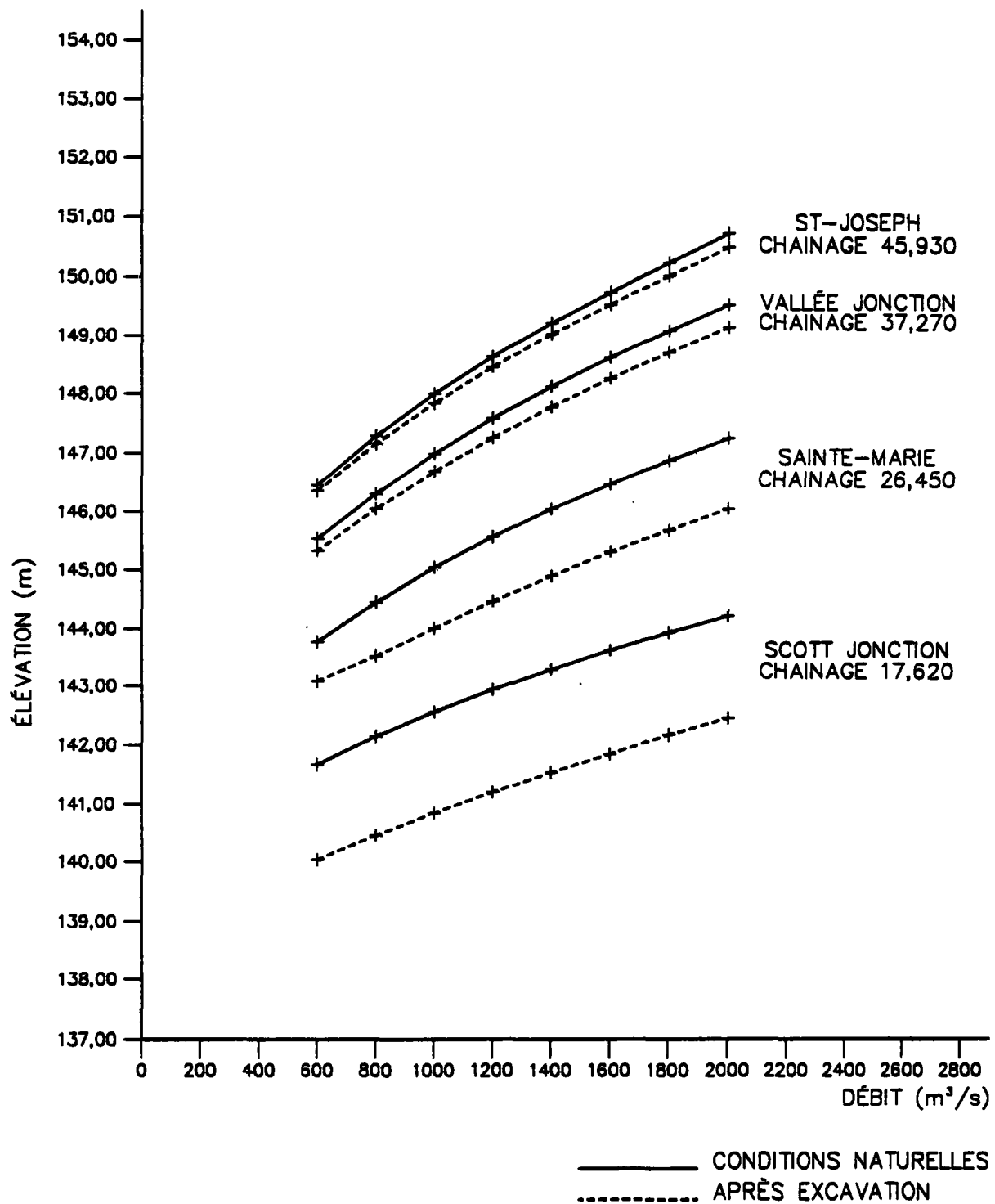
RELATIONS DÉBITS-NIVEAUX POUR LES
CONDITIONS EN EAU LIBRE AVANT ET
APRÈS L'EXCAVATION SELON LA VARIANTE 2



PROJET: 4727

DATE: OCTOBRE 1993

FIGURE: 3.5



RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

RELATIONS DÉBITS-NIVEAUX POUR LES
CONDITIONS EN EAU LIBRE AVANT ET
APRÈS L'EXCAVATION SELON LA VARIANTE 3



PROJET: 4727

DATE: OCTOBRE 1993

FIGURE: 3.6

4.0 SOLUTIONS PAR ENDIGUEMENT ET IMPERMÉABILISATION

4.1 Généralités

Une des méthodes les plus anciennes et les plus fréquemment utilisées pour protéger un territoire des inondations est de l'isoler par une enceinte constituée de digues ou de murs étanches. Les terrains bordant le cours inférieur du Mississippi sont protégés par plus de 3 200 km de digues construites de 1928 à 1940. Il s'agit de la plus grande application de cette technique en Amérique du Nord.

L'endiguement est une méthode qui peut être utilisée pour protéger des superficies de terrains de toute taille. Elle est couramment utilisée au Québec comme mesure de protection locale, notamment le long de la rivière Richelieu et du lac des Deux Montagnes.

Les digues doivent être conçues avec une revanche sécuritaire pour la *crue de conception*, parce qu'en cas de débordement l'écoulement peut créer une brèche et les détruire entraînant des coûts pour leur reconstruction en plus des dommages aux propriétés dont la valeur augmente rapidement une fois qu'elles sont mieux protégées des inondations. La revanche recommandée (réf. 17 et 18) est habituellement de 0,60 m. Smith (réf. 29) indique que la crue centennale est généralement utilisée au Canada pour la conception des projets d'endiguement.

La construction de digues le long d'une rivière a pour effet de réduire la largeur et la section d'écoulement dans la plaine inondable ce qui peut causer un rehaussement du niveau d'eau en amont et une augmentation de la zone inondée. Ces aspects doivent donc être examinés lors de l'étude d'un projet d'endiguement.

Par contre, lorsqu'une digue intercepte un cours d'eau naturel, il est nécessaire de prévoir des mesures pour permettre son écoulement par gravité en dehors des périodes d'inondation et par pompage lors des inondations. Des stations de pompage sont donc nécessaires ce qui implique des coûts d'opération annuels.

L'endiguement n'assure de protection qu'aux propriétés situées à l'intérieur du périmètre protégé. C'est donc une mesure de protection locale qui peut trouver sa place dans la définition d'une solution d'ensemble pour toute une région lorsque les zones à protéger sont regroupées (ville, villages).

L'imperméabilisation réfère à un ensemble de techniques habituellement utilisées pour protéger des bâtiments ou réduire les dommages causés par l'eau. Quelques-unes de ces techniques sont déjà utilisées par les riverains de la Chaudière pour protéger leurs propriétés, soit d'une façon permanente, soit seulement lors des inondations. Le rehaussement des maisons sur des remblais est la technique la plus fréquente. Cette méthode ne devrait jamais être utilisée sur un tronçon de la plaine inondable servant à l'écoulement d'une partie importante du débit de crue. Cette situation est peu fréquente sur la rivière Chaudière parce qu'elle est habituellement utilisée sur des propriétés situées en bordure de la plaine d'inondation et non au centre de celle-ci. Quelques exceptions à cette règle existent, notamment à Vallée-Jonction en rive «est» et Sainte-Marie en rive «ouest».

4.2 Études antérieures

Le MENVIQ a procédé en 1984-1985 à une étude d'avant-projet pour l'endiguement de la ville de Sainte-Marie. Cette solution a fait l'objet d'études techniques (réf. 2 et 15) et d'une étude de rentabilité (réf.: 16) par une analyse avantages-coûts basée sur une évaluation de l'ensemble des dommages potentiels. Cette étude concluait à la rentabilité du projet dont le coût de construction était évalué en 1984 à 13 700 000 \$ (option III). Une étude d'impact sur l'environnement a aussi été faite pour ce projet en 1985 (réf. 1).

4.3 Objectifs et méthodologie de l'étude actuelle

Le mandat de Tecsalt comprend la mise à jour de l'étude d'endiguement de Sainte-Marie. Cette mise à jour a comporté les analyses suivantes:

- vérification des niveaux de conception par calculs des profils d'écoulement pour la crue centennale (débit de 2 000 m³/s);

- validation du tracé des digues et du choix des sections types de murs par une visite sur place le 21 juin 1993;
- vérification de l'effet de l'endiguement sur les niveaux d'eau en amont par calculs des profils d'écoulement;
- estimation des coûts;
- validation des conclusions de l'étude d'impact par une visite sur place et une recherche bibliographique sur les études publiées depuis portant sur la description du milieu.

Les résultats de cette mise à jour vont permettre de déterminer les coûts unitaires à appliquer pour des ouvrages semblables dans le cadre de solutions d'endiguement dans d'autres municipalités.

4.4 Mise à jour de la solution d'endiguement de Sainte-Marie

4.4.1 Description du projet (Figure 4.1-P)

Le projet d'endiguement de la ville de Sainte-Marie consiste essentiellement à isoler, au moyen de murs et de digues, les secteurs inondables de la ville. Ces secteurs se retrouvent des deux côtés de la rivière Chaudière, entre celle-ci et les limites de la zone inondable de 100 ans montrées sur les cartes du risque d'inondation. Différents types de murs sont proposés pour s'adapter au terrain et permettre d'y incorporer des conduites d'égout pluvial, parce que les murs interceptent les nombreux émissaires existants. Un système de pompage composé de plusieurs stations de pompage est aussi nécessaire pour assurer, au moment des crues, le rejet des égouts pluviaux à l'extérieur des zones protégées.

Le projet prévoit également le creusage du lit de la rivière vis-à-vis la ville de Sainte-Marie entre les km 24,8 et 26,4 pour éviter un rehaussement du niveau d'eau en amont.

Les sections qui suivent fournissent des informations uniquement sur les faits saillants des vérifications effectuées dans le cadre de la mise à jour de cette solution. Certaines modifications relativement mineures sont proposées de sorte que nous ne reprenons pas ici les descriptions détaillées des ouvrages. Le lecteur peut retrouver ces descriptions dans le rapport de Roche (réf. 1).

Mentionnons que trois options du projet ont été étudiées par le MENVIQ. Ces options se distinguent peu en ce qui a trait à leurs caractéristiques techniques. Dans les trois cas, l'emplacement proprement dit des structures est identique et seuls les types de murs qui sont proposés sur la rive «est» de la rivière Chaudière sont différents. L'option 1 prévoit la construction de murs en béton simples en amont et en aval du pont, l'option 2 préconise l'utilisation de murs étagés et l'option 3 consiste en la mise en place de murs simples en aval du pont alors que le secteur amont serait protégé par l'application d'interventions ponctuelles. L'étude d'impact (réf. 1) recommandait l'option 3 comme étant la plus acceptable sur le plan environnemental, pour le secteur situé en amont du pont sur la rive «est».

4.4.2 Modifications proposées

Une visite effectuée sur le terrain a permis de constater que des interventions ponctuelles en amont du pont seront probablement plus difficiles à réaliser que prévues à l'étude d'impact. Pour cette raison, nous suggérons plutôt la construction de murs simples, tel que montré sur la coupe type «D» modifiée sur la figure 4.1-P.

Une nouvelle rue est maintenant présente dans le secteur nord-est de la ville, ce qui nécessite une légère modification pour le tracé de la digue (voir figure 4.1-P).

Finalement nous proposons de modifier le mur simple en béton de type «D» en utilisant un mur en béton armé plutôt qu'un mur-poids. Cette solution nous apparaît plus économique.

4.4.3 Niveau de protection (efficacité hydraulique)

La cote de protection établie par le MENVIQ pour le projet est celle du niveau d'eau atteint par la crue centennale majoré d'une *revanche* de 0,30 m. Le niveau maximum des ouvrages a alors été fixé à 147,3 m. On indique que la crête des ouvrages suivra le profil des niveaux qui varie d'environ 0,60 m entre la rivière Chassé et le ruisseau Dupuis.

La ligne d'eau calculée par Tecsalt au débit de 2 000 m³/s varie de 1,10 m entre ces deux points, soit entre les élévations 146,3 m et 147,4 m. Le niveau au droit du pont est de 147,0 m. Si on considère une revanche de 0,30 m par rapport au niveau de la crue centennale, la cote de 147,3 m serait plutôt l'élévation en crête moyenne des ouvrages.

Nous avons considéré une élévation constante de 147,3 m pour le calcul des quantités et des coûts des ouvrages, plutôt qu'une élévation variable, tel qu'utilisée antérieurement.

En ce qui concerne l'efficacité hydraulique de cette solution, le rapport d'étude d'impact (réf.: 1) mentionne:

«Le projet d'endiguement de Sainte-Marie aura des répercussions positives importantes pour de nombreux résidents de cette ville en leur assurant une protection absolue contre les dommages et les inconvénients reliés aux inondations périodiques dont ils sont victimes. De plus, les terres agricoles situées dans la plaine inondable en amont de Sainte-Marie connaîtront une légère réduction des inondations d'été.»

Il faut toutefois mentionner que la revanche de 0,30 m utilisée pour la conception des ouvrages est inférieure à la valeur minimale recommandée dans la littérature qui est de 0,60 m (réf. 17 et 18). L'utilisation de la revanche de 0,60 m occasionnerait une légère augmentation des quantités et des coûts pour les ouvrages (+/- 5%).

4.4.4 Effet de l'endiguement sur les niveaux d'eau en amont

Une étude de l'effet de l'endiguement sur les niveaux en amont a été effectuée par le MENVIQ en 1984 (réf. 15). Cette étude concluait que l'endiguement occasionnerait une légère remontée du niveau d'eau de l'ordre de 0,22 m à l'amont du pont à Sainte-Marie et d'environ 0,07 m à Vallée-Jonction pour le débit de la crue centennale. Pour atténuer cet effet, on a proposé d'excaver le chenal sur une largeur de 67 m entre les km 24,7 et 26,35. Le volume d'excavation est de l'ordre de 110 000 m³ pour une profondeur moyenne de 1 m. Nos calculs indiquent que l'endiguement à Sainte-Marie se traduit par une légère augmentation des vitesses d'écoulement et une faible baisse des niveaux d'eau de l'ordre de 0,05 m. Les niveaux d'eau calculés sont identiques à Vallée-Jonction même après l'endiguement. La divergence, entre nos résultats et ceux du MENVIQ, peut s'expliquer par la différence dans la position des sections de calculs et des coefficients de *pertes de charge* utilisés pour calculer l'effet de la contraction de l'écoulement, causée par le pont et son approche en rive gauche. Tel que mentionné au rapport d'étape 1, ces deux structures occasionneraient actuellement un rehaussement des niveaux d'eau d'environ 0,20 m à un débit de 2 000 m³/s. De plus, la construction d'un mur a pour effet de réduire le frottement global parce qu'il n'y a plus d'écoulement dans la plaine inondable en rive «est» et que le coefficient de frottement de Manning est plus faible dans le chenal principal que dans la plaine inondable. Ceci a pour effet de réduire les pertes de charge et les niveaux d'eau sur ce tronçon. En pratique, il est difficile de conclure que l'endiguement provoquerait un rehaussement additionnel du niveau d'eau en amont de Sainte-Marie. Une étude plus détaillée est requise pour vérifier cette répercussion. Cette étude nécessiterait la mesure de la ligne d'eau entre les km 25 et 28 avec plusieurs points de part et d'autres du pont afin de déterminer les valeurs des coefficients de pertes singulières.

4.4.5 Répercussions sur l'environnement

Ce projet a fait l'objet d'une étude détaillée de ses répercussions sur l'environnement (réf. 1). L'annexe C présente les sections de ce document traitant de la synthèse des répercussions, des mesures de mitigation et des recommandations de cette étude. Nous référons le lecteur à ce document pour une analyse plus détaillée des répercussions de cette solution sur l'environnement. Une visite des lieux, une vérification

de la bibliographie récente et des conversations téléphoniques avec des spécialistes régionaux du MENVIQ et du MLCP, nous ont permis de constater qu'il n'y a pas eu de modification significative du milieu. Les conclusions de cette étude demeurent valables compte tenu du fait que les modifications proposées sont mineures et n'entraînent pas de répercussions additionnelles.

Le rapport d'étude d'impact concluait que:

- «• *La mise en place, la présence et l'utilisation des ouvrages de protection destinés à protéger les secteurs de la ville de Sainte-Marie situés dans les limites de la crue centennale n'auront pas d'impact négatif important sur l'environnement.*
- *Compte tenu du fait que toutes les mesures pouvant minimiser leurs effets seront appliquées, les activités de construction n'auront que des impacts mineurs. Les éléments du milieu qui seront les plus affectés par ces activités sont la faune et les habitats aquatiques, l'utilisation du sol, la circulation routière et la qualité de vie des résidents. Toutes ces répercussions seront temporaires, locales et réversibles.*
- *En ce qui concerne la présence proprement dite des ouvrages, les principales répercussions toucheront l'utilisation du sol et l'esthétique. Elles auront trait aux modifications des propriétés privées en bordure de la rivière Chaudière, à l'empiétement de petites portions de terres agricoles et à la modification de la perception visuelle en certains points.»*

4.4.6 Estimation des coûts

Le coût de construction du projet d'endiguement est estimé à 15 300 000 \$ ce qui représente une augmentation de 10,5% par rapport au coût de construction estimé en 1984 (13 700 000 \$ selon réf. 16). Pour les fins de l'estimation des coûts, nous avons inclus ceux reliés à l'excavation du chenal, tel que prévu au projet décrit dans le rapport d'étude d'impact, compte tenu de l'importance du montant impliqué.

Le tableau 4.1 présente le bordereau des quantités et des coûts pour les travaux. Les coûts suivants pouvant être requis pour la réalisation du projet ne sont pas inclus:

- les coûts d'achat de terrains et de servitudes;
- les coûts pour les honoraires professionnels (ingénieurs, arpenteurs, notaires, évaluateurs, etc.);
- les frais de financement intérimaire;
- les taxes (TPS, TVQ).

4.5 Endiguement et imperméabilisation dans les autres villes

4.5.1 Généralités

Nous avons examiné les cartes du risque d'inondation afin d'évaluer s'il est possible de protéger d'autres villes par la construction de digues ou de murs. Dans chacun des cas, le niveau de protection est celui obtenu pour le débit de la crue centennale. Le niveau est lu sur les figures 2.4 et 2.5 en réduisant vers l'amont le débit de la crue centennale à Saint-Lambert en fonction de la superficie du bassin versant. Cet exercice nous a permis de constater que les niveaux ainsi obtenus sont très près des niveaux maximum mesurés le long de la rivière lors de la crue d'avril 1991.

Le tableau 4.2 présente les niveaux d'eau mesurés lors de la crue de 1991, ceux calculés au débit de la crue centennale et les niveaux de protection suggérés avec une revanche minimum de 0,30 m dans les villes de Scott, Taschereau-Fortier, Vallée-Jonction, Saint-Joseph, Beauceville, Notre-Dame-des-Pins et Saint-Georges. Les niveaux de protection ont été choisis habituellement par rapport au maximum entre la crue de 1991 et les niveaux calculés pour la crue centennale. Les niveaux de protection différents utilisés sont expliqués au tableau 4.2. Les travaux requis dans chaque ville sont brièvement décrits dans la section 4.5.3. La section 4.5.2 présente le concept d'imperméabilisation et une description de certaines mesures fréquemment utilisées pour les bâtiments.

TECSULT Tableau 4.1 Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière Estimation des coûts budgétaires de l'endiguement de Sainte-Marie pour la protection contre la crue centennale						
Article	Description	Unité	Quantité	Coût unitaire	Total	Note
1.0	RIVE «EST»					
1.1	Excavation en rivière, érection des batardeaux et voies d'accès	m ³	110 550	15 \$	1 658 250 \$	
1.2	Assèchement et pompage	M.F.			75 000 \$	
1.3	Construction des murs en béton armé (coupe type D)	m.l.	730	2 530 \$	1 846 900 \$	
1.4	Rehaussement et consolidation des murs existants (coupe type C)	m.l.	700	1 450 \$	1 015 000 \$	
1.5	Construction des murs caissons en bois (coupe type B)	m.l.	370	1 320 \$	488 400 \$	
1.6	Construction des digues en terre (coupe type A):					
	• zone I (h = 2,75 m) • zones II et III (h = 3,00 m)	m.l. m.l.	360 2 210	420 \$ 640 \$	151 200 \$ 1 414 400 \$	
1.7	Modifications au réseau d'égout pluvial	M.F.			2 385 000 \$	

M.F. = Montant forfaitaire

m³ = mètres cubes

m.l. = mètres linéaires

TECSULT

Tableau 4.1

Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière

Estimation des coûts budgétaires de l'endiguement
de Sainte-Marie pour la protection contre la crue centennale

Article	Description	Unité	Quantité	Coût unitaire	Total	Note
1.8	Construction des stations de pompage:					
	• débit de 200 l/s	unité	7	130 000 \$	910 000 \$	
	• débit de 1 050 l/s	unité	1	300 000 \$	300 000 \$	
	• débit de 1 700 l/s	unité	1	500 000 \$	500 000 \$	
1.9	Dérivation du ruisseau inter-municipal	m ³	1 500	5 \$	7 500 \$	
1.10	Enlèvement des carcasses d'automobiles près du ruisseau Dupuis	M.F.			10 000 \$	
1.11	Aménagement des terrains	M.F.			500 000 \$	
2.0	RIVE «OUEST»					
2.1	Construction des digues en terre	m.l.	670	640 \$	428 800 \$	
2.2	Construction des murs caissons en bois	m.l.	280	1 320 \$	389 600 \$	
2.3	Rehaussement de la rue du Pont	m.l.	140	1 350 \$	189 000 \$	
2.4	Dérivation de ruisseau:					
	• canal	m ³	5 000	5 \$	25 000 \$	
	• ponceau	M.F.			50 000 \$	

M.F. = Montant forfaitaire

m³ = mètres cubes

m.l. = mètres linéaires

TECSULT Tableau 4.1 Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière Estimation des coûts budgétaires de l'endiguement de Sainte-Marie pour la protection contre la crue centennale						
Article	Description	Unité	Quantité	Coût unitaire	Total	Note
2.5	Modification au réseau d'égout pluvial	M.F.			385 000 \$	
2.6	Construction d'une station de pompage de 1 050 l/s	M.F.			300 000 \$	
2.7	Aménagement des terrains	M.F.			100 000 \$	
3.0	MOBILISATION ET DÉMOBILISATION	M.F.			150 000 \$	
	Sous-total coûts avant imprévus				13 279 050 \$	
	Imprévus de construction (15%)				1 991 850\$	
	Total coûts de construction			disons:	15 270 900 \$ 15 300 000 \$	

Notes: Les coûts ne comprennent pas les dépenses suivantes:

- achat de terrain ou de servitudes;
- honoraires professionnels (ingénieurs, arpenteurs, notaires, évaluateurs);
- frais du financement intérimaire;
- taxes (TPS, TVQ).

M.F. = Montant forfaitaire

m³ = mètres cubes

m.l. = mètres linéaires

Tableau 4.2

Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière

Niveaux de protection par endiguement et imperméabilisation
contre l'inondation de la crue centennale (débit de 2 000 m³/s)
et comparaison avec les niveaux maximum de la crue de 1991

Localité	km	Niveau crue 1991 (m)	Niveau crue 100 ans ⁽¹⁾ (m)	Niveau protection retenu ⁽¹⁾ (m)	Remarque
Scott Jonction Taschereau-Fortier	17,0	145,0	144,0	144,6	Niveau protection assuré par remblai chemin de fer à Scott et route 173
Scott Jonction Taschereau	18,0	145,0	144,4	145,0	
Sainte-Marie (aval)	24,4	146,5	146,3	146,6	
Sainte-Marie (Pont)	26,4	147,0	147,0	147,3	
Sainte-Marie (amont)	27,2	147,5	147,5	147,8	
Vallée-Jonction (pont)	37,0	149,0	149,4	149,6	Niveau protection assuré par remblai chemin fer près rivière Morency
Saint-Joseph (pont)	45,8	149,7	150,3	150,3	
Beauceville (pont)	61,7	154,5	152,0	155,0	Niveau crue 1991 avec embâcle
Rivière Gilbert (station MENVIQ 023426)	66,4	158,2	157,3	159,0	
Notre-Dame-des- Pins (pont)	68,8	160,0	159,3	160,0	
Saint-Georges (aval)	76,0	164,0	--	165,0	
Saint-Georges (pont)	77,5	165,0	--	165,0	

Note: 1- Niveau en eau libre

La détermination des mesures d'endiguement et d'imperméabilisation pour les autres villes a été faite à partir des cartes du risque d'inondation de 1977 corrigées pour indiquer les bâtiments construits ou démolis tel qu'observé sur les photos aériennes de 1986 et les mises à jour faites par les MRC en 1993. Nous avons évalué de façon préliminaire le nombre et la capacité des stations de pompage par analogie avec les conditions de Sainte-Marie (réf. 1). Une étude plus poussée serait requise pour préciser les besoins en stations de pompage dans chaque municipalité.

4.5.2 Imperméabilisation de bâtiments

L'imperméabilisation ou l'immunisation peut être définie comme toute modification apportée à la conception d'un bâtiment, en vue de réduire ou d'éliminer les dommages pouvant être causés par l'eau lors d'une inondation. L'imperméabilisation peut être préventive dans le cas d'un nouveau bâtiment ou curative dans le cas d'un bâtiment existant. L'imperméabilisation est une méthode intéressante sur le plan économique, surtout là où d'autres méthodes n'apparaissent pas faisables techniquement ou économiquement.

L'annexe D de la convention Canada-Québec relative à la cartographie et à la protection des plaines inondables contient les normes d'immunisation applicables dans la zone 20-100 ans selon la politique québécoise de la protection des zones inondables. La Société Canadienne d'hypothèques et de logements (SCHL) a également publié un guide sur la construction en zone inondable (voir la bibliographie).

Le tableau 4.3 présente une brève description des mesures d'imperméabilisation les plus couramment utilisées pour les services dans les maisons ainsi que leurs avantages et inconvénients.

L'imperméabilisation peut être complète ou partielle. Par exemple, le rehaussement d'un bâtiment, de telle façon que sa fondation soit complètement au-dessus du niveau de la crue de conception, est une mesure d'imperméabilisation complète.

TECSULT

Tableau 4.3

Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière

Méthodes utilisées pour l'immunisation
contre les inondations des bâtiments

Protection recherchée	Description de la méthode	Avantage	Inconvénient	Commentaires
Électricité	• Élever ou placer dans une enceinte les équipements importants (l'enceinte doit être accessible pour l'entretien). • Circuits électriques à l'épreuve de l'eau pour utilisation sous le niveau d'inondation et circuits individuels pour les équipements de secours (éclairage, pompage).	• Circuits placés au-dessus du niveau d'eau assurée en tout temps. • Relais déclenché automatiquement pour interrompre le courant en cas d'inondation. • S'adapte facilement à de nouveaux bâtiments. • Empêche les pannes dans des câbles cachés par des murs.	• Ne s'adapte pas facilement à des bâtiments existants. • Un peu plus difficile ou coûteux pour l'entretien. • Circuits sous le niveau d'inondation limités à 120 V.	• Meilleures solutions pour immuniser les services électriques. • Le nombre d'équipements électriques non essentiels devrait être réduit au minimum sous le niveau d'inondation.
Mécanique	• Mise en place au-dessus du niveau d'inondation des équipements principaux de chauffage, ventilation, climatisation. • Mise en place dans une enceinte des équipements principaux (l'enceinte doit être accessible pour l'entretien).	• Éliminer les interventions humaines. • S'adapte facilement aux nouvelles constructions. • Bâtiments chauffés à l'eau chaude ou à l'électricité peuvent ne pas être endommagés. • Éliminer les interventions humaines lors d'inondation. • S'adapte à la plupart des bâtiments	• Difficile à implanter dans de vieux bâtiments. • Les conduits de ventilation doivent être drainés après une inondation. • Inconvénients mineurs pour l'entretien et les réparations.	• Meilleure solution pour les équipements mécaniques. • Les matériaux d'isolation rigide doivent être utilisés sous le niveau d'inondation. • Méthode facile et peu coûteuse. • Bâtiments chauffés à l'eau chaude sont moins propices aux dommages résultant des inondations.

TECSULT

Tableau 4.3

Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière

Méthodes utilisées pour l'immunisation
contre les Inondations des bâtiments

Protection recherchée	Description de la méthode	Avantage	Inconvénient	Commentaires
Alimentation en eau et évacuation des eaux d'égout	- Valves anti-retour sur toutes les conduites d'eau potable et d'égout. - Éliminer les drains gravitaires sous le niveau d'inondation et prévoir un système de pompage.	- Empêche le refoulement d'égout en période d'inondation. - Empêche le siphonnage des conduites principales d'eau potable. - S'adapte facilement à toutes les constructions. - Empêche le refoulement d'égout en période d'inondation. - Nécessaire lorsque les valves anti-retour sont prohibées par le code de construction local. - Adaptable à la plupart des bâtiments.	- Valves anti-retour peuvent causer une surpression dans les conduites d'égout. - Nécessite une alimentation électrique permanente et des coûts.	- Les valves automatiques ne sont pas toujours fiables. - Toujours prévoir une valve manuelle de relèvement. - Prévoir une revanche à la charge de refoulement pour les cas de surpression dans l'égout récepteur.
Alimentation en carburant	Valve de fermeture automatique.	- Empêche les feux et les explosions. - S'adapte à tous les bâtiments.	Entretien mineur requis après l'inondation	Mesure de sécurité essentielle.

TECSULT Tableau 4.3 Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière Méthodes utilisées pour l'immunisation contre les inondations des bâtiments				
Protection recherchée	Description de la méthode	Avantage	Inconvénient	Commentaires
Portes et ouvertures	1) Plaque boulonnée en bas de porte. 2) Plaque dans glissières verticales. 3) Porte étanche sur glissières horizontales. 4) Porte étanche à contre-poids dans glissières verticales.	• Peu coûteux (1). • Installé en permanence, système prêt en tout temps (2 à 4).	• Nécessite du temps pour placer et enlever (1). • Coûteux (2 à 4). • Peu esthétique (1). • Nécessite de l'espace pour manoeuvrer (2 à 4). • Entretien périodique (2 à 4).	• Méthodes sécuritaires et adaptables à toutes les bourses et à tous les bâtiments.

Source : Burrel (réf. 19)

Vider le sous-sol et imperméabiliser les services (eau chaude, fournaise, boîte électrique, égout sanitaire) est un exemple de mesure d'imperméabilisation partielle. De telles mesures ne devraient jamais être utilisées pour des bâtiments neufs.

La méthode d'imperméabilisation complète la plus utilisée en Beauce consiste à rehausser le bâtiment de façon à ce que sa fondation soit au-dessus du niveau de la crue. La technique consiste à placer des poutres d'acier à travers les murs de fondation existant sous la maison et à la rehausser au moyen de vérins hydrauliques. Une nouvelle fondation est construite sous la maison. Il est possible de rehausser une maison de 1,2 m à 2,4 m avec cette technique. La structure de la maison doit être évaluée afin de s'assurer qu'elle peut supporter les déplacements différentiels possibles durant l'opération.

Le coût de ces travaux représente en moyenne de 15 à 20% de la valeur de remplacement de la maison (F. Beaulieu, ing., communication personnelle). Ces coûts n'incluent pas l'aménagement paysager.

Cette technique est généralement appropriée lorsque les maisons sont assez distantes les unes des autres. Une comparaison des coûts de construction d'une digue et du rehaussement d'une maison permet de déterminer les conditions où le rehaussement est plus économique. Ainsi le rehaussement d'une maison de 100 000 \$ sur une hauteur de 2 m incluant le terrassement est évalué à 20 000 \$. Ce coût équivaut à la construction d'une digue en terre d'une hauteur de 2 m et d'une longueur de moins de 70 m ou l'équivalent d'un terrain de 17,5 m de côté (superficie de 306 m²). Donc le rehaussement serait plus économique pour les terrains plus grands.

L'endiguement n'empêche pas le rehaussement de la nappe d'eau. Dans le cas de vieilles propriétés, les drains de fondation peuvent être reliés à un puisard à l'intérieur de la maison équipé d'une pompe. Lors d'une inondation, le débit d'infiltration par les drains peut dépasser la capacité de la pompe ce qui entraînera l'inondation du sous-sol. Donc même avec l'endiguement, il peut être nécessaire de procéder à l'imperméabilisation des services à l'intérieur des maisons.

4.5.3 Description des mesures d'endiguement et d'imperméabilisation

4.5.3.1 Généralités

L'étude des mesures d'endiguement et d'imperméabilisation dans les autres villes repose sur l'examen des bâtiments apparaissant sur les cartes du risque d'inondation datant de 1979 et mises à jour en 1993 par les MRC pour y refléter la situation actuelle. Les mesures préconisées dans chaque municipalité sont décrites dans les sections suivantes et sont montrées sur les figures 4.2 à 4.6 inclusivement.

Nous indiquons dans le texte l'imperméabilisation de petites et de grandes maisons. L'expression «petite maison» réfère à ce qui nous apparaît sur les cartes comme des résidences uni-familiales de type bungalow (6 m x 10 m). L'expression «grande maison» réfère alors à ce qui semble être des résidences uni-familiales plus grandes, des résidences multi-familiales, des commerces ou de petites industries.

4.5.3.2 Scott Jonction (figure 4.2)

En aval du pont (km 17,5), le niveau de la crue centennale atteint l'élévation 144,0. Environ une douzaine de propriétés sont touchées le long du ruisseau se jetant dans la rivière Chaudière en rive «est» vis-à-vis le km 17,5. Celles situées du côté nord du ruisseau peuvent être protégées par la construction d'un mur d'une longueur de 120 m et d'une digue de 100 m de longueur d'une hauteur d'environ 3 m. Les quatre maisons du côté sud du ruisseau près de la rivière Chaudière peuvent être imperméabilisées.

Le secteur compris entre ce ruisseau et la voie ferrée est inondé par le refoulement de ses eaux. Il peut être protégé par la construction de digues d'une longueur totale de 188 m et d'un mur de 120 m de longueur au nord du pont. Le niveau de protection recommandé de 144,6 m, correspond à celui du remblai du chemin de fer, celui-ci agissant comme une digue. Trois stations de pompage de grande capacité sont requises pour évacuer l'eau de ce secteur en période de crue. Certains fossés drainant la côte de la route 173 devront être détournés vers le ruisseau de façon à réduire les débits aux stations de pompage aux valeurs résultant des précipitations tombant sur les superficies à protéger uniquement.

Entre les km 18,0 et 18,5, les propriétés, situées entre la rivière et le chemin de fer, sont touchées par la crue centennale de même que celles situées de l'autre côté de la voie ferrée. Ce secteur peut être protégé par la construction de 820 m de digues et de 590 m de murs en béton le long de la rivière, tel que montré sur la figure 4.2. Trois stations de pompage seraient requises dans ce secteur, soit deux de moyenne capacité et une de petite capacité. En amont du km 18,5, les trois propriétés touchées pourraient être imperméabilisées.

4.5.3.3 Taschereau-Fortier

Trente-quatre propriétés sont situées dans la plaine inondable à Taschereau-Fortier, soit quinze petites et dix-neuf grandes. La distance entre ces bâtiments est assez grande de sorte qu'il apparaît plus économique de recourir à des méthodes d'imperméabilisation individuelle des bâtiments à Taschereau-Fortier de même qu'entre cette municipalité et Sainte-Marie pour les propriétés touchées le long des deux rives de la rivière Chaudière.

4.5.3.4 Vallée-Jonction (figure 4.3)

Le niveau d'eau atteint 149,4 m lors de la crue centennale et le niveau de protection est fixé à 149,6 m, soit celui de la voie ferrée, pour ne pas avoir à rehausser celle-ci. Ce niveau de protection correspond à une revanche de l'ordre de 0,20 m, ce qui est inférieur à celle normalement utilisée. À ce niveau, il n'est pas nécessaire de rehausser le remblai de la voie ferrée qui constitue une partie de la digue. Les ponceaux et les ouvertures existantes le long du remblai devraient être modifiés pour assurer la protection requise.

Les propriétés situées en rive «est», le long des rues du Pont, Hébert, du Moulin et le boulevard J.M.-Rousseau, sont touchées par l'inondation provoquée par la crue centennale. Cette partie de la ville peut être protégée par une digue d'une longueur de 570 m.

Environ quarante propriétés situées sur les rives de la rivière Morency, en amont de la voie ferrée, sont touchées par les inondations. Les murs existants doivent

être rehaussés ou reconstruits, selon leur état, sur une longueur de 390 m. La hauteur du rehaussement des murs est d'environ 1,0 à 1,3 m. Deux stations de pompage seraient requises pour évacuer les eaux pluviales en période de crue. Le réseau pluvial le long de la rue principale doit être refait sur une longueur de 300 m, pour que l'écoulement se fasse dans la rivière Chaudière en aval de la rue du Pont.

En rive ouest, seules quelques propriétés semblent partiellement touchées par l'inondation de la crue centennale. Dans ces cas, l'imperméabilisation apparaît comme une mesure plus économique. Il est possible de noter, sur les cartes topographiques au 1:2 000, que plusieurs bâtiments situés près de la rivière sont construits sur des remblais au-dessus de la cote de l'inondation centennale.

4.5.3.5 Saint-Joseph (figures 4.4 et 4.5)

L'examen des cartes topographiques indique que très peu de bâtiments sont touchés par la crue centennale dans cette municipalité. Environ une trentaine de propriétés ont été comptées sur les cartes de 1979, mises à jour par la MRC en 1993. Aucune propriété ne semble touchée en rive ouest. Les travaux de protection comprendraient la construction de digues d'une hauteur de 2,75 m sur une longueur de 220 m et d'une hauteur de moins de 1,5 m sur une longueur de 480 m. Dix-sept bâtiments devraient être imperméabilisés.

Entre Saint-Joseph et Beauceville, peu de propriétés sont touchées par la crue centennale sur les deux rives. Celles qui le sont pourraient être imperméabilisées.

4.5.3.6 Beauceville

Le niveau de protection requis à Beauceville est dicté par le rehaussement du plan d'eau causé par les embâcles de glace (155,0) et non par le niveau de la crue centennale (152,0). En rive «est», la protection de la ville nécessiterait la construction de 960 m de murs en aval du pont et de 1 200 m de murs en amont du pont. Ce mur aurait une hauteur variant de 2,0 à 2,5 m *au-dessus du sol*. Sur la rive «ouest», la rue longeant la rivière devrait être remplacée par une digue d'une hauteur de 2,5 m *au-*

dessus du sol sur une longueur de 600 m entre la rue du Cimetière et le pont. En amont du pont, les propriétés touchées peuvent être imperméabilisés.

L'endiguement à Beauceville n'est pas une solution réaliste car les ouvrages requis sont tellement hauts qu'ils cacheraient entièrement la vue de la rivière. Sur le plan esthétique cette solution est donc inacceptable.

Il est à noter qu'il serait possible de protéger la ville de Beauceville pour des inondations jusqu'à un niveau de 154,0 avec des ouvrages d'une hauteur de moins de 1,5 m. Une telle protection aurait été adéquate contre l'inondation du printemps 1993. Cependant, la période de relevés des niveaux d'eau à la station MENVIQ 023405 de Beauceville est très courte (1963 à 1972 inclusivement). Il est difficile de déterminer à quelle récurrence correspondrait une protection à ce niveau. Il nous apparaît plus sensé de régler le problème des embâcles que d'endiguer la ville à ce niveau.

4.5.3.7 Rivière Gilbert à Notre-Dame-des-Pins (figure 4.6)

Peu de propriétés sont touchées par la crue centennale dont le niveau varie de 157,5 à 159,2 entre la station 042326 du MENVIQ (km 66,38) et l'amont du pont (km 68,6). Un niveau de protection à 159 m en aval et 160 en amont du pont est suggéré.

Près de la rivière Gilbert à Notre-Dame-des-Pins, les trois propriétés touchées peuvent être protégées par la construction de digues d'une hauteur de moins de 1,5 m sur une longueur de 180 m. Quatre propriétés sont touchées par les inondations vis-à-vis de la pointe aval de l'île au Serpent (km 67,37) du côté «est» de la voie ferrée, ces propriétés peuvent être protégées par une digue d'une hauteur de 2,75 m et d'une longueur de 360 m, tel que montré sur la figure 4.6.

4.5.3.8 Saint-Georges

Selon les niveaux d'eau maximum enregistrés, le secteur en rive ouest compris entre la rivière Pozer et la rivière Chaudière a été inondé lors de la crue de 1991. Ce quartier comprend un parc d'environ une vingtaine de maisons mobiles tel qu'observé

sur les photos aériennes de 1985 et la mise à jour par la MRC en 1993. Ces maisons devraient être déplacées hors de la plaine d'inondation ou imperméabilisées en les rehaussant, si nécessaire. Pour les fins de l'estimation des coûts, nous avons considéré un montant d'environ 10 000 \$ par maison mobile pour les travaux éventuels requis.

Sur la rive «est», quelques propriétés situées à une élévation de 164 m le long de la 1^{re} Avenue peuvent être protégées par la construction d'une digue d'une hauteur de 1,5 m sur une longueur de 230 m et le rehaussement de la 1^{re} Avenue d'environ 0,30 m sur une longueur de 150 m. Deux petites stations de pompage seraient requises pour assurer le drainage des terrains indiqués pendant la période d'inondation.

4.5.4 Coûts

Les coûts des travaux d'endiguement et d'imperméabilisation dans les autres villes ont été évalués à partir des prix unitaires déterminés pour les ouvrages prévus à Sainte-Marie. Le tableau 4.4 présente l'estimation budgétaire des coûts pour les quantités de travaux mentionnées précédemment pour chaque municipalité.

L'évaluation précise des coûts pour l'imperméabilisation des propriétés susceptibles d'être touchées par la crue centennale, nécessite de procéder sur place à leur examen. Nous indiquons cependant un ordre de grandeur pour chaque ville à partir des propriétés identifiées sur les cartes et de leur superficie en plan. Les coûts pour les travaux de ré-aménagement des terrains comprennent la réfection des parterres, entrées, trottoirs, etc.

Nous n'avons pas indiqué de coûts pour les travaux d'endiguement à Beauceville parce que cette solution n'est pas acceptable sur le plan esthétique et qu'il apparaît plus rentable d'éliminer les embâcles que de chercher à s'en protéger.

Comme pour les autres solutions étudiées, les coûts pour les frais suivants ne sont pas inclus dans l'estimé budgétaire:

- les coûts des terrains expropriés ou des servitudes;
- les honoraires professionnels;
- les frais de financement intérimaire;
- les taxes (TPS, TVQ).

TECSULT

Tableau 4.4

Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière

Estimation des coûts budgétaires pour la protection contre la crue centennale
par l'endiguement et imperméabilisation dans les villes à l'exception de Sainte-Marie

Article	Description	Unité	Quantité	Coût unitaire	Total	Note
1.0	SCOTT JUNCTION					
1.1	Construction digue (h < 1,5 m)	m.l.	980	250 \$	245 000\$	
1.2	Construction digue (h = 2 m)	m.l.	490	300 \$	147 000\$	
1.3	Construction mur en béton armé	m.l.	830	2 530 \$	2 099 900 \$	
1.4	Station pompage (débit = 1 700 l/s)	unité	3	500 000 \$	1 500 000 \$	
1.5	Station pompage (débit = 1 000 l/s)	unité	2	300 000 \$	600 000 \$	
1.6	Station pompage (débit = 200 l/s)	unité	1	130 000 \$	130 000 \$	
1.7	Imperméabilisation de maisons:					
	• petites (bungalow)	unité	2	20 000 \$	40 000 \$	
	• grandes (multi-familiale, commerce, etc.)	unité	7	40 000 \$	280 000 \$	
1.8	Réaménagement de terrains	M.F.			100 000 \$	
1.9	Mobilisation-démobilisation	M.F.			100 000 \$	
	Sous-total				5 241 900 \$	
	Imprévus (15%)				786 285 \$	
	Total			disons	6 028 185 \$ 6 000 000 \$	

TECSULT						
Tableau 4.4						
Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière						
Estimation des coûts budgétaires pour la protection contre la crue centennale par l'endiguement et Imperméabilisation dans les villes à l'exception de Sainte-Marie						
Article	Description	Unité	Quantité	Coût unitaire	Total	Note
2.0	TASCHEREAU-FORTIER					
2.1	Imperméabilisation de maisons:					
	• petites	unité	14	20 000 \$	300 000 \$	
	• grandes	unité	19	40 000 \$	760 000 \$	
2.2	Aménagement de terrain	M.F.			50 000 \$	
2.3	Mobilisation-démobilisation	M.F.			50 000 \$	
	Sous-total				1 160 000 \$	
	Imprévus (15%)				174 000 \$	
	Total				1 334 000 \$	
				disons	1 350 000 \$	

TECSULT						
Tableau 4.4						
Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière						
Estimation des coûts budgétaires pour la protection contre la crue centennale par l'endiguement et imperméabilisation dans les villes à l'exception de Sainte-Marie						
Article	Description	Unité	Quantité	Coût unitaire	Total	Note
3.0	VALLÉE-JONCTION					
3.1	Construction digue (ha $\leq$ 1,5 m)	m.l.	400	250 \$	100 000 \$	
3.2	Construction digue (h = 2,75 m)	m.l.	170	420 \$	71 400 \$	
3.3	Construction mur en béton armé	m.l.	50	2 530 \$	126 500 \$	
3.4	Rehaussement mur en béton	m.l.	340	1 450 \$	493 000 \$	
3.5	Modification drainage pluvial	M.F.			300 000 \$	
3.6	Station de pompage (débit 1 700 l/s)	unité	2	500 000 \$	1 000 000 \$	
3.7	Imperméabilisation de maisons:					
	• petites	unité	6	20 000 \$	120 000 \$	
	• grandes	unité	0	40 000 \$	0 \$	
3.8	Réaménagement des terrains	M.F.			20 000 \$	
3.9	Mobilisation-démobilisation	M.F.			100 000 \$	
	Sous-total				2 330 900 \$	
	Imprévus (15%)				349 635 \$	
	Total			disons	2 680 535 \$ 2 700 000 \$	

TECSULT

Tableau 4.4

Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière

Estimation des coûts budgétaires pour la protection contre la crue centennale
par l'endiguement et imperméabilisation dans les villes à l'exception de Sainte-Marie

Article	Description	Unité	Quantité	Coût unitaire	Total	Note
4.0	SAINT-JOSEPH					
4.1	Construction de digues ($h \leq 1,5$ m)	m.l.	480	250 \$	120 000 \$	
4.2	Construction de digues ($h = 2,75$)	m.l.	220	420 \$	92 400 \$	
4.3	Imperméabilisation de maisons:					
	• petites	unité	12	20 000 \$	240 000 \$	
	• grandes	unité	5	40 000 \$	200 000 \$	
4.4	Réaménagement de terrains	M.F.			20 000 \$	
4.5	Mobilisation-démobilisation	M.F.			30 000 \$	
	Sous-total				702 400 \$	
	Imprévu (15%)				105 360 \$	
	Total			disons	807 760 \$ 825 000 \$	

TECSULT

Tableau 4.4

Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière

Estimation des coûts budgétaires pour la protection contre la crue centennale
par l'endiguement et imperméabilisation dans les villes à l'exception de Sainte-Marie

Article	Description	Unité	Quantité	Coût unitaire	Total	Note
5.0	NOTRE-DAME-DES-PINS					
5.1	Construction de digues ($h \leq 2,75$ m)	m.l.	360	420 \$	151 200 \$	
5.2	Construction de digues ($h = 1,5$)	m.l.	180	250 \$	45 000 \$	
5.3	Rehaussement de maisons:					
	• petites	unité	2	20 000 \$	40 000 \$	
	• grandes	unité	2	40 000 \$	80 000 \$	
5.4	Réaménagement de terrains	M.F.			10 000 \$	
5.5	Mobilisation-démobilisation	M.F.			10 000 \$	
	Sous-total				336 200 \$	
	Imprévus (15%)				50 430 \$	
	Total			disons	386 630 \$ 400 000 \$	

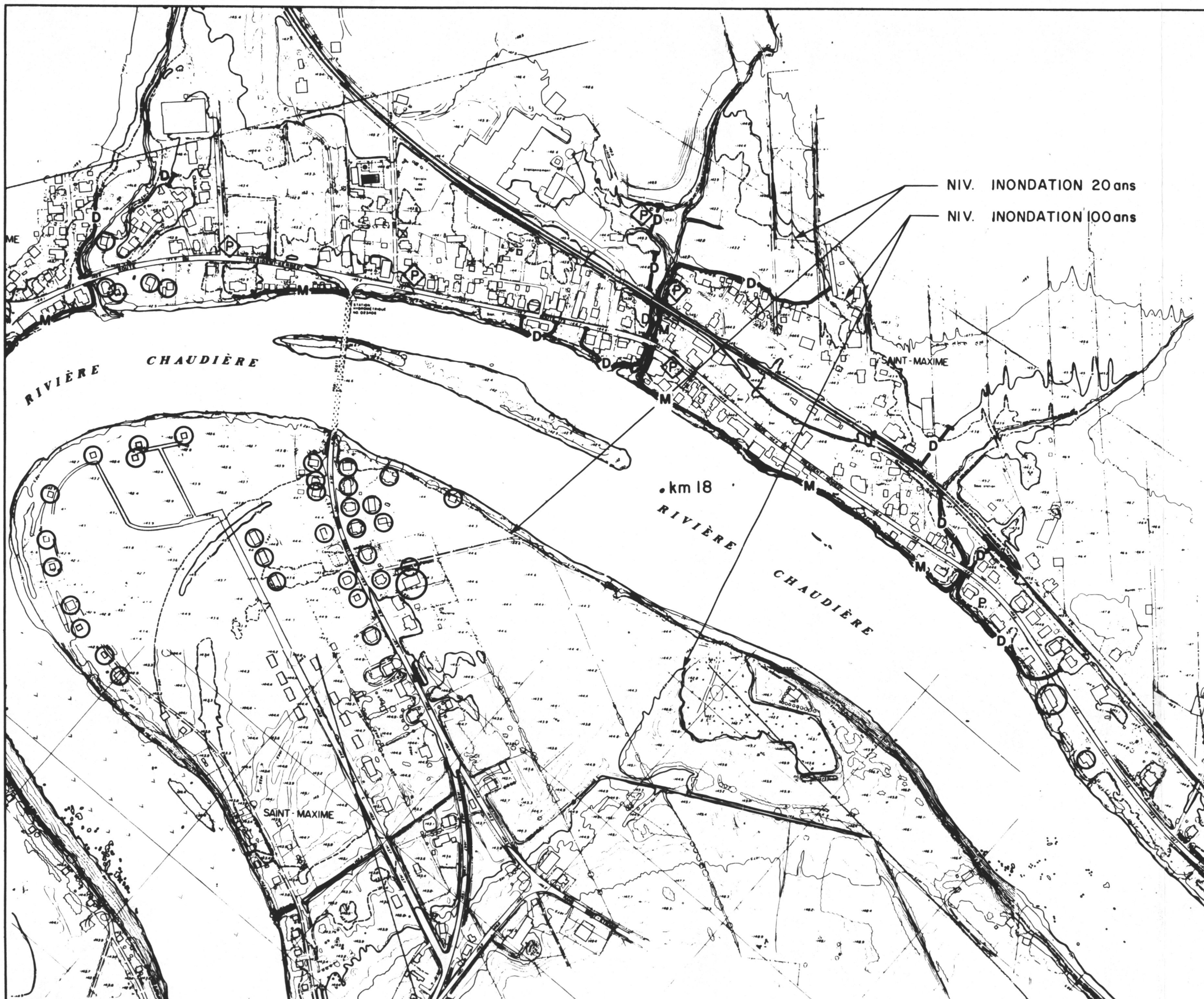
TECSULT

Tableau 4.4

Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière

Estimation des coûts budgétaires pour la protection contre la crue centennale
par l'endiguement et imperméabilisation dans les villes à l'exception de Sainte-Marie

Article	Description	Unité	Quantité	Coût unitaire	Total	Note
6.0	SAINT-GEORGES					
6.1	Construction de digues (h = 1,5 m)	m.l.	230	250 \$	57 500 \$	
6.2	Rehaussement de rue	m.l.	150	450 \$	67 500 \$	
6.3	Station de pompage (débit = 220 l/s)	unité	1	130 000 \$	130 000 \$	
6.4	Imperméabilisation de maisons mobiles	unité	23	10 000 \$	230 000 \$	
6.5	Réaménagement de terrain	M.F.			10 000 \$	
6.6	Mobilisation-démobilisation	M.F.			10 000 \$	
	Sous-total				505 000 \$	
	Imprévus (15%)				75 750 \$	
	Total				580 750 \$	
				disons	600 000 \$	



LÉGENDE

- BÂTIMENT À IMMUNISER
- M— MUR EN BÉTON À CONSTRUIRE
- D— DIGUE EN TERRE À CONSTRUIRE
- ◇ GRANDE STATION DE POMPAGE
- P PETITE STATION DE POMPAGE

NIVEAU DE PROTECTION = 144.6m A 145.0m

RÉF. CARTE DU RISQUE D'INONDATION 1979
FEUILLETS R.I. 2IL 02-020-5146 ET 5147

0 100 m

1 : 5 000

Gouvernement du Québec
Ministère de la Sécurité Publique
Direction Générale de la Sécurité Publique

ÉTUDE DE MODÉLISATION DU BASSIN
VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE

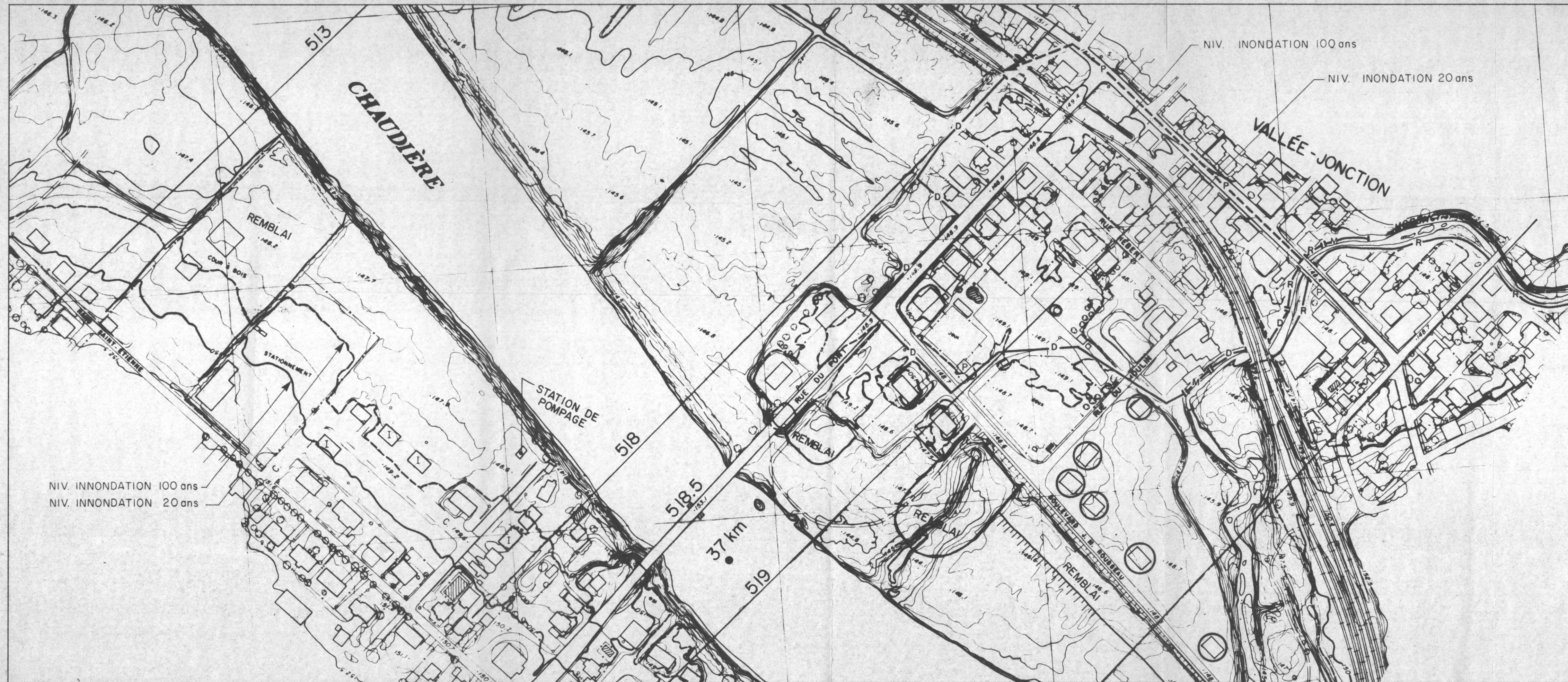
ENDIGUEMENT ET IMPERMÉABILISATION
À SCOTT-JONCTION

DATE: NOVEMBRE 1993

PROJET: 4727

TECSULT

FIGURE 4.2



- LÉGENDE
- BÂTIMENT À IMMUNISER
 - BÂTIMENT CONSTRUIT APRÈS 1985
CONSIDÉRÉ COMME DÉJÀ IMMUNISÉ
 - M— MUR EN BÉTON À CONSTRUIRE
 - D— DIGUE EN TERRE À CONSTRUIRE
 - P--- DRAINAGE PLUVIAL À MODIFIER
 - R— MUR EN BÉTON À REHAUSSER
 - ◇ GRANDE STATION DE POMPAGE
- NIVEAU DE PROTECTION = 149.6m

RÉF. CARTE DU RISQUE D'INONDATION 1979
FEUILLETS R.I. 21L 07-020-5137 ET 5138

0 50 m 1 : 2 000

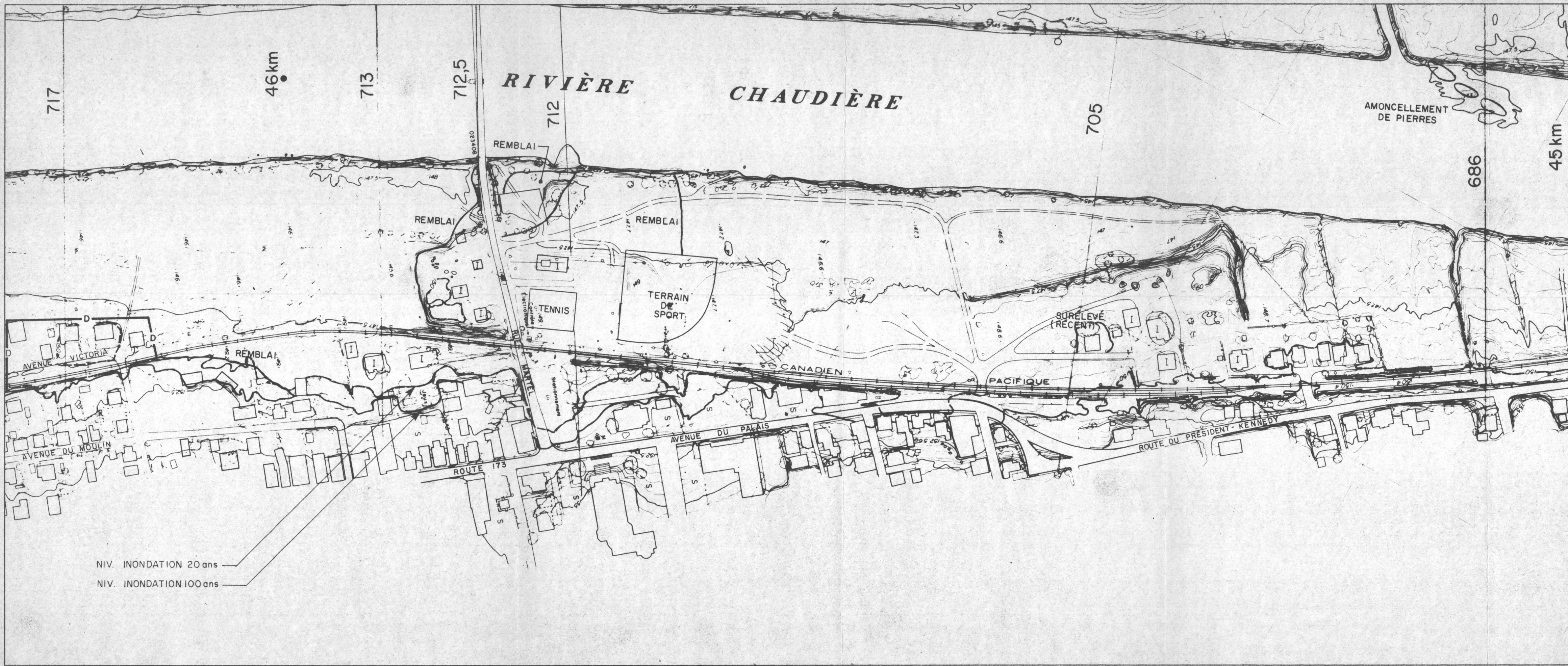
Gouvernement du Québec
Ministère de la Sécurité Publique
Direction Générale de la Sécurité Publique

ÉTUDE DE MODÉLISATION DU BASSIN
VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE

ENDIGUEMENT ET IMPERMÉABILISATION
À VALLÉE-JONCTION

DATE: NOVEMBRE 1993 PROJET: 4727

TECSULT FIGURE 4.3



LÉGENDE

BÂTIMENT À IMMUNISER

DIGUE EN TERRE À CONSTRUIRE

NIVEAU DE PROTECTION = 150.6m

RÉF. CARTE DU RISQUE D'INONDATION 1979
FEUILLET R.1. 21L 07-020-5135

0 50 m 1 : 2 000

Gouvernement du Québec
Ministère de la Sécurité Publique
Direction Générale de la Sécurité Publique

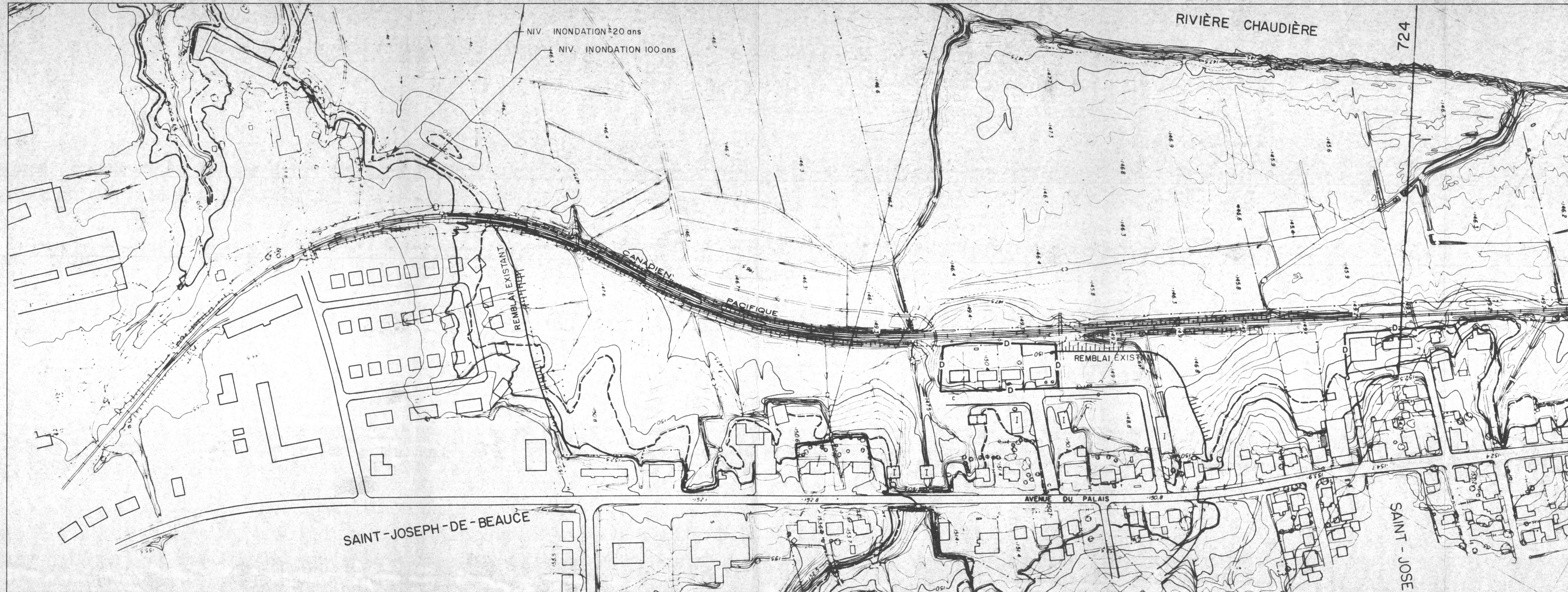
ÉTUDE DE MODÉLISATION DU BASSIN
VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE

ENDIGUEMENT ET IMPERMÉABILISATION
À SAINT-JOSEPH
(PARTIE NORD)

DATE: NOVEMBRE 1993 PROJET: 4727

TECSULT

FIGURE 4.4



LÉGENDE

 BÂTIMENT À IMMUNISER

 DIGUE EN TERRE À CONSTRUIRE

NIVEAU DE PROTECTION = 150.6m

RÉF. CARTE DU RISQUE D'INONDATION 1979
FEUILLET R.1. 21L 07 - 020-5134

0 50 m 1 : 2 000

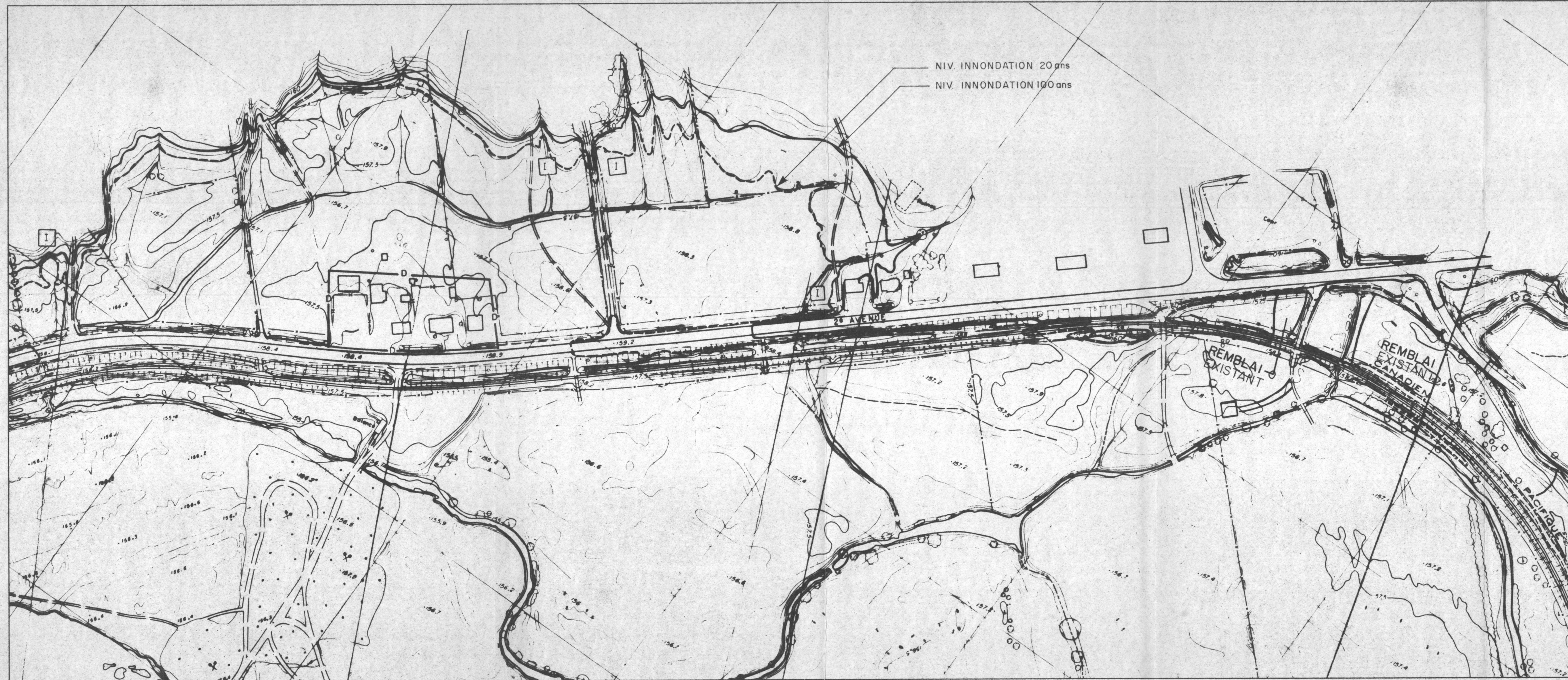
Gouvernement du Québec
Ministère de la Sécurité Publique
Direction Générale de la Sécurité Publique

ÉTUDE DE MODÉLISATION DU BASSIN
VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE

ENDIGUEMENT ET IMPERMÉABILISATION
À SAINT-JOSEPH
(PARTIE SUD)

DATE: NOVEMBRE 1993 PROJET: 4727

TECSULT FIGURE 4.5



LÉGENDE

BÂTIMENT CONSTRUIT APRÈS 1985
CONSIDÉRÉ COMME DÉJÀ IMMUNISÉ

DIGUE EN TERRE À CONSTRUIRE

NIVEAU DE PROTECTION = 158.6m

RÉF. CARTE DU RISQUE D'INONDATION 1979
FEUILLET R.I. 21L02-020-5128

0 50 m 1 : 2 000

Gouvernement du Québec
Ministère de la Sécurité Publique
Direction Générale de la Sécurité Publique

ÉTUDE DE MODÉLISATION DU BASSIN
VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE

ENDIGUEMENT ET IMPERMÉABILISATION
À NOTRE-DAME-DES-PINS

DATE: NOVEMBRE 1993 PROJET: 4727

TECSULT FIGURE 4.6

5

5.0 SOLUTIONS PAR BARRAGE-RÉSERVOIR

5.1 Généralités

La principale conclusion de l'étude des conditions d'écoulement de la rivière Chaudière, énoncée à la section 2.4.2, est que pour réduire de façon significative les inondations il faut, soit augmenter la capacité d'écoulement du chenal principal de 25%, soit diminuer dans la même proportion le débit de pointe lors des crues. Ce chapitre est consacré à l'examen des solutions visant à atteindre ce dernier objectif, par la création de réservoirs sur le bassin versant ainsi que par l'opération de la *retenue* du lac Mégantic.

Le régime hydrologique de la rivière Chaudière est caractérisé par des débits de crue très élevés par rapport à ceux rencontrés sur des bassins versants de même superficie ailleurs au Québec, comme par exemple celui de la rivière Coulonge, mentionné au chapitre 2. Une des raisons de cette situation est certainement l'absence de lacs importants pouvant agir comme réservoirs naturels au printemps pour retenir une partie du débit de crue. Ce chapitre du rapport traite de l'étude de la création de réservoirs sur les tributaires de la rivière Chaudière, pour diminuer les débits en période de crue et par le fait même l'étendue des inondations. Cette étude repose sur la modélisation du bassin versant au moyen du logiciel «SSARR» développé par le «U.S. Corps of Engineers». Ce logiciel permet de calculer les débits partout sur le bassin versant, à partir des précipitations et des températures enregistrées aux stations météorologiques. Il permet aussi de calculer la réduction des débits dans la rivière principale, résultant des volumes d'eau pouvant être emmagasinés dans des réservoirs placés sur ses différents tributaires.

Avant d'aborder les critères et les méthodes utilisés pour déterminer l'emplacement, la taille et l'efficacité des différents réservoirs étudiés, nous examinerons les principes de fonctionnement des réservoirs en vue d'expliquer comment ils peuvent aider à réduire les inondations de la façon la plus efficace possible.

5-2

5.2 Principes de fonctionnement

5.2.1 Définition des types de réservoirs

Les réservoirs sont formés par la construction de barrages sur les cours d'eau. L'eau qui s'accumule derrière le barrage forme la retenue.

Les réservoirs pour le contrôle des inondations sont généralement regroupés en deux catégories:

- les réservoirs d'emmagasinement;
- les bassins de rétention.

Les débits des réservoirs d'emmagasinement, que nous appellerons réservoirs tout court, sont contrôlés par l'ouverture ou la fermeture de *vannes* dans le barrage bloquant les passages d'eau (*pertuis*) selon les décisions prises par l'opérateur. Dans les bassins de rétention, que nous appellerons bassins tout court, les pertuis ne sont pas équipés de mécanismes de fermeture, de sorte que le débit sortant du bassin dépend essentiellement du débit d'entrée et du volume d'eau emmagasiné. Les débits évacués du bassin sont donc fonction des dimensions des pertuis et non des décisions d'un opérateur.

5.2.2 Importance de la localisation d'un réservoir

Tel que mentionné précédemment, la principale fonction d'un réservoir de contrôle des inondations est d'emmagasiner une partie du débit d'une rivière lors d'une crue, de façon à réduire le débit de pointe à un endroit situé en aval qui doit être protégé. La solution idéale est que le réservoir soit situé immédiatement en amont de la zone à protéger et qu'il soit opéré pour «couper» la pointe de la crue. Comme le réservoir est situé très près de la zone à protéger, l'*hydrogramme des débits* à cet endroit est le même que celui à la sortie du réservoir et le débit de pointe est réduit considérablement, tel que montré à la figure 5.1.

Lorsque le réservoir est situé à une distance importante de la zone à protéger et que le bassin versant entre les deux endroits contribue un débit substantiel à la rivière en aval du barrage, celui-ci doit être opéré de façon à réduire le **débit de pointe** vis-à-vis la zone à protéger. Par contre, compte tenu de la distance qui peut séparer le barrage de la zone à protéger, l'hydrogramme des débits à la sortie du barrage peut être très différent de l'hydrogramme près de la zone à protéger.

Souvent, il n'est pas possible d'aménager un réservoir près de la zone à protéger, comme c'est le cas sur le tronçon des eaux mortes de la rivière Chaudière, où il n'est pas envisageable d'aménager un réservoir directement dans sa vallée, puisque nulle part on ne peut rehausser le plan d'eau, sans augmenter les inondations ou sans déplacer la population riveraine. Des emplacements doivent donc être recherchés en amont, sur des tributaires caractérisés par des vallées plus étroites, tel que montré sur la carte des unités de paysage (réf.: 8, figure 3.1-P). Cette situation entraîne une perte d'efficacité, d'une part à cause de la diminution du volume d'emmagasinement, pour une même hauteur de barrage dans des vallées plus étroites, et d'autre part à cause de l'absence de contrôle sur les débits provenant des zones situées entre les réservoirs et la zone à protéger. Dans une telle situation, plusieurs réservoirs peuvent être requis pour assurer la protection des villes situées sur le tronçon des eaux mortes. Dans un premier temps, l'efficacité du système de réservoirs peut être évaluée en calculant le pourcentage du bassin versant total qui est contrôlé par les réservoirs. Plus ce pourcentage est élevé, plus le système de réservoirs sera efficace.

5.2.3 Importance du volume du réservoir

En principe, l'efficacité d'un réservoir pour réduire le débit de pointe augmente avec son volume. Pour un seul réservoir, il est possible de déterminer facilement son volume maximal, qui est la différence entre le débit sécuritaire du chenal et le débit de l'hydrogramme d'entrée dans le réservoir, multipliée par le temps où le réservoir est rempli. Pour un ensemble de réservoirs situés sur plusieurs tributaires, la détermination du volume est plus complexe, car elle doit tenir compte des problèmes d'opération potentiels.

5.2.4 Problèmes d'opération

La règle d'opération du réservoir, montrée sur la figure 5.1, est dictée uniquement par le débit pouvant être transité par le chenal principal de la rivière. Dans le cas où le volume de la crue dépasse le volume du réservoir, l'opération aurait été différente. Dans un tel cas, l'opérateur doit être aidé dans ses décisions par un système de prévision des apports au réservoir. Si le réservoir est situé loin de la zone à protéger, le système doit aussi pouvoir prévoir les débits des tributaires non contrôlés situés en aval du réservoir.

Un réservoir de protection contre les inondations a un potentiel d'efficacité plus élevé lorsqu'il est complètement vide avant la crue. Souvent, il est nécessaire de conserver une partie du *volume utile du réservoir*, pour se protéger contre une deuxième crue survenant quelques jours après une première, tel que montré sur la figure 5.1.

Si la deuxième crue n'a pas été prévue, le réservoir sera plein au moment où elle arrivera, ce qui peut rendre la situation en aval pire que ce qu'elle aurait été sans réservoir. Ceci est dû au fait que la vitesse de déplacement de l'onde de crue est beaucoup plus rapide sur l'eau que sur terre, donc plus rapide sur le plan d'eau d'un réservoir que le long des berges d'une rivière à cause de l'absence de frottement sur l'eau.

Un troisième problème peut survenir, lorsque les débits évacués d'un réservoir dépassent ceux de l'hydrogramme d'entrée et se produisent au même moment que la pointe de débit d'un tributaire non contrôlé. Le débit de pointe résultant à l'aval peut alors être supérieur à celui qui serait survenu sans réservoir. Cette situation se produit généralement sur de très grands bassins versants où le temps de propagation des ondes de crue dans la rivière principale est de plusieurs jours. Cette situation est peu probable sur la Chaudière, car le temps de propagation de l'onde de crue à travers le tronçon des eaux mortes est de moins de trois jours.

5.2.5 Les bassins de rétention

Tel que mentionné, les bassins de rétention sont caractérisés par des pertuis toujours ouverts. Ces bassins commencent à se remplir lorsque le débit entrant dans le bassin est supérieur au débit pouvant passer librement par le pertuis.

Les pertuis sont généralement des vidanges de fond, dont l'effet d'étranglement de l'écoulement augmente avec le niveau d'eau dans le bassin, ce qui contribue à réduire le débit d'une façon plus efficace que l'écoulement par un ***seuil déversant***. Les bassins de rétention doivent cependant être aussi équipés de seuils déversant pour des raisons de sécurité. Les vidanges de fond sont généralement dimensionnées pour évacuer le débit maximum permis à l'aval pour la ***crue de conception*** lorsque le bassin est plein.

Les bassins de rétention sont habituellement utilisés sur de petits tributaires, où les crues sont caractérisées par des temps de montée très courts et où il serait difficile d'opérer des réservoirs d'emménagement de façon efficace (accès difficile ou éloignement trop grand). Comme les pertuis des bassins sont toujours ouverts, ils se vident très rapidement après une crue. Le terrain situé à l'intérieur du bassin n'est donc submergé qu'occasionnellement et pour de courtes durées, de sorte que son propriétaire peut continuer à l'utiliser. En milieu agricole, le terrain situé près de la cote maximale du niveau d'eau sera très peu longtemps submergé de sorte qu'il peut demeurer propice à la culture, alors que celui près de la cote minimale peut servir comme pâturage.

Les bassins de rétention doivent cependant être équipés de vannes pour contrôler l'abaissement du niveau d'eau après une crue, lorsque les berges sont facilement érodables ou si des problèmes potentiels de glissements de terrain existent à cause de la nature des matériaux et de la hauteur des talus.

En pratique, les bassins de rétention sont préférables sur les petits cours d'eau et des réservoirs d'emménagement sur les grands.

Pour notre étude, l'analyse de ces deux types d'ouvrages a été faite au moyen du logiciel SSARR.

5.3 Études antérieures

5.3.1 Étude de la Commission des Eaux Courantes

Pour la rivière Chaudière, les premières études sur les réservoirs ont débuté au lendemain de la terrible inondation d'août 1917. Dans son rapport annuel de 1918, la Commission des Eaux Courantes (CEC) de Québec (réf. 20) présente les résultats des études de l'ingénieur P.-E. Bourbonnais. La CEC avait identifié la construction de réservoirs comme étant la solution à privilégier pour résoudre le problème des inondations de la rivière Chaudière. L'examen de M. Bourbonnais a porté principalement sur la reconnaissance des rivières Famine et Linière, en vue d'y localiser des sites adéquats pour la construction de barrages et la création de réservoirs. Dans sa reconnaissance du terrain, M. Bourbonnais déplorait *«le manque absolu de réservoirs naturels où on pourrait faire l'emmagasinement de l'eau des crues pour prévenir les inondations»*. Trois emplacements possibles furent identifiés sur la rivière Du Loup (Linière) et deux sur la rivière Famine. L'efficacité de ces réservoirs fut déterminée en considérant les conditions qui ont prévalu lors de la crue de 1917, soit le ruissellement de 80% d'une précipitation d'une hauteur de 6 pouces. L'efficacité totale des cinq réservoirs ainsi créés était de 70%, soit 30% pour la Linière et 40% pour la Famine. Ces réservoirs pouvaient donc permettre d'emmagasiner théoriquement 70% du volume de la crue. Ces calculs ne portaient que sur la réduction du débit dans ces rivières et ne tenaient pas compte de l'effet sur la rivière Chaudière. L'étude de la CEC était néanmoins très valable pour l'époque et comprenait un examen détaillé de la topographie, de la géologie et des répercussions sur le milieu de la création de ces réservoirs. Cette étude demeure d'un très grand intérêt, même aujourd'hui, comme il le sera démontré plus loin.

5.3.2 Étude du Ministère des Richesses Naturelles

Au cours des années soixante, le MRN a procédé à une étude exhaustive du problème des inondations de la rivière Chaudière, à laquelle ont participé plusieurs ingénieurs qui ont fait leurs marques au Québec et à l'étranger dans les domaines de l'hydraulique et des glaces. Le rapport R-5 de 1968 (réf. 21) traite des résultats de l'«étude de l'atténuation des crues» au moyen de la construction des barrages

Plamondon et Morissette sur la rivière Famine et d'un site en amont du pont de la route 173 sur la rivière Du Loup (Linière). En plus de la pré-faisabilité technique, cette étude comportait une analyse de rentabilité qui concluait à une diminution de 14 à 36% de la valeur des dommages moyens annuels. Les taux de rentabilité des projets demeuraient cependant très faibles et le rapport bénéfice/coût inférieur à 1. Le rapport mentionnait cependant que la création de réservoirs peut entraîner des bénéfices indirects non considérés dans l'analyse économique. Comme par exemple des développements touristiques et récréatifs et des bénéfices pour les municipalités liés aux recettes foncières générées par ces activités. Sur le plan technique, cette étude préconisait l'emploi de pertuis ouverts pour le contrôle des débits selon le principe de fonctionnement des bassins de rétention expliqué à la section 5.2.5. L'étude de laminage dans les réservoirs avait été effectuée au moyen d'un ordinateur, une première au Québec à l'époque.

5.4 Modélisation du bassin versant

5.4.1 Description du logiciel SSARR

Le «Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation (SSARR) Model» est un logiciel de calcul mis au point par le U.S. Corps of Engineers pour la modélisation hydrologique, la conception et l'opération d'ouvrages hydrauliques pour le contrôle des débits sur les rivières.

Le modèle SSARR est un modèle déterministe permettant, grâce à deux sous-modèles, de:

- reconstituer les débits du cours d'eau à partir des paramètres physiques du bassin versant et des données météorologiques: «Sous-modèle du bassin versant»;
- simuler la propagation des débits dans les tronçons du cours d'eau: «Sous-modèle du système des cours d'eau»;

- simuler la régularisation des réservoirs et des lacs naturels selon les règles de gestion pré-établies au moyen des deux sous-modèles précédents.

L'*algorithme* du modèle est expliqué d'une manière détaillée dans le manuel d'utilisation du SSARR (réf. 22) «Model Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation - U.S. Army Corps of Engineers, North Pacific Division - Draft Reprinted, January 1991». La figure 5.2 représente le logigramme du processus de la modélisation hydrologique du bassin versant par le modèle SSARR.

Le développement du logiciel SSARR a débuté en 1956 et se poursuit encore aujourd'hui. Ce logiciel est le plus utilisé en Amérique du Nord pour la modélisation hydrologique de grands bassins versants. Au Québec, il est utilisé par le Ministère de l'Environnement du Québec (MENVIQ) et Environnement Canada pour la prévision des crues sur le bassin de la rivière des Outaouais et est couramment employé par Hydro-Québec pour l'étude de ses projets hydroélectriques.

5.4.2 Étalonnage du modèle SSARR

5.4.2.1 Généralités

L'objectif de la modélisation hydrologique est de pouvoir simuler fidèlement les crues de printemps, résultant de la fonte du couvert de neige, ainsi que les crues d'été, c'est-à-dire celles qui sont provoquées par des averses importantes en l'absence de couvert de neige. Comme pour le modèle SSARR, il existe treize paramètres à régler, et qu'il y a un manque de données adéquates, certains ont dû être estimés, soit à partir d'études hydrologiques antérieures du bassin de la Chaudière, soit à partir des résultats de simulation faites pour d'autres bassins au Québec.

Le réglage du modèle consiste à *optimiser*, par rapport aux valeurs observées, le volume et le débit de pointe des hydrogrammes reconstitués. Après la *calibration*, il est nécessaire de vérifier les paramètres ajustés avec d'autres hydrogrammes de crue, afin de valider le principe d'*étalonnage*.

Les hydrogrammes de certaines crues de printemps et d'été, observées dans les sous-bassins de la rivière Chaudière, ont été choisis pour l'étalonnage du modèle. Les résultats de simulation ont été analysés en fonction des écarts existants entre les valeurs des *débits* journaliers observées et *reconstituées*. Comme les valeurs observées, obtenues par des stations automatiques, présentent généralement une précision de l'ordre de 5 à 10%, le réglage du modèle par l'ajustement des paramètres devrait être réalisé dans une limite maximale d'écart de l'ordre de 10%.

5.4.2.2 Données du calage

Les données requises pour le modèle sont décrites dans les sections ci-dessous.

a) Données hydro-météorologiques

Les données des débits journaliers disponibles, utilisées pour vérifier les débits reconstitués, proviennent du MENVIQ. Les caractéristiques des stations limnimétriques et des stations météorologiques, d'où proviennent les données journalières de pluie, de neige et de température, sont récapitulées dans le tableau apparaissant au dessin 1.1-P. Ces données permettent de reconstituer les crues de printemps et d'été.

Les données d'évapotranspiration, applicables au bassin versant de la Chaudière, ont été obtenues à partir de stations de mesure situées au Québec (réf.: 23). Le tableau 5.1 donne les taux de l'évapotranspiration en mm/jour en regard de chaque mois.

b) Caractéristiques physiques du bassin

Les caractéristiques physiques du bassin versant sont représentées par les données suivantes:

- la superficie;

TECSULT

Tableau 5.1

Étude de modélisation du bassin versant de la rivière chaudière

Taux mensuels d'évapotranspiration (mm/j)

Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
0	0	0,1	0,6	2,9	3,9	4,2	3,5	2,2	0,6	0,1	0

Note: Ces valeurs pour la zone 1 sont tirées du tableau 2.8 et de la figure 2.3 présentés par Rochette (1988) dans sa thèse de doctorat.

Réf.: Rochette (1988)

- la courbe hypsométrique, qui représente la relation entre le pourcentage de la superficie du bassin et l'altitude;
- l'altitude de la station météorologique.

Les figures B-3.1 à B-3.5 de l'annexe B représentent les courbes hypsométriques des différents sous-bassins de la rivière Chaudière.

5.4.3 Paramètres du modèle et résultats de l'étalonnage

La mise au point du modèle a nécessité les étapes suivantes:

- 1- étalonnage des paramètres par sous-bassins pour les crues d'été (sans neige) et de printemps (avec neige). Les sous-bassins suivants ont été ainsi modélisés:
 - lac Mégantic;
 - rivière Linière;
 - rivière Famine;
 - rivière Saint-Victor;
- 2- étalonnage du modèle d'ensemble pour la crue du printemps 1991 à partir des paramètres retenus pour les sous-bassins. Ajustement des paramètres pour le modèle de la propagation des débits sur le tronçon des eaux mortes et pour la simulation de sous-bassins locaux (i.e.: entre les sous-bassins des grands tributaires modélisés);
- 3- validation du modèle d'ensemble par simulation d'une autre crue de printemps, soit celle de 1974, ajustement final des paramètres;
- 4- utilisation du modèle pour la simulation des réservoirs.

Les valeurs retenues pour les différents paramètres requis ainsi que les résultats de l'étalonnage sont présentés en détails à l'annexe B pour l'ensemble des sous-bassins de la rivière Chaudière.

La figure 5.3 montre la représentation schématique du modèle hydrologique de l'ensemble du bassin.

La fiabilité d'un modèle hydrologique à reproduire des événements observés peut être évaluée au moyen du critère de NASH dont l'équation est (réf. 24):

$$C = \frac{\sum_n (Q_{obsi} - \bar{Q}_{obs})^2 - \sum_n (Q_{obsi} - Q_{calci})^2}{\sum_n (Q_{obsi} - \bar{Q}_{obs})^2}$$

dans laquelle:

- c = critère de Nash
- Q_{obsi} = débit observé le jour « i » (m³/s)
- $\bar{Q}_{obs}$ = débit moyen de la période de « n » jours
- n = durée de la période
- Q_{calci} = débit calculé par le modèle pour le jour « i »

Pour une reproduction parfaite, on aurait C = 1. La valeur de C diminue avec la qualité de la calibration.

Celui-ci a été calculé pour chacun des 14 essais de calibration et les valeurs obtenues sont montrées au tableau 5.2. Ces valeurs varient de 0,70 à 0,97 (à l'exception d'une valeur à 0,55) ce qui est satisfaisant. Le tableau 5.2 présente également les valeurs des débits de pointe observées et simulées pour les crues utilisées pour la calibration.

La figure 5.4 présente les hydrogrammes observés et simulés pour la crue d'avril 1991. Les paramètres obtenus pour la modélisation de cette crue, correspondant à un débit centennal à Saint-Lambert, ont été retenus pour la simulation des réservoirs au moyen du logiciel SSARR.

5.4.4 Utilisation du modèle SSARR pour l'étude des réservoirs

5.4.4.1 Conditions d'utilisation

Le modèle d'ensemble, reproduisant la crue centennale représentée par la crue du printemps 1991, a été utilisé pour simuler l'effet de la création de réservoirs sur le bassin versant.

Ce choix repose sur les considérations suivantes:

- 1- les crues de printemps ont été beaucoup plus fortes que les crues d'été au cours des vingt dernières années (réf.: 8, tableau 7.8);
- 2- la crue de 1991 a atteint un débit centennal mais les conditions qui lui ont donné naissance sont typiques:
 - épaisseur normale du couvert de neige au début mars,
 - fonte lente du couvert en mars,
 - pluie au moment où le couvert de neige a atteint son mûrissement maximal.

Cette crue a été exceptionnelle parce que la hauteur de précipitation a été très forte pendant les trois jours précédant la pointe. À l'exception de la hauteur de pluie, qui a atteint en avril 1991 plus de trois fois celles enregistrées en avril 1993, les autres conditions météorologiques et hydrologiques étaient normales;

- 3- les données météorologiques et hydrologiques sont plus nombreuses et de meilleure qualité pour la crue de 1991;
- 4- le modèle reproduit d'une façon très satisfaisante les débits observés.

Quelques explications doivent cependant être apportées afin de préciser l'emploi du modèle mis au point pour cette étude.

Tableau 5.2

Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière

Critère de NASH, débits de pointe observés et simulés pour la calibration du modèle «SSARR»

Bassin	Date de crue	Type de crue	Coef. (C _N) Nash	Débit pointe observé (Q _{obs}) (m³/s)	Débit pointe simulé (Q _{cal}) (m³/s)	Référence Figure Annexe B
Lac Mégantic	26/3-13/4/87	Printemps	0,76	164,0	158,5	4.1
Lac Mégantic	1/3-30/4/91	Printemps	0,97	170,0	175,5	4.2
Linéaire	8/4-2/5/66	Printemps	0,80	138,0	133,1	4.3
Famine	9/4-25/4/69	Été	0,93	201,7	213,5	4.4
Famine	22/3-7/4/76	Printemps	0,90	206,0	203,7	4.5
Famine	1/3-12/4-91	Printemps	0,89	238,0	219,0	4.6
Famine	9/8-25/8/76	Été	0,90	209,0	152,3	4.7
Famine	25/9-24/10-81	Été	0,70	219,0	213,6	4.8
Saint-Victor	9/4-23/4-91	Printemps	0,82	272,0	272,6	4.9
Saint-Victor	22/8-5/9/71	Été	0,70	249,0	221,3	4.10
Haute Chaudière	26/3-13/4/87	Printemps	0,77	1 090,0	1 034,4	4.11
Haute Chaudière	11-20/11/69	Été	0,55	1 170,0	1 115,7	4.12
Ensemble Chaudière	1/3-30/4/91	Printemps	0,89	2 140,0	2 095,2	5.10
Ensemble Chaudière	10/4-16/5/74	Printemps	0,87	1 680,0	1 696,5	5.11

A- Influence du facteur de pondération des précipitations W_p

Le modèle SSARR prévoit l'emploi d'un facteur de pondération des hauteurs de précipitations ponctuelles, mesurées aux stations météorologiques, pour obtenir la précipitation moyenne sur l'ensemble du bassin versant. La hauteur de précipitation a une influence directe sur le volume de ruissellement et la forme de l'hydrogramme. Les valeurs de ce coefficient, retenues pour la modélisation des différents sous-bassins varient de 100 à 130% tel que montré au tableau B-3.4 de l'annexe B. Pour reproduire l'hydrogramme de la crue d'avril 1991, retenue pour la modélisation des réservoirs, le facteur W_p utilisé est de 130% pour la pluie. Cette valeur est élevée, mais correspond aux valeurs retrouvées pour la modélisation d'autres bassins au Québec (réf.: 25) et aux États-Unis (réf.: 22). En pratique, cette valeur a dû être utilisée parce que peu de données étaient disponibles pour la hauteur de neige au sol et pour la teneur en eau de la neige au sol pendant la période de fonte du couvert. Ces deux dernières données sont importantes pour déterminer le ruissellement provenant de la fonte du couvert de neige à l'aide du sous-modèle «Snow Depletion Curve» du logiciel. Compte tenu du fait que treize paramètres entrent dans la simulation des débits et de la difficulté à ajuster tous ces paramètres, les auteurs du logiciel recommandent d'utiliser en priorité le facteur W_p pour ajuster le volume de la crue simulée avec la valeur observée. L'utilisation d'un facteur de 130% ne veut pas dire que les hauteurs de précipitation mesurées aux stations du MENVIQ sont erronées. Cette valeur est nécessaire pour obtenir le bon ajustement du modèle afin de reproduire de façon satisfaisante la crue du printemps 1991.

B) Crue simulée d'avril 1991

La figure 5.4 montre que le modèle reproduit avec satisfaction la crue d'avril 1991, dont le débit de pointe mesuré à Saint-Lambert correspond à celui de la crue centennale. Des *règles d'opération* ont été imposées dans le modèle, pour contrôler les débits et les niveaux du lac Mégantic de façon à respecter le plus possible les valeurs observées aux stations hydrométriques. En imposant des limites supérieures sur les débits et les niveaux du

lac, le modèle a réagi en respectant les débits mais en conservant le niveau du lac à peu près constant. Devant cette situation, nous avons revu les règles d'opération en imposant seulement les niveaux observés lors de la crue. Normalement, les enregistrements de niveaux sont très fiables et le modèle a calculé les débits sortant du lac Mégantic en respectant la courbe de remplissage et l'effet de laminage. Le débit de pointe simulé à Saint-Lambert a alors diminué à 1990 m³/s comparativement à 2 095 m³/s, tel que montré au tableau 5.2. Nous pouvons donc conclure que l'opération du lac Mégantic lors de la crue d'avril 1991 a permis de réduire le débit de pointe à Saint-Lambert de 5%, ce qui s'est traduit par des niveaux d'eau à Sainte-Marie plus bas d'environ 0,25 m par rapport à ce qu'ils auraient pu être sans la présence du barrage de Mégantic.

C) Modification du facteur Wp pour l'étude des petits réservoirs

Lors des discussions tenues avec les ingénieurs du MENVIQ au cours de la préparation du modèle, ceux-ci nous ont mentionné que l'utilisation d'une valeur de Wp de 130%, pour majorer la hauteur de précipitation, pouvait entraîner le sur-dimensionnement des réservoirs. Cette crainte vise surtout les réservoirs sur les petits tributaires, où la majoration des apports peut amener à concevoir un réservoir trop grand qui en pratique ne se remplirait jamais. Pour cette raison, le facteur Wp a été ramené à 115% pour l'étude des réservoirs sur les petits tributaires. D'autres modifications ont également été apportées au modèle pour faciliter la simulation, tel qu'il sera montré à la section 5.5.3. Le débit de pointe simulé à Saint-Lambert pour la crue du printemps 1991 est alors de 1 820 m³/s au lieu de 1 990 m³/s. En pratique, nous pouvons considérer que le modèle pour la simulation des réservoirs sur les petits tributaires est basé sur les données et paramètres reproduisant sensiblement la crue centennale, à défaut de reproduire parfaitement la crue du printemps 1991.

5.4.4.2 Mode d'opération des réservoirs

Les réservoirs sont définis par leur courbe de remplissage, qui détermine le volume cumulé de l'emmagasinement en fonction de l'élévation du plan d'eau. Le

remplissage d'un réservoir est déterminé en imposant les débits sortant en fonction du temps. Comme nous connaissons la date où s'est produit le débit de pointe pour la crue simulée, la règle d'opération recherchée doit permettre d'avoir tous les réservoirs pleins à cette date. En pratique, on procède par essais successifs, en modifiant les débits sortant de façon à obtenir le résultat désiré à plus ou moins une journée près. Tel que mentionné à la section 5.2.4, ce mode d'opération idéal n'est pas facilement réalisable en pratique, parce que l'opérateur ne connaît pas la date où le débit de pointe se produira. Cependant, il est possible, grâce à l'emploi du modèle de simulation comme celui mis au point pour cette étude, de calculer les débits pouvant résulter des prévisions météorologiques à trois ou quatre jours et donc de se rapprocher du mode d'opération idéal.

5.5 Solutions étudiées

5.5.1 Généralités

Plus d'une trentaine de solutions de réservoirs ont été simulées avec le modèle. Ces solutions ont été regroupées en trois catégories, soit:

- a) les réservoirs situés sur les grands tributaires : les cas étudiés comprennent les réservoirs Plamondon, Morissette et Linière au pont, étudiés par le MRN en 1968, ainsi que d'autre réservoirs situés sur la Saint-Victor et la Haute-Chaudière;
- b) les réservoirs situés sur les petits tributaires : quelques cas ont été étudiés pour déterminer l'effet possible de la création de réservoirs plus petits, sur les tributaires drainant des sous-bassins de superficie moyenne (50-150 km²) tel que suggéré au rapport d'étape 1;
- c) utilisation de la retenue du lac Mégantic: les termes de référence demandaient de revoir les modalités d'opération du barrage du lac Mégantic et d'examiner la possibilité d'un contrôle additionnel en augmentant la réserve disponible. Quelques simulations ont été effectuées pour analyser l'effet de différents scénarios d'utilisation de la retenue du lac Mégantic.

Nous présentons dans les sections suivantes les résultats les plus intéressants, obtenus pour chaque catégorie de solutions ainsi que la solution de barrage réservoir retenue pour atteindre l'objectif de réduction des inondations en eau libre sur le tronçon des eaux mortes. L'identification des répercussions sur le milieu et l'estimation des coûts sont présentées pour la solution retenue. Tel que mentionné à la section 2.4.2, la solution retenue est celle qui doit permettre de réduire les débits de crue d'environ 25%. De cette façon, le débit de la crue vicennale peut s'écouler à l'intérieur du chenal principal de la rivière et l'étendue de l'inondation de la crue centennale est réduite à celle de la crue vicennale à Sainte-Marie.

5.5.2 Réservoirs sur les grands tributaires

Le logiciel SSARR permet de déterminer les hydrogrammes de débits à l'endroit des principales villes le long de la rivière Chaudière. Il permet donc de simuler la réduction de débit due à l'emménagement dans des réservoirs placés sur n'importe quel grand tributaire. L'efficacité hydraulique des réservoirs est exprimée en terme de réduction en pourcentage du débit de pointe au droit des principales villes. En utilisant les relations débit-niveau montrées sur les figures 2.4 et 2.5, il est possible d'y déterminer l'abaissement du niveau d'eau consécutif à l'aménagement de ces réservoirs.

L'analyse a débuté en simulant des réservoirs fictifs de différents volumes sur chacun des principaux tributaires. Dans un premier temps, nous n'avons pas cherché à savoir si techniquement il était possible de placer ces réservoirs sur ces tributaires. Cette analyse a démontré que le réservoir le plus efficace pour réduire les inondations de la crue centennale a un volume de 100 M m³⁽⁶⁾ et il est placé sur la rivière Chaudière, immédiatement en aval du Bras Saint-Victor. Un tel réservoir permet d'atteindre l'objectif fixé d'une réduction du débit de 25% à Sainte-Marie et une baisse du niveau d'eau de l'ordre de 1 m pour la crue centennale. Malheureusement, il est impossible d'implanter un tel réservoir sur la rivière Chaudière, puisque nulle part on ne peut rehausser le plan d'eau, sans augmenter les inondations ou sans déplacer la population.

Cette analyse a également démontré que les réservoirs sont les plus efficaces lorsque situés près de l'embouchure des principaux tributaires dans la rivière

⁶ M = millions

Chaudière, de façon à contrôler la plus grande superficie possible de leur bassin versant respectif.

Dans un second temps, nous avons procédé à un examen minutieux des cartes topographiques au 1:50 000 et au 1:20 000, afin de localiser des emplacements possibles pour la création de réservoirs. Les critères utilisés pour sélectionner ces emplacements sont les suivants :

- critères techniques

- 1- pour un tributaire donné, être localisé le plus près possible de sa confluence avec la rivière Chaudière;
- 2- une section en travers assez réduite dans l'axe du barrage afin de minimiser les coûts de construction;
- 3- localisation au droit d'un rapide dans la rivière ce qui indique la présence possible de roc, donc des fondations adéquates;
- 4- des routes à proximité pour faciliter l'accès;

- critères socio-économiques

- 1- absence de villages ou d'agglomérations pouvant être inondés par le réservoir;
- 2- faible présence d'infrastructures (routes, voie ferrée, etc.) ou de terrains utilisés à des fins économiques (agriculture, exploitation des ressources, etc.) à l'intérieur de la retenue.

L'examen des cartes, à la lumière des critères énoncés ci-haut, nous a permis de constater que le nombre d'endroits propices à l'implantation de réservoirs, sur les grands tributaires de la rivière Chaudière, pouvait se compter sur les doigts d'une seule main. Parmi les sites possibles, on retrouve les trois étudiés dans les années soixante par le MRN, soit:

- les sites Plamondon et Morissette sur la rivière Famine identifiés en 1918 par la CEC;
- le site situé à 300 m en amont du pont de la route 173 sur la rivière Linière identifié par le MRN en 1968.

La figure 5.5-P montre l'emplacement et le territoire submergé par ces trois réservoirs.

Il est absolument essentiel de placer un réservoir sur la Haute-Chaudière, à cause de l'importance des débits provenant de ce sous-bassin. À cet effet, nous avons étudié l'augmentation de la réserve du lac Mégantic et l'implantation d'un nouveau réservoir sur ce tronçon de la rivière. L'examen de la réserve du lac Mégantic fait l'objet de la section 5.5.4. Un emplacement répondant aux critères a été identifié à l'aval de la confluence de la rivière Nebnellis.

Le tableau 5.3 présente l'efficacité hydraulique, en terme d'abaissement des débits et des niveaux d'eau, obtenu pour les cas simulés les plus intéressants. Le tableau indique la capacité d'emménagement totale utilisée. La figure 5.6 montre le schéma du modèle de simulation pour les cas 27 et 27A.

Les paragraphes qui suivent présentent plus en détails les différents cas simulés et les résultats d'efficacité hydraulique obtenus.

Cas 3

Il s'agit des trois réservoirs étudiés par le MRN en 1968 (réf. 21). La réduction du débit de pointe de la crue centennale varie de 8% à 12% entre Sainte-Marie et Saint-Georges. L'abaissement du niveau d'eau n'est que de 0,28 m à Sainte-Marie ce qui est nettement insuffisant pour y réduire les dommages de façon significative.

Tableau 5.3

ÉTUDE DE MODÉLISATION HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE
RÉSULTATS DES SIMULATIONS – RÉSERVOIRS SUR LES GRANDS TRIBUTAIRES
Diminution des débits de pointe et abaissement des niveaux d'eau
pour Ste-Marie, St-Joseph et St-Georges

	CAS 3		CAS 7		CAS 21		CAS 24		CAS 26		CAS 27		CAS 27-A	
	Réservoir	Volume utile	Réservoir	Volume utile	Réservoir	Volume utile	Réservoir	Volume utile	Réservoir	Volume utile	Réservoir	Volume utile	Réservoir	Volume utile
	Mégantic Linère Morisset Piamondon	38.9 x 10 ⁶ m ³ 15.3 x 10 ⁶ m ³ 44.4 x 10 ⁶ m ³ 9.6 x 10 ⁶ m ³	Mégantic St-Victor	68.1 x 10 ⁶ m ³ 90.0 x 10 ⁶ m ³	Mégantic Fictif (amont de St-Joseph)	38.9 x 10 ⁶ m ³ 100.0 x 10 ⁶ m ³	Mégantic Fictif (aval de Mégantic)	38.9 x 10 ⁶ m ³ 100.0 x 10 ⁶ m ³	Mégantic Linère Morisset Piamondon Nebnellis	38.9 x 10 ⁶ m ³ 33.0 x 10 ⁶ m ³ 44.4 x 10 ⁶ m ³ 9.6 x 10 ⁶ m ³	Mégantic Linère Morisset Piamondon Nebnellis	38.9 x 10 ⁶ m ³ 33.0 x 10 ⁶ m ³ 44.4 x 10 ⁶ m ³ 9.6 x 10 ⁶ m ³ 100.0 x 10 ⁶ m ³	Mégantic Linère Morisset Piamondon Nebnellis	38.9 x 10 ⁶ m ³ 33.0 x 10 ⁶ m ³ 44.4 x 10 ⁶ m ³ 9.6 x 10 ⁶ m ³ 70.0 x 10 ⁶ m ³
Ste-Marie	Débit avant :	1890 m ³ /s	Débit avant :	1890 m ³ /s	Débit avant :	1890 m ³ /s	Débit avant :	1890 m ³ /s	Débit avant :	1890 m ³ /s	Débit avant :	1890 m ³ /s	Débit avant :	1890 m ³ /s
	Débit après :	1830 m ³ /s	Débit après :	1853 m ³ /s	Débit après :	1504 m ³ /s	Débit après :	1778 m ³ /s	Débit après :	1781 m ³ /s	Débit après :	1584 m ³ /s	Débit après :	1584 m ³ /s
	ΔQ :	8.0 %	ΔQ :	6.9 %	ΔQ :	24.4 %	ΔQ :	10.7 %	ΔQ :	10.5 %	ΔQ :	20.4 %	ΔQ :	20.4 %
	Él. avant :	147.233 m	Él. avant :	147.233 m	Él. avant :	147.233 m	Él. avant :	147.233 m	Él. avant :	147.233 m	Él. avant :	147.233 m	Él. avant :	147.233 m
	Él. après :	146.953 m	Él. après :	146.993 m	Él. après :	146.260 m	Él. après :	146.662 m	Él. après :	146.667 m	Él. après :	146.522 m	Él. après :	146.522 m
	ΔEI :	0.280 m	ΔEI :	0.240 m	ΔEI :	0.973 m	ΔEI :	0.371 m	ΔEI :	0.366 m	ΔEI :	0.711 m	ΔEI :	0.711 m
St-Joseph	Débit avant :	1740 m ³ /s	Débit avant :	1740 m ³ /s	Débit avant :	1740 m ³ /s	Débit avant :	1740 m ³ /s	Débit avant :	1740 m ³ /s	Débit avant :	1740 m ³ /s	Débit avant :	1740 m ³ /s
	Débit après :	1560 m ³ /s	Débit après :	1580 m ³ /s	Débit après :	1270 m ³ /s	Débit après :	1500 m ³ /s	Débit après :	1500 m ³ /s	Débit après :	1270 m ³ /s	Débit après :	1270 m ³ /s
	ΔQ :	10.3 %	ΔQ :	9.2 %	ΔQ :	27.0 %	ΔQ :	13.8 %	ΔQ :	13.8 %	ΔQ :	27.0 %	ΔQ :	27.0 %
	Él. avant :	150.100 m	Él. avant :	150.100 m	Él. avant :	150.100 m	Él. avant :	150.100 m	Él. avant :	150.100 m	Él. avant :	150.100 m	Él. avant :	150.100 m
	Él. après :	148.626 m	Él. après :	148.679 m	Él. après :	148.849 m	Él. après :	148.465 m	Él. après :	148.465 m	Él. après :	148.849 m	Él. après :	148.849 m
	ΔEI :	0.474 m	ΔEI :	0.421 m	ΔEI :	1.251 m	ΔEI :	0.635 m	ΔEI :	0.635 m	ΔEI :	1.251 m	ΔEI :	1.251 m
St-Georges	Débit avant :	1500 m ³ /s	Débit avant :	1500 m ³ /s	Débit avant :	1500 m ³ /s	Débit avant :	1500 m ³ /s	Débit avant :	1500 m ³ /s	Débit avant :	1500 m ³ /s	Débit avant :	1500 m ³ /s
	Débit après :	1320 m ³ /s	Débit après :	1447 m ³ /s	Débit après :	1500 m ³ /s	Débit après :	1255 m ³ /s	Débit après :	1255 m ³ /s	Débit après :	1025 m ³ /s	Débit après :	1025 m ³ /s
	ΔQ :	12.0 %	ΔQ :	3.5 %	ΔQ :	0.0 %	ΔQ :	16.3 %	ΔQ :	16.3 %	ΔQ :	31.7 %	ΔQ :	31.7 %
	Él. avant :	164.300 m	Él. avant :	164.300 m	Él. avant :	164.300 m	Él. avant :	164.300 m	Él. avant :	164.300 m	Él. avant :	164.300 m	Él. avant :	164.300 m
	Él. après :	164.030 m	Él. après :	164.221 m	Él. après :	164.300 m	Él. après :	163.993 m	Él. après :	163.993 m	Él. après :	163.588 m	Él. après :	163.588 m
	ΔEI :	0.270 m	ΔEI :	0.079 m	ΔEI :	0.000 m	ΔEI :	0.307 m	ΔEI :	0.307 m	ΔEI :	0.712 m	ΔEI :	0.712 m

Cas 24

Il s'agit de l'implantation du réservoir Nebnellis de 100 M m³ en aval du lac Mégantic. La réduction du débit de pointe varie de 10,7% à 16,3% entre Sainte-Marie et Saint-Georges. L'abaissement du niveau d'eau à Sainte-Marie atteint 0,37 m ce qui demeure insuffisant.

Cas 26

L'examen des cartes montre qu'il est possible de rehausser de 10 m le niveau du barrage projeté par le MRN en 1968 sur la rivière Linière en amont du pont de la route 173, et ce, sans causer de répercussions irrémediables sur le milieu. La réserve utile de ce réservoir double alors à 33 M m³. La même efficacité hydraulique que pour le cas 24 est obtenue.

Cas 27 et 27A

Le cas 27 résulte de la combinaison des cas 24 et 26, soit l'implantation de quatre réservoirs sur les trois principaux tributaires de la rivière Chaudière. Leur emplacement est montré sur la figure 5.5-P. Le cas 27A est pour le réservoir Nebnellis à un volume de 70 M m³, plutôt que 100 M m³ pour le cas 27. La réduction du débit de pointe de la crue centennale obtenue pour ces deux cas varie de 20,4% à 31,7% entre Sainte-Marie et Saint-Georges. L'abaissement du niveau d'eau est de l'ordre de 0,70 m à Sainte-Marie.

Pour ces deux cas, la réduction du débit et l'abaissement conséquent des niveaux d'eau éliminent, à toutes fins pratiques, les inondations en eau libre dans les villes de Scott Jonction, Vallée-Jonction, Saint-Joseph, Notre-Dame-des-Pins et Saint-Georges. À Tachereau-Fortier, seuls quelques bâtiments près de la rivière peuvent encore être légèrement touchés par la crue centennale, alors qu'à Sainte-Marie, l'étendue de l'inondation de cette crue est ramenée à celle de la crue vicennale, tel que montré sur les cartes du risque d'inondation.

5.5.3 Réservoirs sur les petits tributaires

L'aménagement de petits réservoirs a été suggéré au rapport d'étape 1, comme une des solutions possibles au problème des inondations. Cette solution a donc été analysée au moyen du logiciel SSARR, en vue de déterminer son efficacité hydraulique.

Le but recherché par l'étude est de déterminer l'efficacité de réservoirs, d'un volume compris entre 2 et 20 M m³, pouvant être aménagés d'une façon économique sur de plus petits tributaires. Pour les fins de l'analyse hydrologique, ces petits réservoirs sont opérés de la même façon que les grands réservoirs, c'est-à-dire qu'ils doivent être remplis seulement à la date de la pointe de la crue, vis-à-vis la zone à protéger. Le choix de leur emplacement a été basé sur les mêmes critères énoncés précédemment à la section 5.5.2.

La principale difficulté rencontrée dans cette étude a été de trouver des emplacements permettant d'aménager des ouvrages de petites dimensions (longueur, hauteur), sur des tributaires dont la superficie du bassin versant est suffisante pour remplir la retenue. Ainsi, si la superficie du bassin est trop grande par rapport au volume du réservoir, celui-ci se remplira trop rapidement et pourrait être plein avant le moment de la pointe de la crue ce qui peut accentuer les débits en aval. Par contre, si la superficie du bassin versant est trop faible, le réservoir risque de ne pas se remplir au moment où les vannes sont fermées, ce qui implique que le barrage a été construit trop haut et qu'il a coûté trop cher pour le bénéfice qu'il peut apporter.

Nous avons donc procédé à un examen minutieux des cartes topographiques au 1:50 000 et au 1:20 000, pour identifier les emplacements possibles pour des réservoirs sur les petits tributaires. Cet examen nous a démontré que beaucoup de ces petits tributaires dévalant des collines ont des pentes très élevées et sont fortement encaissés. Dans de tels cas, la création d'une retenue de 2 M m³ nécessite la construction d'ouvrages de plusieurs dizaines de mètres de hauteur, dont les coûts peuvent être prohibitifs.

D'autres tributaires sont situés sur des plateaux et présentent des pentes faibles, mais l'aménagement d'un réservoir nécessiterait la construction de digues très

longues et, encore là, trop coûteuses. Finalement, nous avons identifié huit emplacements, dont cinq répondant à nos critères sur les rivières Pozer, Bras Saint-Victor, Du Cinq, Des Plantes et Calway. La figure 5.5-P montre la localisation des réservoirs, l'étendue du bassin versant, le volume et le niveau d'eau maximum de chaque retenue. De façon générale, ces cinq réservoirs offrent des volumes de retenue variant de 4 à 16 M m³ et totalisent près de 50 M m³.

La configuration du modèle de base a dû être modifiée, afin de bien représenter les nouveaux sous-bassins drainés par des tributaires choisis. Le schéma de la figure 5.7 illustre la configuration qui a été utilisée pour la simulation avec le logiciel SSARR. Les données utilisées sont les mêmes, soit celles de la crue du 1^{er} mars au 30 avril 1991. Tel que mentionné précédemment, le remaniement de la configuration de base, ainsi que la réduction des facteurs de pondération des précipitations (Wp) de 130 à 115, ont eu un certain effet sur le débit de pointe calculé par SSARR, qui a été de 1 820 m³/s au lieu de 1 990 m³/s.

Deux simulations ont été effectuées (cas 28 et 29). Chacun des réservoirs a fait l'objet d'une optimisation du débit de sortie, afin d'atteindre l'élévation maximale projetée le jour de la pointe de crue (10 avril 1991). Rappelons que ces réservoirs ont été conçus de façon à minimiser les interventions en matière d'opération et qu'ils sont considérés comme des bassins de rétention plutôt que des réservoirs. L'ouverture des vannes est fixée de façon à obtenir un débit de sortie restreint, ce qui favorise la retenue d'eau pour tout débit supérieur engendré par les apports du bassin versant.

Les résultats obtenus en matière d'efficacité hydraulique, pour l'ensemble des petits réservoirs sont plutôt faibles, si on en juge par les pourcentages montrés au tableau 5.4 On note des diminutions de débit de pointe de 4,4% à Sainte-Marie et Saint-Joseph tandis qu'à Saint-Georges la diminution n'est que de 1,5%.

Globalement, l'efficacité hydraulique des réservoirs sur les petits tributaires est inférieure à celle des réservoirs sur les grands tributaires, si on compare le pourcentage de réduction du débit de pointe à Sainte-Marie par rapport au volume de retenue (exclusion faite du lac Mégantic).

Tableau 5.4

ÉTUDE DE MODÉLISATION HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE
RÉSULTATS DES SIMULATIONS – RÉSERVOIRS SUR LES PETITS TRIBUTAIRES
Diminution des débits de pointe et abaissement des niveaux d'eau
pour Ste-Marie, St-Joseph et St-Georges

	CAS 28		CAS 29	
	Réservoir	Volume utile	Réservoir	Volume utile
	Mégantic	36.9 x 10 ⁶ m ³	Mégantic	36.9 x 10 ⁶ m ³
	Pozer	16.0 x 10 ⁶ m ³	Pozer	16.0 x 10 ⁶ m ³
	Des Plantes	7.4 x 10 ⁶ m ³	Des Plantes	7.4 x 10 ⁶ m ³
	Calway	4.0 x 10 ⁶ m ³	St-Victor	11.9 x 10 ⁶ m ³
	St-Victor	11.9 x 10 ⁶ m ³	Du Cinq	8.0 x 10 ⁶ m ³
	Du Cinq	8.0 x 10 ⁶ m ³		
Ste-Marie	Débit avant :	1820 m ³ /s	Débit avant :	1820 m ³ /s
	Débit après :	1740 m ³ /s	Débit après :	1745 m ³ /s
	ΔQ :	4.4 %	ΔQ :	4.1 %
	Él. avant :	146.935 m	Él. avant :	146.935 m
	Él. après :	146.795 m	Él. après :	146.804 m
	ΔEl :	0.140 m	ΔEl :	0.131 m
St-Joseph	Débit avant :	1560 m ³ /s	Débit avant :	1560 m ³ /s
	Débit après :	1470 m ³ /s	Débit après :	1480 m ³ /s
	ΔQ :	5.8 %	ΔQ :	5.1 %
	Él. avant :	149.644 m	Él. avant :	149.644 m
	Él. après :	149.406 m	Él. après :	149.432 m
	ΔEl :	0.238 m	ΔEl :	0.212 m
St-Georges	Débit avant :	1430 m ³ /s	Débit avant :	1430 m ³ /s
	Débit après :	1410 m ³ /s	Débit après :	1410 m ³ /s
	ΔQ :	1.4 %	ΔQ :	1.4 %
	Él. avant :	164.195 m	Él. avant :	164.195 m
	Él. après :	164.165 m	Él. après :	164.165 m
	ΔEl :	0.030 m	ΔEl :	0.030 m

Il apparaît difficile de localiser plus d'une dizaine de bassins de rétention sur les petits tributaires, dans la gamme de volume compris entre 2 et 20 M m³. L'aménagement de petits réservoirs ne permettrait donc pas d'atteindre l'objectif d'une réduction de 20% à 25% du débit de pointe à Sainte-Marie pour la crue centennale.

Compte tenu de ces résultats, cette solution n'apparaît pas plus avantageuse que la construction de réservoirs sur les grands tributaires.

L'examen des cartes topographiques au 1:20 000 révèle toutefois que les répercussions sur le milieu humain de ces petits réservoirs seraient moindres que celles engendrées par les grands réservoirs; moins de résidences et moins d'infrastructures seraient touchées par la submersion des terrains. Sans avoir procédé à une évaluation détaillée des coûts, l'envergure des ouvrages permet d'estimer le coût des aménagements de petits réservoirs dans une gamme de 1 à 5 millions \$ par réservoir. Le coût total pour l'ensemble de ces cinq réservoirs serait donc inférieur à 25 millions \$.

Tableau 5.5 Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière Comparaison de l'efficacité hydraulique des réservoirs sur les petits tributaires avec ceux sur les grands tributaires		
	Petits tributaires (Cas 28)	Grands tributaires (Cas 27A)
Volume total	47,4 M m ³	157 M m ³
Réduction débit à Sainte-Marie	4,4%	20,4%
Rapport	10,77 M m ³ /%	7,7 M m ³ /%

5.5.4 Utilisation de la retenue du lac Mégantic

L'opération actuelle de la retenue du lac Mégantic permet de réduire les débits de pointe de 5% à Sainte-Marie. Ce résultat a été obtenu en simulant l'opération du lac, selon la variation du plan d'eau observée lors de la crue de 1991 et en simulant l'opération à un niveau du lac constant de 394 m. Le volume utile de la retenue du lac Mégantic est de 36,9 Mm³ entre les cotes 394 m et 395 m lors d'une opération normale, tel que montré sur la figure 5.8.

L'opération de la retenue du lac Mégantic obéit à un plan de gestion basé sur le respect des objectifs suivants:

- laminage des crues sur la Chaudière;
- soutien des étiages;
- satisfaction des riverains du lac;
- soutien du potentiel faunique du lac (truite grise).

Le plan de gestion est constitué d'un ensemble de niveaux et de débits qui varient en fonction des saisons et des contraintes physiques et légales (réf. 26), tel que montré sur la figure 5.8.

Contraintes de niveau

- **Maximum critique** : niveau qui ne peut être dépassé sans risque d'endommager l'ouvrage de contrôle (él.: 396,54 m).
- **Maximum d'exploitation** : niveau marquant la limite légale du droit d'inondation possédé par le MENVIQ (él.: 395,69 m).
- **Minimum d'exploitation** : niveau correspondant à celui de la prise d'eau de la ville de lac Mégantic (él.: 393,60 m).

Contraintes de débit

- **Débit minimum** : 2,5 m³/s.
- **Débit maximum** : 30 m³/s tant qu'il y a risque d'embâcle à Saint-Ludger au début du printemps. 161 m³/s le reste du temps.

Selon les informations obtenues du MENVIQ (réf. 26) le niveau normal du lac a été fixé à 394,72 m, après consultation auprès de la ville de lac Mégantic et du MLCP. Une bande de 0,90 m (3 pi) de part et d'autre de cette élévation a été acceptée par la ville et le MLCP pour le contrôle des crues et des étiages. Avec le temps, il a été constaté qu'une fluctuation de l'ordre de 0,30 m (1 pi) autour du niveau normal permettait

la gestion désirée, en dehors des période de crue, sous la gamme des variations climatiques, en permettant un usage acceptable par les riverains du lac. Une baisse automnale a été convenue avec le MLCP, pour favoriser la frai de la truite grise. Cette baisse automnale impose cependant une limitation à la baisse hivernale, en marquant le niveau minimal possible avant la crue du printemps pour éviter la destruction des alevins.

Nous avons utilisé ce modèle de gestion pour simuler différents scénarios d'opération du lac Mégantic. Dans un premier temps, nous avons analysé l'effet d'éliminer la limitation de 30 m³/s imposée au débit au début du printemps. Les calculs, faits sur la crue de 1991, indiquent que cette contrainte n'a pratiquement aucun effet sur le laminage des débits. En effet, pour la crue de 1991, le départ des glaces à Saint-Ludger a eu lieu vers le 25 mars, alors que les précipitations à l'origine du débit de pointe élevé se sont produites 10 jours plus tard. Il n'y avait donc pas de restrictions significatives sur les débits sortant du lac à la fin de mars.

Le tableau 5.6 présente les résultats de deux simulations effectuées en rehaussant le niveau maximal d'opération à l'élévation 396,7 m, correspondant au niveau maximum critique (cas 22), et en rehaussant le niveau maximal de 0,60 m additionnel, soit à l'élévation 397,3 m (cas 23). Dans les deux cas, le remplissage débute au niveau minimum d'exploitation de 393,6 m. Les résultats obtenus indiquent que la réduction des débits de pointe à Sainte-Marie est négligeable et que l'abaissement des niveaux d'eau y est presque imperceptible. Ces résultats s'expliquent par le fait que le lac Mégantic ne contrôle que 13% de la superficie du bassin versant, ce qui est insuffisant pour assurer une régulation adéquate des crues sur la rivière Chaudière. Ces simulations ont aussi démontré que le volume de retenue requis sur la Haute-Chaudière ne peut être obtenu par le rehaussement du niveau du lac Mégantic. La solution aux inondations ne peut donc résider uniquement dans une modification des règles d'opération de la retenue du lac Mégantic.

5.6 Solution retenue

5.6.1 Généralités

La solution de barrage-réservoir retenue est représentée par le cas 27A indiqué au tableau 5.3. Quatre réservoirs sont requis dans cette solution, soit:

Tableau 5.6

ÉTUDE DE MODÉLISATION HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE
RÉSULTATS DES SIMULATIONS – LAC MÉGANTIC
 Diminution des débits de pointe et abaissement des niveaux d'eau
 pour Ste-Marie, St-Joseph et St-Georges

	CAS 1A		CAS 22		CAS 23	
	Réservoir Mégantic	Volume utile 36.9 x 10 ⁶ m ³	Réservoir Mégantic	Volume utile 58.7 x 10 ⁶ m ³	Réservoir Mégantic	Volume utile 74.8 x 10 ⁶ m ³
Ste-Marie	Débit avant :	1990 m ³ /s	Débit avant :	1990 m ³ /s	Débit avant :	1990 m ³ /s
	Débit après :	--- m ³ /s	Débit après :	1978 m ³ /s	Débit après :	1969 m ³ /s
	ΔQ :	--- %	ΔQ :	0.6 %	ΔQ :	1.1 %
	Él. avant :	147.233 m	Él. avant :	147.233 m	Él. avant :	147.233 m
	Él. après :	--- m	Él. après :	147.212 m	Él. après :	147.196 m
	ΔEI :	--- m	ΔEI :	0.021 m	ΔEI :	0.037 m
St-Joseph	Débit avant :	1740 m ³ /s	Débit avant :	1740 m ³ /s	Débit avant :	1740 m ³ /s
	Débit après :	--- m ³ /s	Débit après :	1710 m ³ /s	Débit après :	1690 m ³ /s
	ΔQ :	--- %	ΔQ :	1.7 %	ΔQ :	2.9 %
	Él. avant :	150.100 m	Él. avant :	150.100 m	Él. avant :	150.100 m
	Él. après :	--- m	Él. après :	150.028 m	Él. après :	149.974 m
	ΔEI :	--- m	ΔEI :	0.072 m	ΔEI :	0.126 m
St-Georges	Débit avant :	1500 m ³ /s	Débit avant :	1500 m ³ /s	Débit avant :	1500 m ³ /s
	Débit après :	--- m ³ /s	Débit après :	1465 m ³ /s	Débit après :	1445 m ³ /s
	ΔQ :	--- %	ΔQ :	2.3 %	ΔQ :	3.7 %
	Él. avant :	164.300 m	Él. avant :	164.300 m	Él. avant :	164.300 m
	Él. après :	--- m	Él. après :	164.248 m	Él. après :	164.218 m
	ΔEI :	--- m	ΔEI :	0.052 m	ΔEI :	0.082 m

- les réservoirs Plamondon et Morissette sur la rivière Famine;
- le réservoir au site près du pont de la route 173 sur la rivière Linière;
- le réservoir Nebnellis situé à 13 km à l'aval du lac Mégantic sur la Haute-Chaudière.

La localisation et les caractéristiques de ces grands réservoirs sont montrées à la figure 5.5-P.

Les figures 5.9 à 5.13 montrent les courbes d'emmagasinement de ces réservoirs et les figures 5.14 et 5.15 montrent l'emplacement et les détails des ouvrages proposés.

Nous présentons dans les dernières sections de ce chapitre les descriptions des ouvrages, des travaux requis pour leur construction ainsi que les répercussions sur le milieu et leurs coûts de construction.

5.6.2 Description des aménagements

5.6.2.1 Concepts utilisés

Dans son étude de 1968, le MRN proposait l'emploi de barrage-voûte en béton et de pertuis sans vanne. Le barrage-voûte est un concept qui présente l'avantage de nécessiter un volume de béton très faible. Il requiert une configuration spéciale des appuis rocheux sur les flans de la vallée. Ce type d'ouvrage n'est pas utilisé au Québec. Pour les fins de l'étude des barrages, qui est au stade de pré-faisabilité, nous avons opté pour des barrages de type gravité en béton. Il s'agit d'un concept de barrage utilisé à plusieurs reprises au Québec au cours des trente dernières années. Les ingénieurs et constructeurs québécois sont familiers avec ce genre d'ouvrages et il est possible d'obtenir des coûts budgétaires basés sur des réalisations très récentes.

Nous avons également opté pour équiper les pertuis de vannes, parce que nous croyons qu'il est important de pouvoir contrôler le taux de vidange des réservoirs, pour éviter des problèmes comme l'érosion des sols ou des glissements de terrain dans des sols saturés. L'emploi de vannes permet aussi de couper le débit au moment

opportun et d'optimiser l'opération des réservoirs. Les dimensions des pertuis ont été normalisées pour utiliser des vannes de fabrication standard.

Les mêmes concepts ont été utilisés pour tous les barrages. Il va de soi que si la construction de barrages-réservoirs s'avère la meilleure solution au problème des inondations, leur conception devra être optimisée pour tenir compte des particularités de chaque site. Cette optimisation pourrait résulter en des économies substantielles.

Le concept général d'aménagement comprend:

- un barrage gravité en béton avec pertuis de fond équipés de vannes motorisées;
- la section centrale du barrage comprend un *déversoir* standard à crête fixe;
- des digues latérales en sable ou en enrochement avec noyau de moraine;
- des murs d'ailles entre les sections en béton et les digues;
- des digues de revanche en sable avec noyau de moraine.

Les données géologiques recueillies lors de l'étape 1 de l'étude indiquent que les matériaux requis pour la construction des digues sont abondants et disponibles à proximité des sites de tous les ouvrages.

5.6.2.2 Localisation des barrages

Les figures 5.14 et 5.15 montrent la localisation et la configuration des barrages proposés.

Les barrages à Plamondon et Morissette Station sont localisés aux endroits proposés par le MRN. L'axe du barrage sur la rivière Linière a été déplacé de 500 m vers l'amont, afin de réduire le volume des digues compte tenu du rehaussement de 10 m proposé pour le réservoir.

L'axe du barrage du réservoir Nebnellis sur la Haute-Chaudière a été choisi pour réduire le volume des digues. Son emplacement est celui qui minimise les

répercussions sur le milieu humain. En aval de l'emplacement choisi, les rives de la rivière sont occupées par des villages, des routes importantes et les terres sont presque entièrement occupées à des fins agricoles. L'emplacement choisi permet également d'obtenir le volume de réserve requis, avec un barrage d'une hauteur et d'une longueur raisonnables.

5.6.2.3 Caractéristiques et fonctionnement des ouvrages

Le tableau de la figure 5.5-P présente les élévations maximales du niveau d'eau, les volumes utiles correspondant et les superficies du bassin versant de la rivière Chaudière contrôlé par les quatre réservoirs proposés sur les grands tributaires, en plus de celui du lac Mégantic. Cette superficie est de 2 705 km², soit 47% de la superficie totale du bassin.

Les nouveaux réservoirs sont normalement vides, les vannes sont ouvertes et l'eau passe par les pertuis ouverts, dont les dimensions permettent le passage de la crue annuelle sans déversement par le seuil. À un débit supérieur, l'eau commence à passer par dessus la crête déversante. Il pourrait s'avérer nécessaire d'augmenter la capacité d'écoulement par les pertuis, pour augmenter la flexibilité d'opération des réservoirs. Une étude plus détaillée sera nécessaire pour vérifier cette hypothèse. La durée de remplissage d'un réservoir dépend du débit d'entrée et du volume du réservoir. Cependant, pour la crue centennale, les réservoirs se remplissent tous en moins d'une semaine. Compte tenu du temps de propagation et du temps de montée très courts des crues sur le bassin de la rivière Chaudière, les réservoirs seront opérés au printemps pour couper le débit de pointe. On peut donc supposer que le temps de remplissage, sera dans presque tous les cas, de moins de deux semaines.

La durée de submersion des terrains dans le réservoir sera dictée principalement par des considérations environnementales. Compte tenu du fait que les crues d'été entraînant des inondations sont très rares, les réservoirs pourraient demeurer remplis de façon à pouvoir servir à d'autres fins, permettant de rentabiliser leur installation. On peut penser ici à la production hydroélectrique, aux activités récréo-touristiques, à l'alimentation en eau potable ou à l'amélioration de la qualité de l'eau de la Chaudière par le soutien des étiages.

Dans un tel cas, il faudrait revoir la capacité d'évacuation par des vannes, afin de s'assurer de pouvoir vider les réservoirs très rapidement en prévision d'une crue. Dans tous les cas, ils doivent être vides pour le 15 mars en prévision de la crue de printemps.

5.6.3 Description des travaux de construction

L'expérience vécue au cours des dernières années, sur les projets de la Baie James, démontre que plusieurs entrepreneurs du Québec sont en mesure de construire chacun des barrages projetés en moins d'une année. Les travaux pourraient débuter par la mobilisation dès la fin de la crue printanière, de façon à pouvoir terminer les ouvrages pour la crue du printemps suivant. Les travaux comprennent les opérations suivantes:

- construction d'une route d'accès;
- déboisement, décapage et préparation des fondations des barrages;
- déboisement des réservoirs (si requis);
- aménagement d'un canal de dérivation en berge à l'abri d'un batardeau et construction des pertuis en béton;
- enlèvement du batardeau et dérivation par le canal et les pertuis;
- construction du barrage en béton et des murs d'aile;
- construction des digues;
- fabrication et installation des vannes;
- aménagement du terrain;
- fermeture du canal de dérivation.

Tous les barrages sont situés à proximité de routes existantes.

Les principales quantités de matériaux entrant dans la construction des ouvrages sont indiquées sur les figures 5.14 et 5.15.

5.6.4 Répercussions sur l'environnement

5.6.4.1 Description du milieu

Identification des zones d'étude

Les zones d'études comprennent la zone des ouvrages ainsi que la zone submergée par les réservoirs. Les zones d'études et les superficies à chaque site sont indiquées ci-après. La figure 5.5-P montre les zones inondées par les réservoirs.

- **Plamondon :** la rivière Famine sur une longueur de 4,5 km en amont de la chute Plamondon et jusqu'au terrain de golf de Saint-Georges. La superficie inondée sur les berges de la rivière Famine est de 187 ha;
- **Morissette :** la rivière Famine entre le pont du rang Saint-Pierre et sur une distance vers l'amont de 8 km. La superficie inondée sur les berges de la rivière Famine et ses tributaires, les rivières Flamand et Veilleux, est de 1 526 ha;
- **Linière :** la rivière du Loup (Linière) entre le pont de la route 173 et sur une distance de 9 km vers l'amont. La superficie inondée sur les berges est de 271 ha;
- **Nebnellis :** la rivière Chaudière, 5 km en amont de la confluence du ruisseau Drolet, et sur une distance de 12 km vers l'amont en direction du lac Mégantic. La superficie inondée sur les berges de la rivière Chaudière et ses tributaires, les rivières Nebnellis et Kokombis, est de 739 ha.

TABLEAU 5. 7

**ÉTUDE DE MODÉLISATION DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE
UTILISATION DES SOLS DANS CHACUN DES RÉSERVOIRS**

	Site Morissette superficie totale = 15.26 km ²		Site Plamondon superficie totale = 1.87 km ²		Site Linière superficie totale = 2.71 km ²		Site Nebnellis superficie totale = 7.39 km ²	
	Superficie (km ²)	Pourcentage	Superficie (km ²)	Pourcentage	Superficie (km ²)	Pourcentage	Superficie (km ²)	Pourcentage
Urbain	0.485	3.18%	0.635	33.95%	0.554	20.49%	0.257	3.49%
Friche	3.817	25.02%	0.537	28.72%	0.292	10.79%	1.077	14.59%
Agricole	0.628	4.11%	0.101	5.42%	0.036	1.34%	0.223	3.02%
Forêt	9.990	65.47%	0.523	27.95%	1.682	62.19%	5.696	77.13%
Milieux humides	0.335	2.19%	0.003	0.17%	0.007	0.25%	0.001	0.02%
Eau	0.004	0.02%	0.071	3.78%	0.133	4.93%	0.130	1.76%

Utilisation des sols

Le tableau 5.7 indique les superficies occupées par les différentes utilisations des sols dans les zones inondées par les réservoirs. Les superficies dans la catégorie «urbain» correspondent à des routes, des voies ferrées, des bâtiments. Aucune agglomération n'est située dans les limites des réservoirs.

Réservoir Linière

Le tronçon de la Linière compris dans la zone d'étude du réservoir Linière est presque complètement déboisé. On y rencontre des terres utilisées pour l'agriculture, la villégiature et le loisir. Les zones indiquées comme forêt sur le tableau 5.7 correspondent à des peuplements d'arbustes et à des îlots forestiers constitués de peuplements mélangés ou feuillus. Sauf pour les algues, la végétation aquatique est presque absente du cours d'eau. Aucune plante rare ou menacée n'est signalée sur le site.

Réservoir Plamondon

Au site projeté du réservoir Plamondon près de l'embouchure de la rivière, celle-ci coule sur des terres en parties déboisées. Les massifs forestiers en place sont surtout constitués de peuplements dominés par les conifères et de jeunes groupements d'essences mélangés. Localisés sur des terrains privés, tous ces peuplements sont susceptibles d'être coupés ou aménagés à des fins sylvicoles. Plusieurs sentiers de randonnées à ski parcourent actuellement cette portion du couloir de la rivière. Selon les données disponibles au MENVIQ, aucune plante rare ou menacée n'a été signalée sur le site. La végétation aquatique serait peu abondante ou même absente sur la majeure partie du cours d'eau.

Réservoir Morissette

Plus en amont de la rivière, au site projeté du barrage Morissette, la végétation forestière est beaucoup plus diversifiée. Les peuplements forestiers ou dominant l'épinette noire occupent la majeure partie du secteur. Les autres peuplements sont principalement constitués de feuillus intolérants mélangés à des résineux. Ces dernières forêts sont jeunes pour la plupart. Les rives de la rivière sont en plusieurs

endroits bordées d'auinaies inondées au printemps ou lors de crues. De par ses écotones variés, la diversité biologique de ce milieu est somme toute assez riche.

Réservoir Nebnellis

La zone d'étude du réservoir Nebnellis est recouverte à 77% de forêt et à 14,6% de friche. Les autres utilisations (urbain, agricole, eau) occupent moins de 9% des terres situées dans les limites du réservoir. La zone occupée par le réservoir est située dans l'unité de paysage 51. Des coupes forestières sont effectuées dans cette zone mais pas dans la zone du réservoir compte tenu des pentes assez abruptes du terrain et de la proximité de la rivière Chaudière.

Nature du lit des rivières

Le fond de la rivière Linière est principalement constitué de sable et de gravier, on y observe aussi des galets. On a longtemps prélevé le sable et le gravier à même le lit de la rivière à des fins de construction routière. Ces dépôts sont en bancs qui changent de forme et de dimensions au gré des courants. La profondeur moyenne de la rivière au site d'étude est de moins de 1,0 m en période de basses eaux et peut atteindre plus de 4 m en période de crue.

Le lit de la rivière Famine au site Plamondon (amont du barrage projeté) est principalement constitué de gravier, de galets et de roches. Au site Morissette (amont du barrage projeté), le substrat de la rivière est aussi formé de roches et galets. A cause de l'érosion qui est importante dans tout le bassin de la rivière, le substrat recueille sables et limons qui se déposent lors de l'accalmie des eaux. La profondeur d'eau à ces deux endroits varie de moins de 1 m en étiage à plus de 4 m en crue.

Le lit de la rivière Chaudière, au site Nebnellis, est recouvert de sable et de gravier avec des cailloux et des blocs. Les vitesses d'écoulement élevées favorisent une bonne ségrégation des matériaux, les fins étant emportés par le courant. Les profondeurs d'écoulement sont semblables à celles sur la Famine et la Linière.

Habitat et faune aquatique

Le seul inventaire ichtyologique disponible pour la rivière Linière a été réalisé en 1965 par le Service de la Faune du Québec (réf. 27). On y a alors dénombré 16 espèces de poissons dominés par les cyprinidés, dont les nasaux, le Meunier à nageoires rouges et le Mulet à cornes. Les chabots et la Lotte constituaient l'essentiel des autres espèces capturées. Concernant la Lotte, sa présence était notée essentiellement sur les parties de la rivière dont le fond était constitué de galets. Enfin, on souligne la présence du Meunier rouge, espèce alors peu abondante sur la rive sud du fleuve dans la région de Québec, de la Barbotte brune et de la Perchaude. L'intérêt sportif des espèces de poissons susceptibles de fréquenter ce tronçon de la rivière est donc très limité. Ce tronçon de rivière offre quelques possibilités pour la frai sur ses fonds graveleux. On doit se référer à la description des poissons de la rivière Chaudière pour la nomenclature des types de frayères potentielles.

Des inventaires réalisés par le MLCP en 1980 à l'aide de seines ont révélé la présence de Ouitouche, de Meunier noir, d'Achigan à petite bouche, de Méné à nageoires rouges, de Meunier noir et de Mulet à cornes dans la partie inférieure de la rivière. En 1993, l'Omble de fontaine a été capturée par des pêches électriques effectuées plus en amont dans la rivière. Ce poisson, de même que la Truite arc-en-ciel feraient d'ailleurs l'objet d'une pêche sportive par les résidents locaux.

L'Omble-de-fontaine fraie généralement en eau froide dans des milieux à faible productivité biologique. Les oeufs sont déposés sur un substrat constitué de gravier ou de roches; la profondeur de l'eau y est le plus souvent inférieure à 1 m. Bien qu'on ignore leur localisation, les sites potentiels de frai dans la rivière Famine et dans la Haute-Chaudière seraient plus importants dans les sections les plus en amont du cours d'eau. Les poissons pourraient toutefois dévaler la rivière pour atteindre des zones de moindre qualité.

Habitat et faune semi-aquatiques et terrestres

Ce sont principalement les rives de la rivière Famine, à la hauteur du barrage projeté de Morissette, qui à cause de leur diversité biologique procurent à la faune le maximum d'habitat. Considérant la nature variée des écotones riverains, la faune

semi-aquatique est présumée abondante et variée. On y observe et chasse à l'occasion le Cerf-de-Virginie, alors que le milieu en général se prête à une utilisation par de nombreuses espèces de mustélidés, du rat-musqué, du renard et coyote, du lièvre, de la perdrix et de nombreux autres oiseaux (canards, passereaux et rapaces).

Milieu humain

La description du milieu humain est faite en considérant les infrastructures, les bâtiments et les entreprises situées dans les limites de chaque réservoir. Le tableau 5.8 dresse la liste de ces éléments du milieu humain à chaque site.

Réservoir Plamondon

On constate la présence de gravières le long de la rivière Famine en amont du barrage Plamondon. À la limite amont du bief du réservoir Plamondon se trouve le terrain de golf de Saint-Georges qui ne serait pas touché par l'exploitation du barrage pour les crues de récurrences inférieures à la crue centennale.

Réservoir Morissette

On retrouve une zone d'exploitation de sable le long de la rivière Veilleux dans le bief du réservoir Morissette de même que quelques terres exploitées pour l'agriculture. Vingt-six bâtiments ont été notés sur les cartes topographiques au 1:20 000 dressés à partir des photos aériennes prises en 1984. Le rang de la Famine et le rang Saint-Joseph sont touchés par le réservoir Morissette respectivement sur des longueurs de 2,5 km et 1,3 km. Des chemins secondaires sont également touchés. Mentionnons également qu'un tronçon de 3,3 km de l'ancienne voie ferrée du Québec Central est présente à l'intérieur du réservoir Morissette. Cette voie ferrée n'est plus en exploitation.

Réservoir Linière

Environ une vingtaine de résidences peuvent être touchés par l'aménagement du réservoir Linière dont 17 sont situées le long d'un tronçon de 1 km de la route Donovan et trois près de la route 173 au droit du ruisseau Patrick.

TABLEAU 5.8

**ÉTUDE DE MODÉLISATION DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE
INFRASTRUCTURES ET BÂTIMENTS EXISTANTS DANS CHACUN DES RÉSERVOIRS**

Infrastructures	Morissette	Plamondon	Linière	Nebnellis
Route secondaire ou locale	14.5 Km	4.0 Km	1.5 Km	4.6 Km
Route principale	1.3 Km	2.8 Km	1.1 Km	2.1 Km
Pont	2 Unités	---	---	5 Unités
Voie ferrée	3.3 Km	---	---	---
Pont ferroviaire	2 Unités	---	---	---
Bâtiment ou résidence	26 Unités	16 Unités	23 Unités	14 Unités

Réservoir Nebnellis

Le réservoir Nebnellis se trouve sur un tronçon peu exploité de la rivière Chaudière. On y dénote la présence de quatorze bâtiments sur les cartes topographiques au 1:20 000 dessinées à partir de photos aériennes prises en 1985. Un tronçon du chemin du barrage d'une longueur de 1,8 km est situé dans le réservoir. Des exploitations agricoles se trouvent en bordure du réservoir près de la municipalité de Frontenac. Aucune entreprise industrielle ou commerciale ne serait touchée par le réservoir.

5.6.4.2 Identification des répercussions sur le milieu relié à la construction des ouvrages

Généralités

Les impacts sont évalués pour les principales composantes des projets, activités ou structures, en fonction des composantes les plus sensibles de l'environnement de chacun des sites. Les impacts potentiels identifiés sont sommairement décrits et évalués au moyen de critères qualitatifs. Cette méthode permet de mettre en évidence les perturbations les plus significatives et de juger de leur sévérité.

L'impact sera qualifié de faible, de moyen ou de fort. Un impact faible est peu dérangeant pour l'écosystème, les composantes du milieu ne sont pas affectées ou ne le sont que légèrement. Dans un tel cas, la superficie affectée est généralement faible et la perturbation est de courte durée. L'intensité de l'impact est moyen lorsque l'on juge que la perturbation affecte de façon significative les composantes du milieu; de même, le fonctionnement de l'écosystème pourra être affecté sans toutefois mettre en péril l'existence même de l'écosystème. Un impact fort est délétère pour l'écosystème. Ce type d'impact détruit une partie importante des composantes de l'écosystème et affecte de façon irréversible son fonctionnement.

**Impacts associés aux activités de chantier et aux travaux
d'excavation du lit des rivières Chaudière, Linière et Famine**

Les travaux de chantier impliquent l'utilisation d'une machinerie lourde (pelles excavatrices, camions de transbordement et bulldozers) en opération dans le lit des rivières, sur les berges ou des chemins d'accès. Ces activités sont des sources de perturbations des milieux aquatiques et riverains. On anticipe des émissions de poussières, une compaction possible des sols sur les berges, le piétinement et le bris de la végétation riveraine par endroit, le dérangement de la faune terrestre, semi-aquatique ou aquatique et la perte temporaire d'habitat.

Aux sites des barrages des projets sur les rivières Linière, Famine et Chaudière, les travaux de construction auront lieu principalement aux sites des barrages. Ils concernent surtout l'excavation et le dynamitage du lit des rivières et le dégagement des abords sur les rives ou les berges immédiates. Des chemins d'accès à ces sites et à divers autres lieux dans les limites de l'emprise des réservoirs seront nécessaires (relocalisation de routes, d'habitations et de diverses autres infrastructures).

La réalisation des travaux nécessiterait l'aménagement de routes d'accès entre les routes existantes et les zones de construction. Celles-ci seraient en général limitées aux emplacements des barrages ainsi qu'à celles des bancs d'emprunt pour le sable, le gravier et le till ainsi qu'aux carrières pour la fabrication de l'enrochement. Les travaux de construction causeraient les répercussions suivantes : bruit, poussière, augmentation de la circulation de véhicules lourds sur les routes principales. Le nombre de résidences à moins de 300 m de chacun des sites, notées sur les cartes au 1:20 000, est indiqué ci-dessous :

- Plamondon : 6 résidences
- Morissette : 19 résidences
- Linière : 4 résidences
- Nebnellis : aucune

Les répercussions négatives des travaux de construction en terme de puissance sur la population à proximité des sites seraient donc très faibles sauf à Morissette Station. À cet endroit les travaux sont très proches du village.

5.6.4.3 Répercussions associées à la création de réservoirs sur les rivières

Milieu biophysique

Sans déblaiement préalable, le remplissage des réservoirs aux cotes d'élévation prévues, durant 30 jours consécutifs au printemps, aura comme conséquence prévisible la mortalité de la majorité de la végétation et le laisser sur place d'importants débris ligneux. Dès lors, la coupe et le déblaiement total de l'emprise de la végétation ligneuse avant le premier remplissage est une nécessité. Les impacts directs les plus importants concernent bien entendu la perte nette de végétation forestière et aussi la transformation par période d'un milieu lothique en un milieu lentique. Des impacts indirects s'ensuivent, tels la perte ou la modification d'habitats stables pour la faune semi-aquatique et terrestre, l'accroissement de l'érosion et du ruissellement, la perte ou la modification d'habitats aquatiques. En contrepartie, d'autres types d'habitats se créeront à partir du nouveau régime des eaux.

Réservoir Linière

Le réservoir de la rivière Linière prendra place dans une vallée étroite localisée entre deux routes. Il occupera une superficie de 271 ha et s'élèvera jusqu'à une altitude de 220 m. L'impact direct dû à l'enlèvement de la végétation est considéré faible compte tenu des superficies concernées et de la valeur écologique. De même, l'impact dû à la perte d'habitats pour la faune semi-aquatique ou terrestre est faible à cause des faibles superficies touchées et du faible potentiel biologique des écosystèmes actuels. L'impact sur les frayères est difficile à déterminer puisque leur localisation et leur importance sont inconnues; le potentiel du milieu est toutefois jugé faible. Enfin, le barrage sera un obstacle physique à la remontée du poisson de la rivière Chaudière vers l'amont de la rivière Linière en période de crue compte tenu des vitesses d'écoulement très élevées dans les pertuis du barrage. À cause du manque d'information, l'impact de ce phénomène, à moyen ou long terme, sur les populations de poissons de la rivière Linière est difficile à cerner. Comme les réservoirs sont normalement vides en dehors des périodes de crue, l'écoulement se fait par les pertuis de fond dont les plus bas sont localisés au niveau du lit naturel de la rivière. Cette ouverture permettra un libre passage aux poissons en dehors des période de crue.

Réservoir Plamondon

Le réservoir créé par le barrage au site Plamondon occupera lui aussi une vallée étroite. La superficie inondée sera d'environ 190 ha, à une élévation approximative de 217 m. La perte de végétation est la cause d'un impact moyen compte tenu surtout de la variété biologique des écosystèmes forestiers en place (peu de peuplements matures). La perte de végétation le long du corridor naturel de la rivière Famine est la cause probable d'impacts variant de faible à modéré pour les habitats de la faune semi-aquatique (barrière à l'immigration). Par contre, l'impact sur la faune terrestre serait mineur compte tenu de la faible superficie en cause et des perturbations actuelles. Le barrage est situé au droit d'un obstacle naturel à la migration des poissons de la rivière Chaudière vers l'amont de la rivière. Sa présence n'apporterait donc pas d'impacts nouveaux en ce sens et les populations de poissons devraient vraisemblablement demeurer les mêmes avant et après le projet sur ces deux tronçons distincts de la rivière Linière. D'autre part, les sites d'alevinage, d'alimentation et de reproduction seront modifiés, principalement au site du réservoir, en amont du barrage. L'impact associé à la modification du milieu est difficile à bien cerner sans inventaire. L'importance de l'impact est toutefois jugée faible à moyenne compte tenu des espèces de poissons en cause et de la qualité de d'autres sites comparables disponibles sur le tronçon supérieur de la rivière.

Réservoir Morissette

Le réservoir au site Morissette s'étale sur un terrain formé des vallées au relief plat des rivières Famine, Veilleux et Flamand. La superficie inondée sera d'environ 1 500 ha, à une élévation approximative de 296 m. La quantité importante de végétation devant être enlevée et sa valeur écologique reliée à la diversité et à la maturité des peuplements, (plus de 40 % des peuplements forestiers dans la classe d'âge de 50 ans), sont la source d'un impact relativement fort. C'est aussi à cause des travaux d'aménagement du réservoir que les impacts sur la faune semi-aquatique, terrestre ou aquatique seront les plus élevés. Bien qu'aucun inventaire ne soit disponible, la configuration actuelle de la végétation indique un milieu au potentiel relativement élevé (moyen à élevé) pour plusieurs espèces de la faune. En effet, la végétation forestière est diversifiée en terme d'âge, d'étagement et de composition; les écotones des milieux humides et secs sont nombreux et au contraste élevé.

Le barrage Morissette sera un obstacle au déplacement du poisson vers l'amont en période de crue, notamment pour l'Omble-de-Fontaine et la Truite-arc-en-ciel, dont les meilleurs sites de frai se situeraient justement en amont du site choisi pour le barrage. Des inventaires permettant de connaître le déplacement des différentes espèces de poissons et l'accès aux aires de reproduction, d'alevinage et d'alimentation sont nécessaires afin de caractériser l'impact. La conversion d'un milieu lentique (système fluvial) en un milieu lotique (système lacustre), pour une période de 30 à 60 jours par année sur 8 km de rivières pourrait à première vue ne pas être considéré comme un impact important pour les poissons. En effet, les frayères lytophiles des ombles et truites seront disponibles à l'automne dans le lit des rivières actuelles et les autres espèces de poissons dont la frai a lieu au printemps pourraient trouver des lieux propices en d'autres endroits du réservoir, ou possiblement sur des aires aménagées à cette fin. Toutefois, des inventaires de sites de reproduction potentiels sont nécessaires afin d'évaluer avec plus de justesse cet impact.

Synthèse

Nul doute que la création des réservoirs produira à court terme des impacts parfois sévères sur la végétation, les habitats et la faune en place. Cependant, il est permis de croire qu'à moyen et long terme la présence des réservoirs sera propice à l'établissement de nouveaux écosystèmes productifs et viables; les nouveaux milieux seront apparentés à la fois à la prairie, l'arbustaie et la forêt riveraines. Le trait principal d'un de ces écosystèmes, la prairie riveraine, sera qu'elle reproduira le cycle naturel des inondations sur des terres basses. Avec un aménagement et une gestion convenable, par exemple le maintien de l'eau dans le réservoir durant au moins 4 semaines, bon nombre d'invertébrés auront le temps de se développer et devenir la base de chaînes trophiques. Les poissons, la faune semi-aquatique et la sauvagine pourront profiter de ces habitats pour s'alimenter et s'y abriter.

Milieu humain

Le principal impact des réservoirs sera la submersion de terrains pendant 2 mois au printemps et occasionnellement à d'autres périodes de l'année au moment des crues. Ces terrains ne seraient donc plus disponibles pour la pratique d'activités économiques comme l'exploitation agricole, forestière ou l'extraction d'agréats (sablière,

gravière). Certaines infrastructures comme des routes et des voies de chemin de fer (inexploitées) seraient également touchées par la submersion. Des bâtiments sont présents dans les limites des réservoirs et le long de leurs pourtours. Nous avons indiqué au tableau 5.8 les quantités des bâtiments et des différentes infrastructures touchées par la création des réservoirs. Les paragraphes qui suivent contiennent une description des répercussions sur le milieu humain de ces projets.

Réservoir Plamondon

Le remplissage annuel du réservoir au moment des crues affecterait l'exploitation de gravières en rive gauche occupant une superficie de 12 ha. Des chemins d'accès sur 4 km seraient aussi touchés. Le rang Famine devrait être relocalisé sur une longueur de 2,8 km. L'emprise de la voie ferrée désaffectée du Québec Central pourrait être utilisée à cette fin parce qu'elle est située en bordure du réservoir. Seize bâtiments, dont possiblement six résidences, devraient être relocalisés en dehors du réservoir.

Réservoir Morissette

L'aménagement du réservoir Morissette nécessite la construction de digues de revanche de moins de 10 m de hauteur totalisant 1 150 m de longueur. Ces digues situées le long des rangs Saint-Pierre et Sainte-Marie permettent de fermer le réservoir et d'empêcher l'inondation de terrains.

La route 204 devrait être rehaussée de 3 m près de la rivière Veilleux sur une longueur de 1,3 km. Selon les niveaux du terrain, le rang Famine devrait être légèrement rehaussé par endroits sur une longueur de 2,5 km. Des chemins de ferme et d'autres routes en terre, totalisant 12 km, seraient submergées pendant la durée du remplissage du réservoir. Environ 3,3 km de voie ferrée sont situées dans le réservoir. Le niveau de la voie est proche de 297 m, de sorte qu'elle serait peu touchée par l'eau du réservoir. Environ vingt-cinq bâtiments sont situés dans les limites du réservoir. Quinze devraient être acquis ou relocalisés et dix pourraient être protégés par imperméabilisation ou endiguement. Une sablière est indiquée sur les cartes au 1:20 000 en amont du pont de la route 204, en rive droite de la rivière Veilleux. L'exploitation de cette sablière devrait être interrompue pendant la durée de remplissage (environ 2 à 3

mois par année). Quatre exploitations agricoles situées en bordure du réservoir pourraient être touchées à cause de la submersion du terrain.

Réservoir Linière

Les cartes topographiques au 1:20 000 indiquent que la route Donovan peut être touchée par l'eau du réservoir sur une longueur de 1,0 km. Selon le niveau de la route et des terrains avoisinants, il pourrait être nécessaire de construire une digue pour protéger treize résidences situées le long de ce tronçon de route. Si le terrain est inférieur à 220, il serait alors nécessaire de relocaliser ces bâtiments. Une dizaine d'autres bâtiments sont situés dans le réservoir et ils devraient être relocalisés. Aucune exploitation agricole ou industrielle n'apparaît sur les cartes dans les limites du réservoir. La route 173 devrait être rehaussée sur une longueur de 100 m à l'endroit du ruisseau Patrick et trois bâtiments devraient être indiqués le long de ce ruisseau.

Réservoir Nebnellis

Le réservoir submergera le chemin du barrage sur une longueur de 1,8 km. Cette route devrait donc être détournée. Il est possible qu'il soit nécessaire de rehausser de 1 à 2 m la route 204 sur une longueur de 250 m à l'endroit de la rivière Nebnellis. Huit bâtiments devraient être relocalisés à l'extérieur du réservoir, dont sept le long du «chemin du barrage». Sept bâtiments situés en bordure du réservoir devraient être imperméabilisés ou endigués le long de la route 204 près de la rivière Nebnellis. Trois exploitations agricoles pourraient être affectées par la submersion temporaire de certains terrains situés le long de cette rivière.

Synthèse des répercussions sur le milieu humain

La création de chacun des réservoirs aurait des répercussions sur le milieu humain à cause de la submersion des terrains. En tout, près de 80 bâtiments dont environ 50 sont des résidences, seraient touchés par la submersion des terrains. Parmi les bâtiments touchés, 48 devraient être acquis ou relocalisés à l'extérieur du réservoir. Les autres sont situés en bordure du réservoir et pourraient être protégés de l'eau par imperméabilisation ou endiguement.

Les répercussions sur les résidents peuvent être considérées comme modérées parce que le nombre de bâtiments et de résidences à relocaliser est relativement peu élevé.

Les répercussions sur l'exploitation des terres submergées peuvent être considérées comme faibles compte tenu du nombre peu élevé de fermes ou d'industries touchées par la création des réservoirs. De plus, comme les terres ne seront pas submergées toute l'année, elles pourraient préserver en partie leur vocation actuelle. Dans ce cas, une signalisation appropriée devrait être prévue au cours des premières années pour indiquer les limites du réservoir.

Les répercussions sur les infrastructures peuvent être considérées comme faibles compte tenu des longueurs assez courtes de routes principales affectées et de la possibilité de remédier facilement à l'impact de la submersion en les rehaussant ou en les déviant. Les répercussions négatives permanentes de la création des réservoirs peuvent toutes être réduites par des mesures remédiatrices. Les coûts de ces mesures n'ont pas été évalués mais peuvent représenter une enveloppe de l'ordre de 10 millions \$. Ces répercussions négatives pourraient être compensées par des retombées économiques positives pour le milieu dans le cas où certains réservoirs seraient utilisés à des fins multiples comme la production hydroélectrique et les activités récréo-touristiques.

5.6.5 Coûts de construction

Les concepts retenus pour le dimensionnement préliminaire des ouvrages, ont été choisis principalement parce qu'ils ont été utilisés fréquemment au Québec au cours des dernières années et que des prix unitaires de construction sont facilement disponibles. Aucun de ces ouvrages n'a été optimisé, puisque ce n'est pas le but d'une étude de pré-faisabilité.

Les coûts ont été regroupés selon les principaux travaux ou ouvrages. Ces coûts incluent les profits et l'administration de l'entrepreneur. Une provision de 15% a été ajoutée pour les imprévus. Les coûts indiqués ne couvrent que la construction des ouvrages et non les coûts pour les frais suivants :

- les coûts des terrains à acquérir d'une façon permanente ou pour une servitude d'inondation;
- les honoraires professionnels;
- les frais de financement intérimaire;
- les coûts reliés aux modifications des infrastructures et aux mesures d'atténuation environnementales;
- les taxes (TPS, TVQ).

Le tableau 5.9 présente le bordereau des quantités et des coûts pour les quatre barrages-réservoirs. Les quantités pour certains travaux sont basés sur l'expérience des concepteurs et pourraient varier de +/- 30%, notamment celles reliées aux fondations des ouvrages (excavation, ancrages, et injection dans le roc). Les coûts pour les travaux de génie civil ont été validés auprès d'un entrepreneur de la région spécialisé dans ce genre d'ouvrages. Les coûts pour les équipements sont basés sur des prix budgétaires obtenus des fabricants.

L'examen de la géologie, à partir des documents existants, indique que les matériaux requis pour la construction des digues sont abondants et disponibles généralement à moins de 2 km du site des ouvrages. Les enrochements proviendront de carrières qui devront être ouvertes à proximité des ouvrages. Le béton est disponible dans la région, de sorte qu'il pourra provenir d'usines existantes à proximité du site des ouvrages.

Les coûts des barrages sont basés sur l'utilisation des techniques conventionnelles de construction faisant appel au coffrage et à de l'armature de peau pour les barrages gravités en béton. L'emploi de la nouvelle technique du béton compacté au rouleau (BCR) pourrait résulter en une économie variant de 7 à 14%, selon les sites, grâce à une réduction des quantités d'acier d'armature et de coffrage pour les barrages-poids en béton.

TABLEAU 5.9

12.01.94

ÉTUDE DE MODÉLISATION DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE
BORDEREAU DES QUANTITÉS ET DES COÛTS DE CONSTRUCTION POUR LES BARRAGES-RÉSERVOIRS

	PLAMONDON			MORRISETTE			LINIÈRE			NEBNELLIS		
Activités	Prix unit.	Quantité	Coût	Prix unit.	Quantité	Coût	Prix unit.	Quantité	Coût	Prix unit.	Quantité	Coût
<u>Travaux de terrassement</u>												
– Préparation du site	250 000\$	1 forfait	250 000\$	250 000\$	1 forfait	250 000\$	500 000\$	1 forfait	500 000\$	500 000\$	1 forfait	500 000\$
– Excavation	75\$	5350 m³	401 250\$	75\$	2310 m³	173 250\$	60\$	10700 m³	642 000\$	60\$	15650 m³	939 000\$
– Remblayage et digue	20\$	44400 m³	888 000\$	20\$	12500 m³	250 000\$	15\$	120000 m³	1 800 000\$	10\$	1195000 m³	11 950 000\$
– Dignes auxiliaires	10\$	0 m³	0\$	10\$	52750 m³	527 500\$	10\$	0 m³	0\$	10\$	0 m³	0\$
<u>Travaux de bétonnage</u>												
– Coffrages	70\$	7900 m²	553 000\$	70\$	4550 m²	318 500\$	70\$	17000 m²	1 190 000\$	70\$	28750 m²	2 012 500\$
– Armatures	1 000\$	740 t.m.	740 000\$	1 000\$	305 t.m.	305 000\$	1 000\$	2110 t.m.	2 110 000\$	1 000\$	3250 t.m.	3 250 000\$
– Accessoires pour béton	25 000\$	1 forfait	25 000\$	25 000\$	1 forfait	25 000\$	50 000\$	1 forfait	50 000\$	50 000\$	1 forfait	50 000\$
– Ancrages	250\$	135 unités	33 750\$	250\$	87 unités	21 750\$	250\$	450 unités	112 500\$	250\$	450 unités	112 500\$
– Bétonnage (incluant finition)	140\$	31700 m³	4 438 000\$	140\$	13200 m³	1 848 000\$	140\$	93500 m³	13 090 000\$	140\$	93600 m³	13 104 000\$
– Injection dans le roc	40 000\$	1 forfait	40 000\$	25 000\$	1 forfait	25 000\$	100 000\$	1 forfait	100 000\$	350 000\$	1 forfait	350 000\$
<u>Métaux</u>												
– Vannes, treuils et moteurs	100 000\$	3 unités	300 000\$	100 000\$	3 unités	300 000\$	100 000\$	5 unités	500 000\$	100 000\$	4 unités	400 000\$
– Passerelles et Garde-corps	1 450\$	25 m.lin.	36 250\$	1 450\$	28 m.lin.	40 600\$	1 450\$	32 m.lin.	46 400\$	1 450\$	32 m.lin.	46 400\$
<u>Électricité</u>												
– Alimentation des moteurs des actuateurs	25 000\$	1 forfait	25 000\$	25 000\$	1 forfait	25 000\$	25 000\$	1 forfait	25 000\$	50 000\$	1 forfait	50 000\$
<u>Mobilisation / Démobilisation</u>	250 000\$	1 forfait	250 000\$	250 000\$	1 forfait	250 000\$	500 000\$	1 forfait	500 000\$	500 000\$	1 forfait	500 000\$
Contingences (15%)			1 197 000\$			653 900\$			3 099 900\$			4 994 800\$
TOTAL			9 180 000\$			5 010 000\$			23 770 000\$			38 290 000\$

5.7 Synthèse des résultats

5.7.1 Efficacité hydraulique (tableau 5.3)

L'efficacité hydraulique d'un système de réservoirs peut être évaluée par la réduction du débit de pointe prévue par l'opération des barrages au moment d'une crue. Cette réduction de débit peut être convertie en réduction de niveaux d'eau sur le tronçon des eaux mortes au moyen des relations débits-niveaux définies au droit de chacune des villes. Le modèle hydrologique du bassin versant de la rivière Chaudière, faisant appel au logiciel SSARR, a été utilisé pour déterminer l'efficacité hydraulique de réservoirs regroupés en trois types de solutions :

- les réservoirs sur les grands tributaires;
- les réservoirs sur les petits tributaires;
- l'opération de la retenue du lac Mégantic.

Les simulations de la crue centennale enregistrée en avril 1991 ont démontré que l'efficacité hydraulique la plus élevée est obtenue pour les solutions du premier type, soit pour les réservoirs sur les grands tributaires. Quatre réservoirs totalisant une réserve utile de 157 M m³ en plus de celle du lac Mégantic de 37 M m³ permettent de réduire le débit de pointe de 20% à Sainte-Marie, ce qui représente une baisse des niveaux d'eau de la crue centennale de 0,71 m. L'étendue de la crue centennale est ainsi réduite à celle de la crue vicennale montrée sur les cartes du risque d'inondation du MENVIQ. L'efficacité hydraulique d'un système de réservoirs diminue généralement avec l'accroissement de la distance séparant les réservoirs de la zone à protéger. Les calculs indiquent que la solution faisant appel à quatre grands réservoirs permet de réduire considérablement l'étendue des inondations dans les villes le long de la rivière Chaudière, tel que montré au tableau 5.10.

5.7.2 Répercussions sur l'environnement

Les répercussions sur l'environnement de la mise en place de réservoirs sur les grands tributaires sont considérées faibles, tant sur le milieu humain que sur le milieu biophysique pour les réservoirs Nebnellis, Plamondon et Linière. Cette évaluation repose sur la faible étendue de la zone couverte par le réservoir, par le nombre restreint de

Tableau 5.10 Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière Réduction des niveaux d'eau de la crue centennale dans les villes le long de la rivière Chaudière entre Scott Jonction et Saint-Georges résultant de l'opération de réservoirs sur les grands tributaires⁽¹⁾				
Villes	N.E. crue avant ⁽²⁾ (m)	N.E. crue après ⁽²⁾ (m)	Réduction (m)	Note
Saint-Georges	164,3	163,6	0,70	Réduction presque au seuil d'inondation
Notre-Dame-des-Pins	159,2	158,0	1,20	Réduction sous le seuil d'inondation
Beauceville	152,0	150,7	1,30	Pas d'inondation en eau libre
Saint-Joseph	150,1	148,85	1,25	Réduction presque au seuil d'inondation
Vallée-Jonction	149,4	148,40	1,00	Réduction presque au seuil d'inondation
Sainte-Marie	147,23	146,52	0,71	Inondation crue 100 ans réduite à crue 20 ans
Scott Jonction	144,20	143,60	0,60	Inondation crue 100 ans réduite à crue 20 ans

Notes : 1) Les réservoirs sont : Nebnellis sur la Haute-Chaudière, Linière sur la Du Loup, Plamondon et Morissette sur la Famine, Mégantic sur la Haute-Chaudière

2) Niveau en eau libre

propriétés touchées (infrastructure, bâtiments, exploitation des ressources) et par l'absence de répercussions irrémediables sur les écosystèmes.

Les répercussions sont considérées modérées pour le réservoir Morissette compte tenu de la superficie plus grande de la zone inondée, du nombre plus élevé de propriétés touchées et des répercussions sur les écosystèmes, notamment la végétation à cause de la nécessité de procéder au déboisement du réservoir.

Les répercussions dues à la construction des ouvrages sont considérées faibles à cause du caractère temporaire des perturbations et des zones restreintes touchées par les travaux.

5.7.3 Coûts des ouvrages (tableau 5.9)

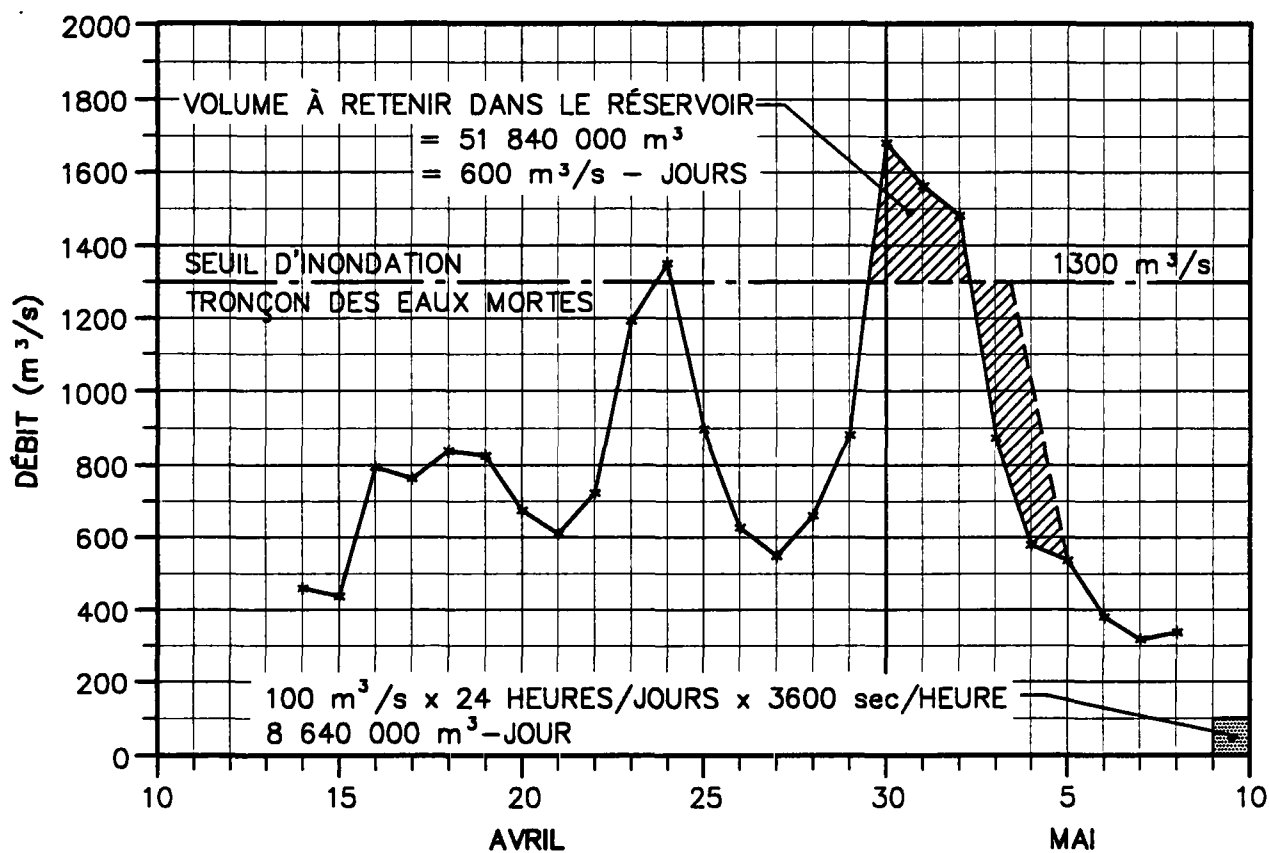
Les coûts de construction des quatre barrages sont évalués à 75 950 000 \$. Ces coûts sont basés sur des concepts éprouvés au Québec ainsi que sur les informations topographiques et géologiques montrées sur les cartes et contenues dans les rapports disponibles. Comme pour les autres types de solutions examinés, des études plus poussées permettraient d'optimiser la conception des ouvrages et d'en réduire les coûts.

5.7.4 Utilisation multi-fonctionnelles des réservoirs

Toutes les analyses effectuées dans le cadre de l'étude sont basées sur l'utilisation des réservoirs uniquement pour le contrôle des crues et la réduction des inondations sur le tronçon des eaux mortes. Les réservoirs sont donc utilisés à toutes fins pratiques comme des bassins de rétention puisqu'ils sont vides la plupart du temps. La pratique habituelle en Amérique du Nord est d'utiliser les réservoirs à des fins multiples dans le but d'optimiser la gestion de la ressource-eau. L'examen des utilisations potentielles des réservoirs proposés permet d'en identifier quelques-unes :

- production hydroélectrique;
- amélioration de la qualité de l'eau par le soutien des étiages;
- développements récréo-touristiques;
- alimentation en eau potable.

Ces utilisations peuvent se traduire par des retombées économiques et fiscales intéressantes pour les gouvernements appelés à participer à leur mise en oeuvre. À titre d'exemple, l'aménagement de petites centrales au droit des réservoirs Plamondon, Linière et Nebnellis, ainsi que l'augmentation de production à la centrale projetée de Charny en aval permettraient une production annuelle de l'ordre de 120,34 GWh et la perception de revenus fiscaux pour le gouvernement du Québec, de l'ordre de 1 million \$ annuellement.



— — — — — HYDROGRAMME RÉEL
- - - - - HYDROGRAMME AVEC RÉSERVOIR

HYDROGRAMME AVEC RÉSERVOIR PLACÉ IMMÉDIATEMENT
À L'AMONT DU TRONÇON DES EAUX MORTES

(DÉBITS À LA STATION 023402 - ST-LAMBERT)

RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODÉLISATION DU
BASSIN VERSANT

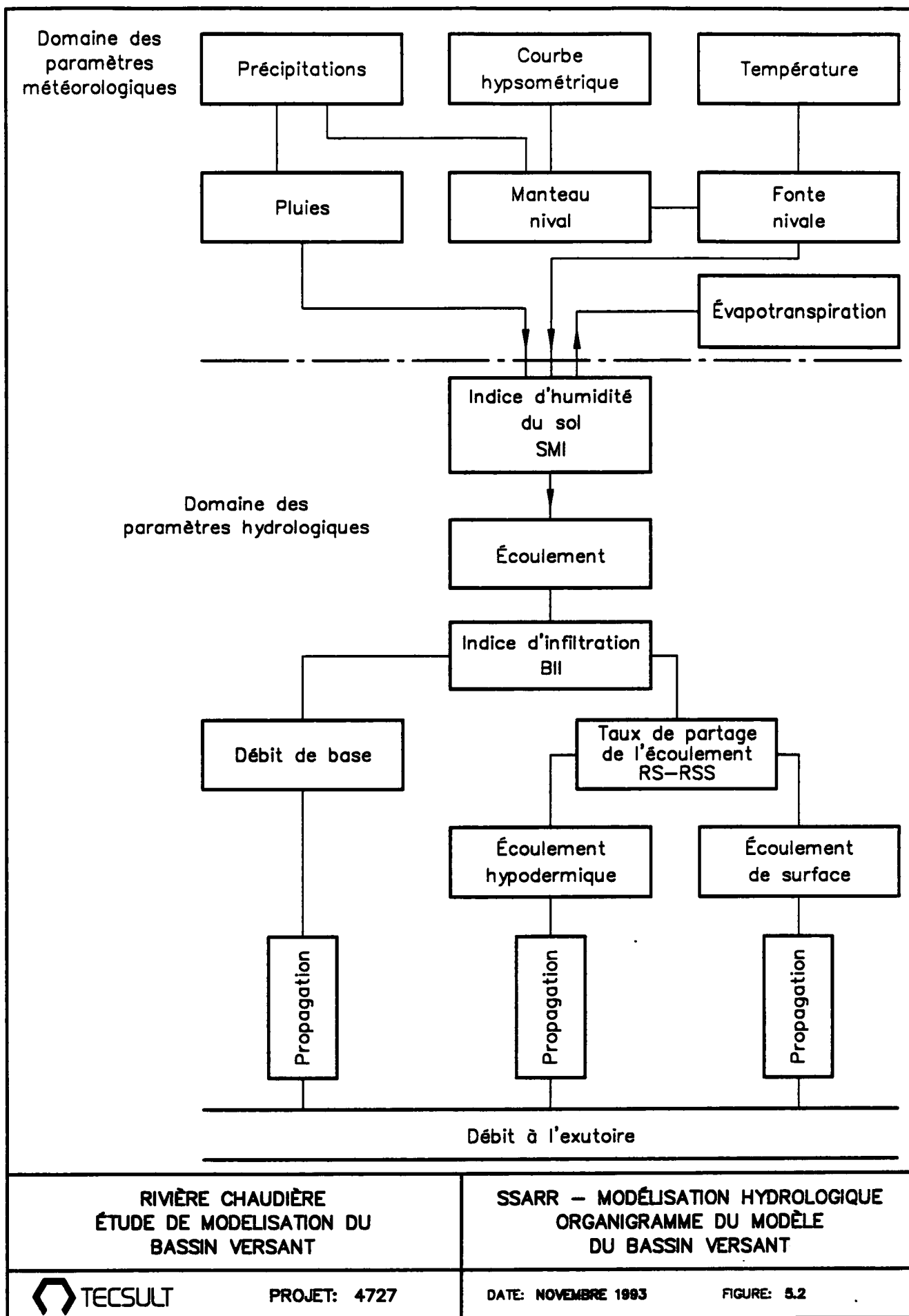
ILLUSTRATION DE L'EFFET THÉORIQUE
D'UN RÉSERVOIR SUR L'HYDROGRAMME
DE LA CRUE DE 1974



PROJET: 4727

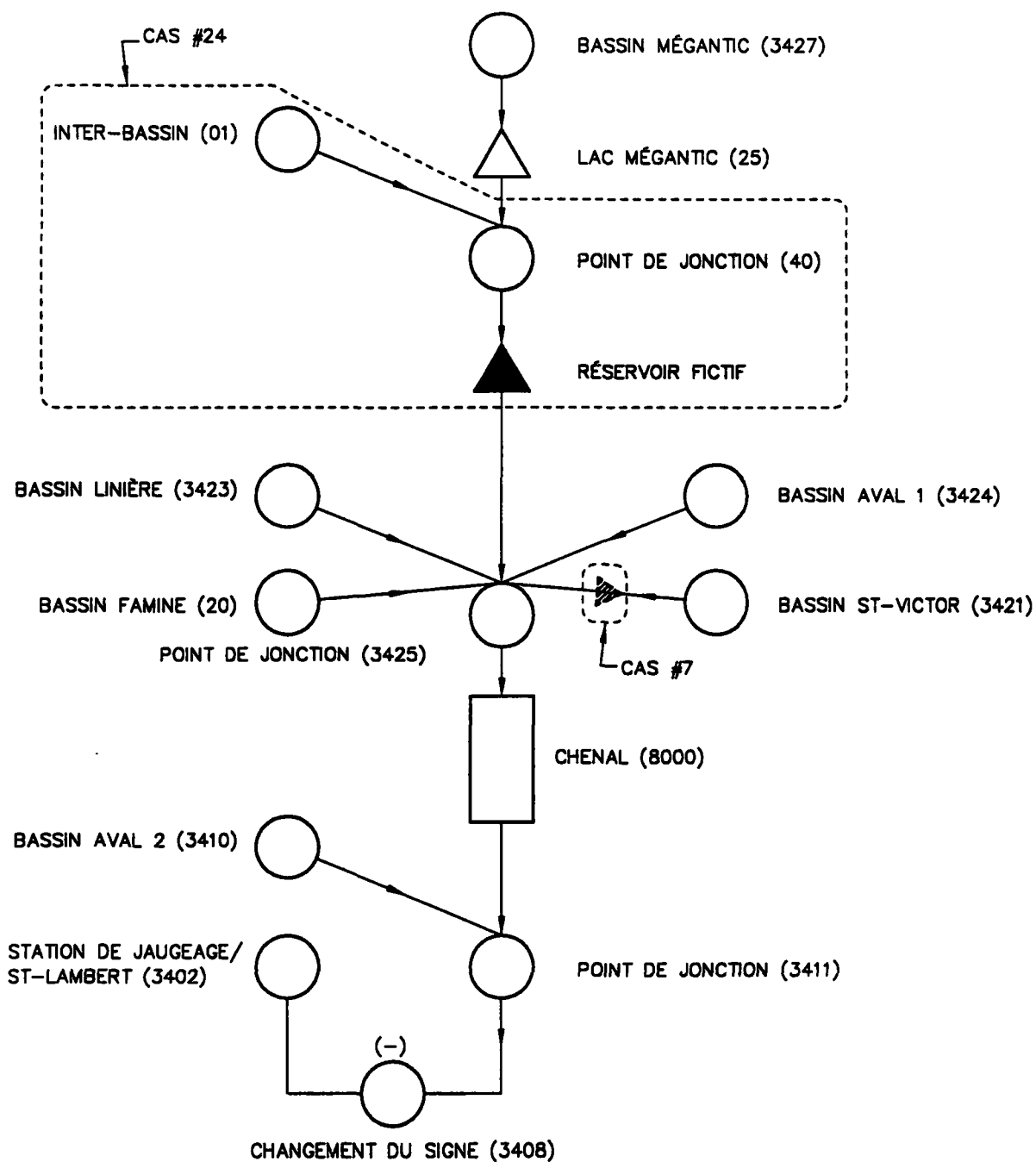
DATE: NOVEMBRE 1993

FIGURE: 5.1



RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

SSARR – MODÉLISATION HYDROLOGIQUE
ORGANIGRAMME DU MODÈLE
DU BASSIN VERSANT



CONFIGURATION SSARR, MODÈLE DE BASE (1A, 22, 23)

RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE
DU MODÈLE DE BASE
DU BASSIN VERSANT



PROJET: 4727

DATE: NOVEMBRE 1993

FIGURE: 5.3

FLOU CRS	Q	Q = DÉBIT OBSERVÉ (m³/s)		Q = DÉBIT SIMULÉ PAR SSARR (m³/s)		PLOT CHARACTER	PLOT DESCRIPTION	STATION NAME CONTROL	
		0.	500.	1000.	1500.	0-Q OBSERVE	0-Q OBSERVE	00003402	00003411
11MAR91 2400	38.0	0.	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
21MAR91 2400	37.0	102.4 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
31MAR91 2400	46.2	250.4 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
41MAR91 2400	86.1	251.6 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
51MAR91 2400	161.0	156.8 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
61MAR91 2400	130.0	108.8 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
71MAR91 2400	140.0	156.9 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
81MAR91 2400	132.0	228.1 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
91MAR91 2400	127.0	202.0 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
10MAR91 2400	113.0	134.4 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
11MAR91 2400	99.6	94.4 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
12MAR91 2400	91.4	77.7 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
13MAR91 2400	81.8	66.1 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
14MAR91 2400	75.3	91.0 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
15MAR91 2400	71.7	129.1 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
16MAR91 2400	69.4	134.6 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
17MAR91 2400	68.0	108.2 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
18MAR91 2400	68.2	84.4 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
19MAR91 2400	71.0	144.9 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
20MAR91 2400	88.9	253.7 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
21MAR91 2400	107.0	238.4 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
22MAR91 2400	92.5	160.3 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
23MAR91 2400	81.8	95.6 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
24MAR91 2400	75.0	64.8 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
25MAR91 2400	72.0	72.5 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
26MAR91 2400	73.3	97.4 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
27MAR91 2400	77.3	178.6 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
28MAR91 2400	123.0	439.2 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
29MAR91 2400	199.0	754.9 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
30MAR91 2400	340.0	688.2 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
31MAR91 2400	285.0	444.8 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
1APR91 2400	251.0	227.4 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
2APR91 2400	232.0	132.4 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
3APR91 2400	220.0	89.1 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
4APR91 2400	202.0	93.1 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
5APR91 2400	275.0	312.1 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
6APR91 2400	458.0	788.0 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
7APR91 2400	1130.0	1373.4 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
8APR91 2400	1510.0	1645.1 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
9APR91 2400	1620.0	1928.7 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
10APR91 2400	2140.0	1990.4 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
11APR91 2400	1690.0	1634.7 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
12APR91 2400	1010.0	1205.0 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
13APR91 2400	599.0	642.0 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
14APR91 2400	441.0	502.3 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
15APR91 2400	427.0	411.3 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
16APR91 2400	470.0	708.6 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
17APR91 2400	652.0	814.1 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
18APR91 2400	592.0	719.1 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
19APR91 2400	488.0	602.0 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
20APR91 2400	421.0	451.0 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
21APR91 2400	349.0	463.7 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
22APR91 2400	411.0	584.9 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
23APR91 2400	531.0	627.0 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
24APR91 2400	441.0	472.3 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
25APR91 2400	337.0	368.8 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
26APR91 2400	317.0	261.0 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
27APR91 2400	277.0	220.7 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
28APR91 2400	236.0	175.9 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
29APR91 2400	190.0	117.4 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
30APR91 2400	160.0	116.6 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411
1MAY91 2400	0.	160.4 .8*	0.	0.	0.	0.	0.	00003402	00003411

RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

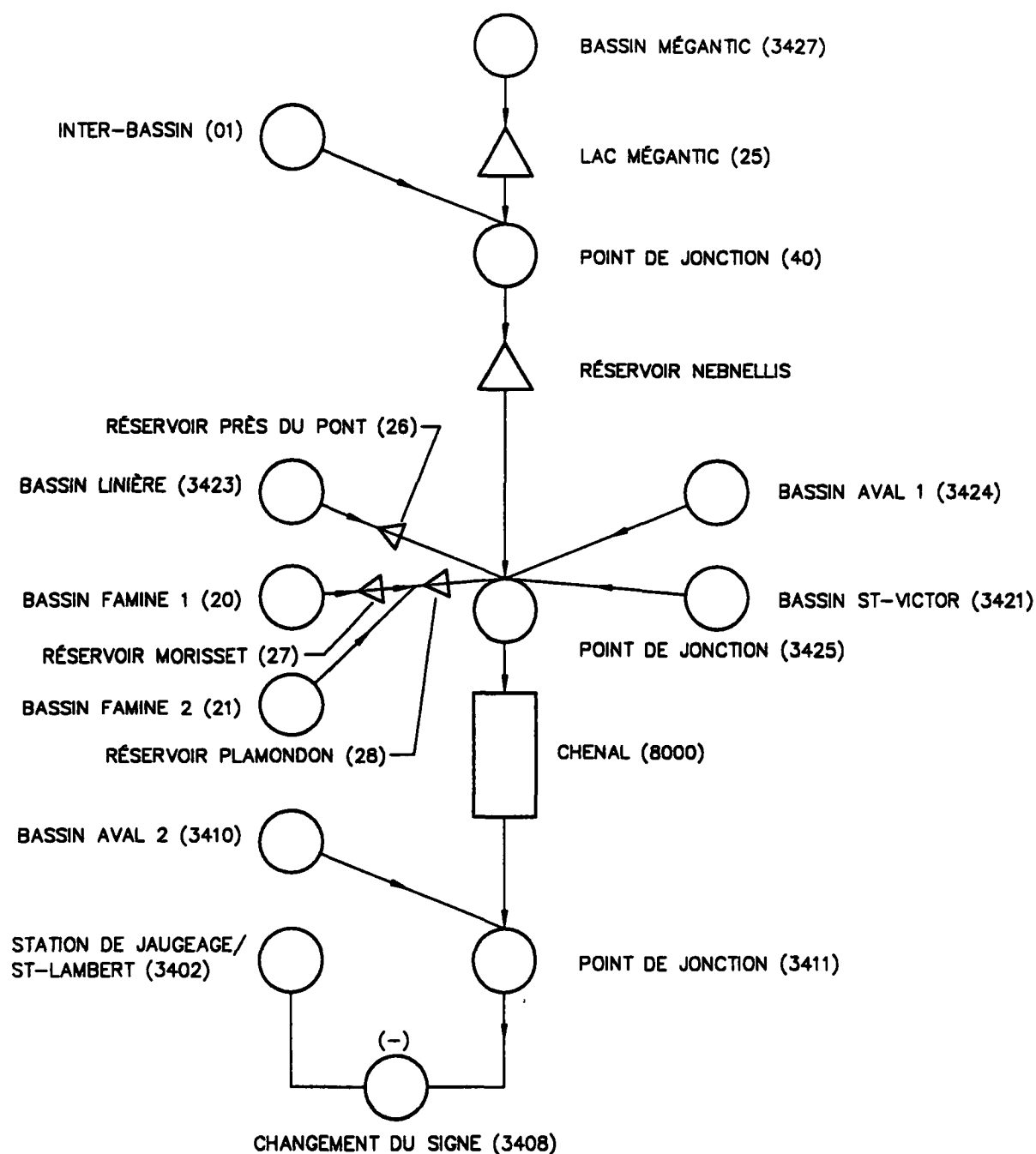


PROJET: 4727

HYDROGRAMME OBSERVÉ ET SIMULÉ
DE LA CRUE D'AVRIL 1991 À LA
STATION 023402 À SAINT-LAMBERT

DATE: NOVEMBRE 1993

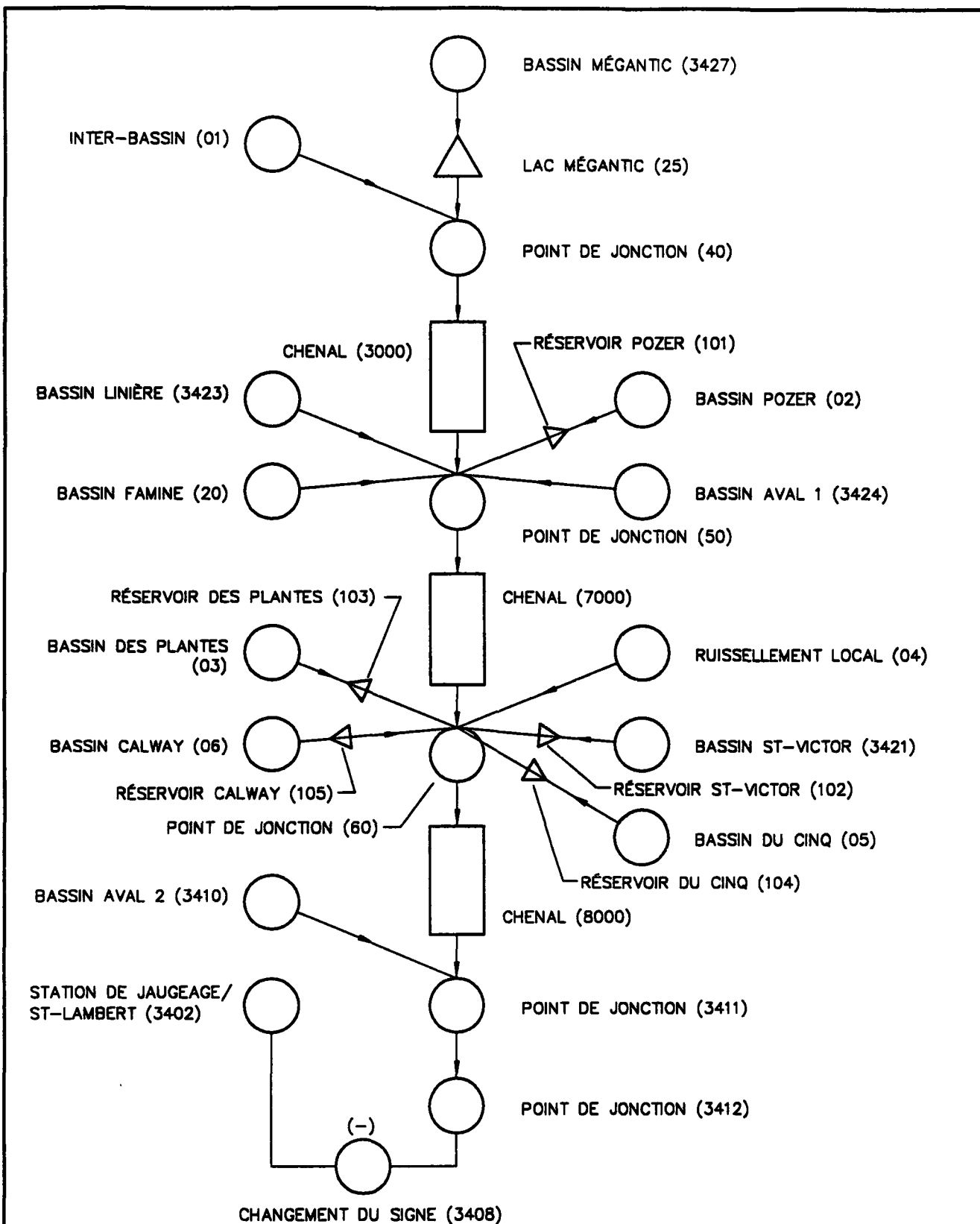
FIGURE: 5.4



CAS 27 ET 27-A: CONFIGURATION SSARR GRANDS RÉSERVOIRS
PONT MORISSET, PLAMONDON, NEBNELLIS (100 Mm³, 70 Mm³), MÉGANTIC

RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

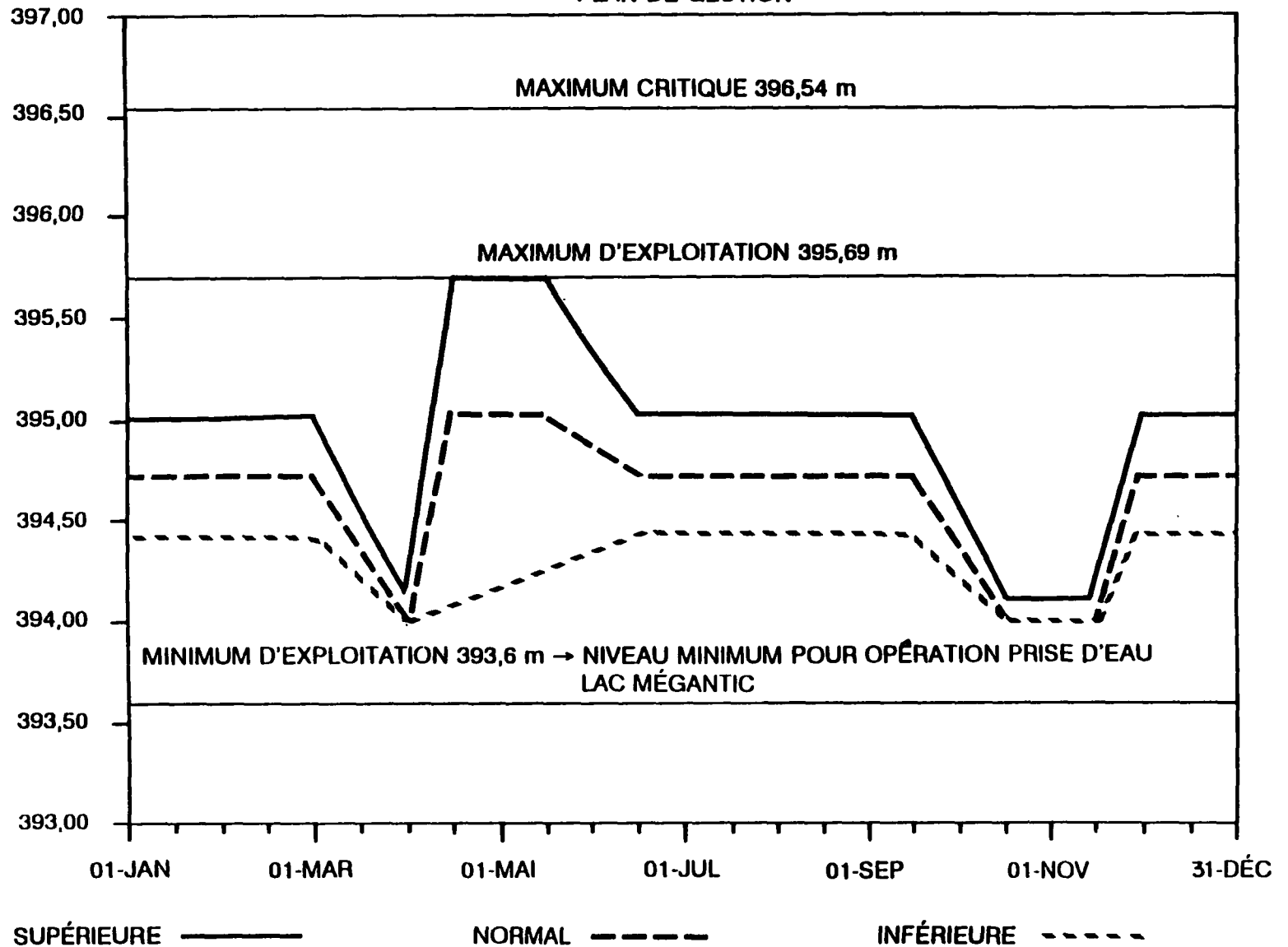
REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE
DU MODÈLE POUR L'ÉTUDE DES RÉSERVOIRS
SUR LES GRANDS TRIBUTAIRES



CAS 28 ET 29: CONFIGURATION SSARR PETITS RÉSERVOIRS

RIVIÈRE CHAUDIÈRE ÉTUDE DE MODELISATION DU BASSIN VERSANT	REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE DU MODÈLE POUR L'ÉTUDE DES RÉSERVOIRS SUR LES PETITS TRIBUTAIRES
 TECSULT	PROJET: 4727 DATE: NOVEMBRE 1993 FIGURE: 5.7

LAC MÉGANTIC PLAN DE GESTION



(SOURCE: MENVAQ)

RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

HYDROGRAMMES DE VARIATIONS
DES NIVEAUX DU LAC MÉGANTIC
SELON LE PLAN DE GESTION DU MENVAQ

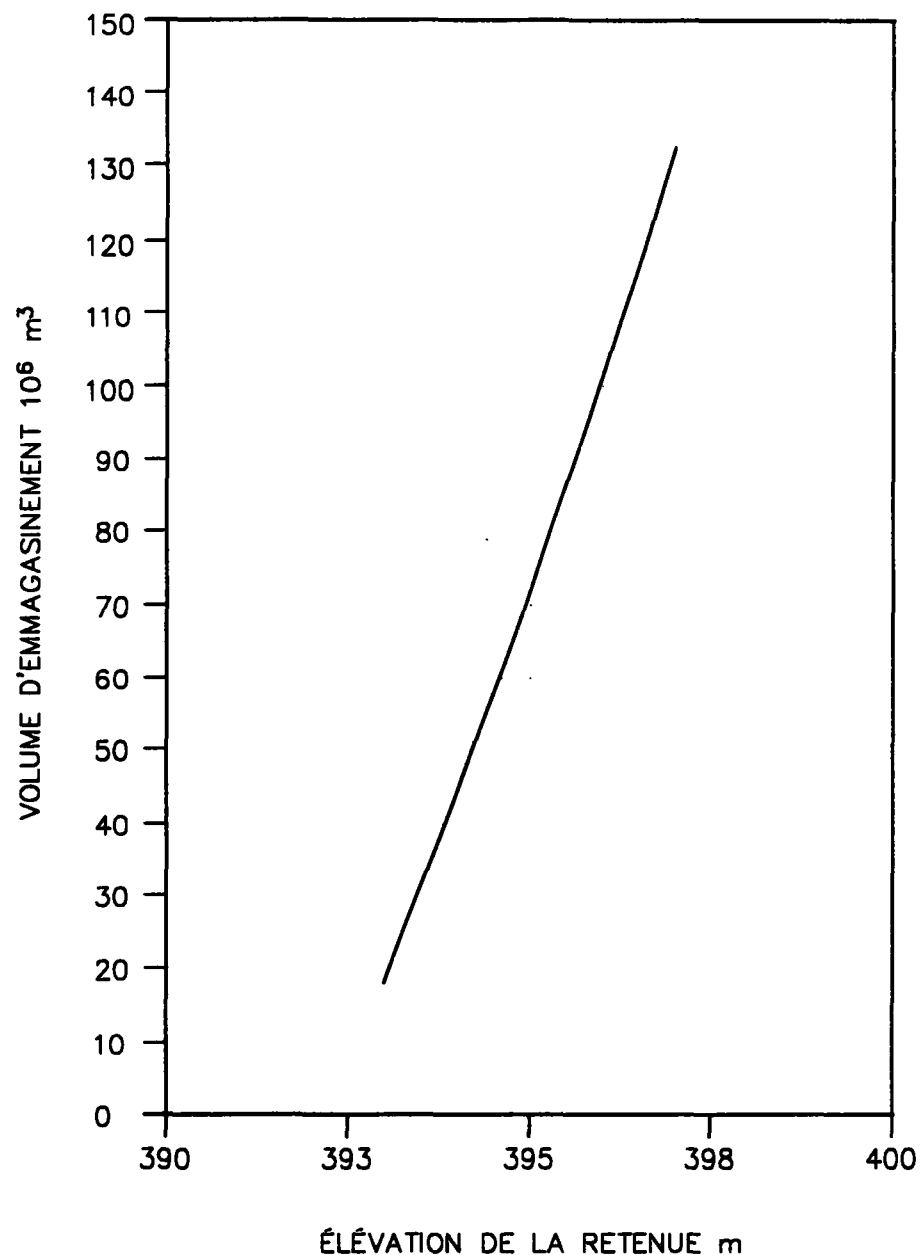


TECSULT

PROJET: 4727

DATE: NOVEMBRE 1993

FIGURE: 5.8



(SOURCE: MENVIQ)

RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

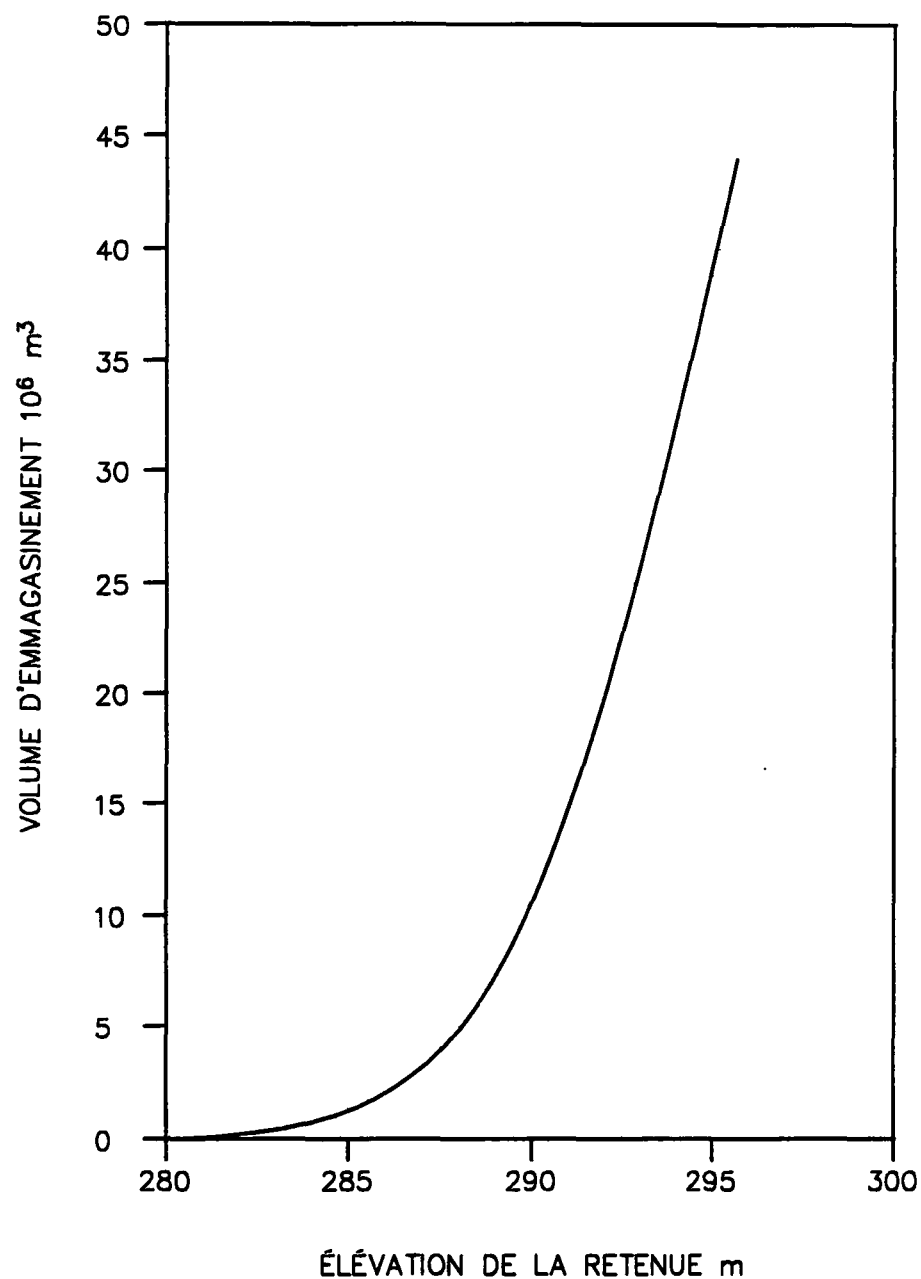
COURBE D'EMMAGASINEMENT
DU LAC MÉGANTIC



PROJET: 4727

DATE: NOVEMBRE 1993

FIGURE: 5.9



(SOURCE: MINISTÈRE DES RICHESSES NATURELLES, QUÉBEC)

RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

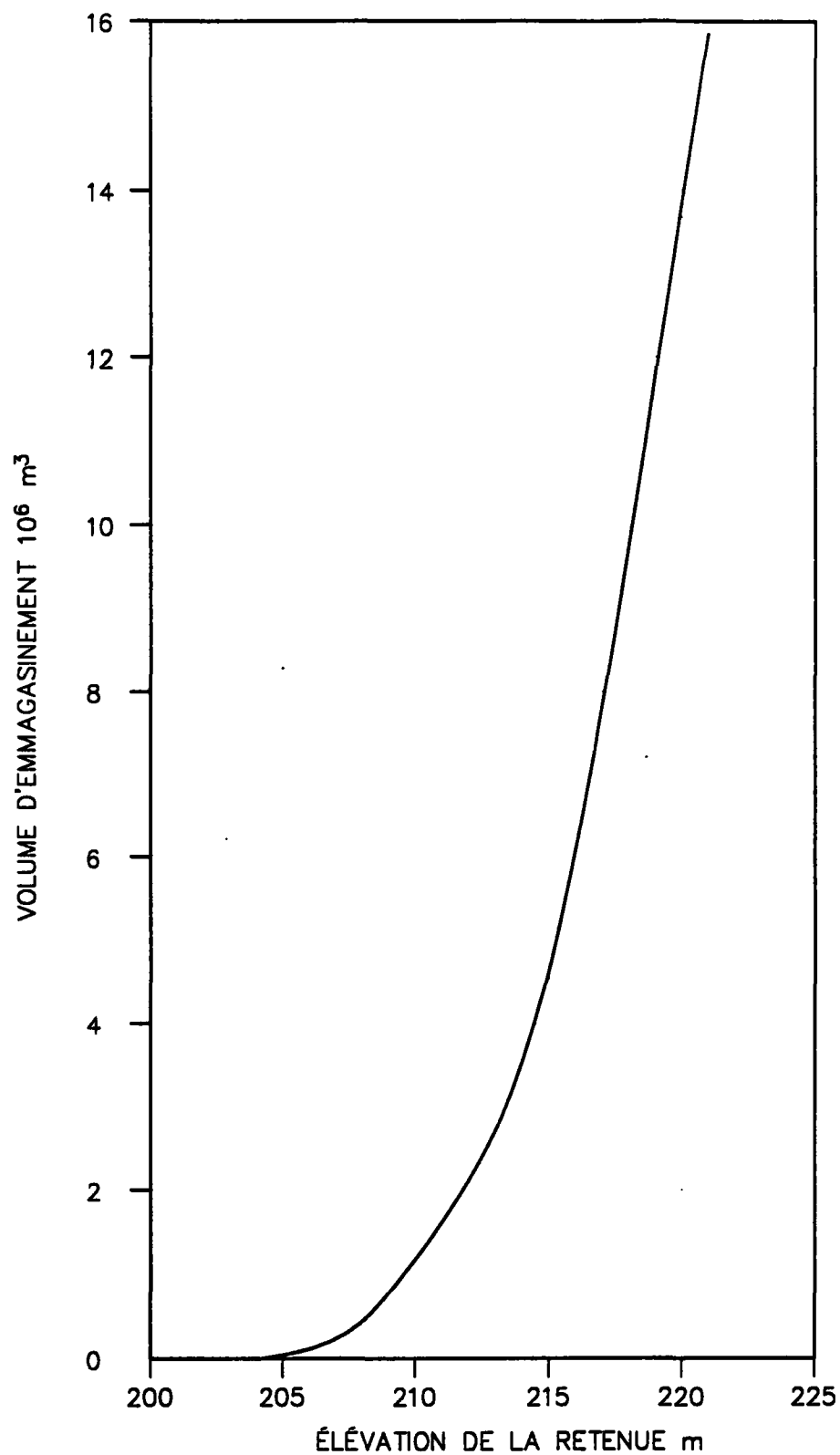
COURBE D'EMMAGASINEMENT
SUR LA RIVIÈRE FAMINE
DU RÉSERVOIR MORISSET



PROJET: 4727

DATE: NOVEMBRE 1993

FIGURE: 5.10



(SOURCE: MINISTÈRE DES RICHESSES NATURELLES, QUÉBEC)

RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

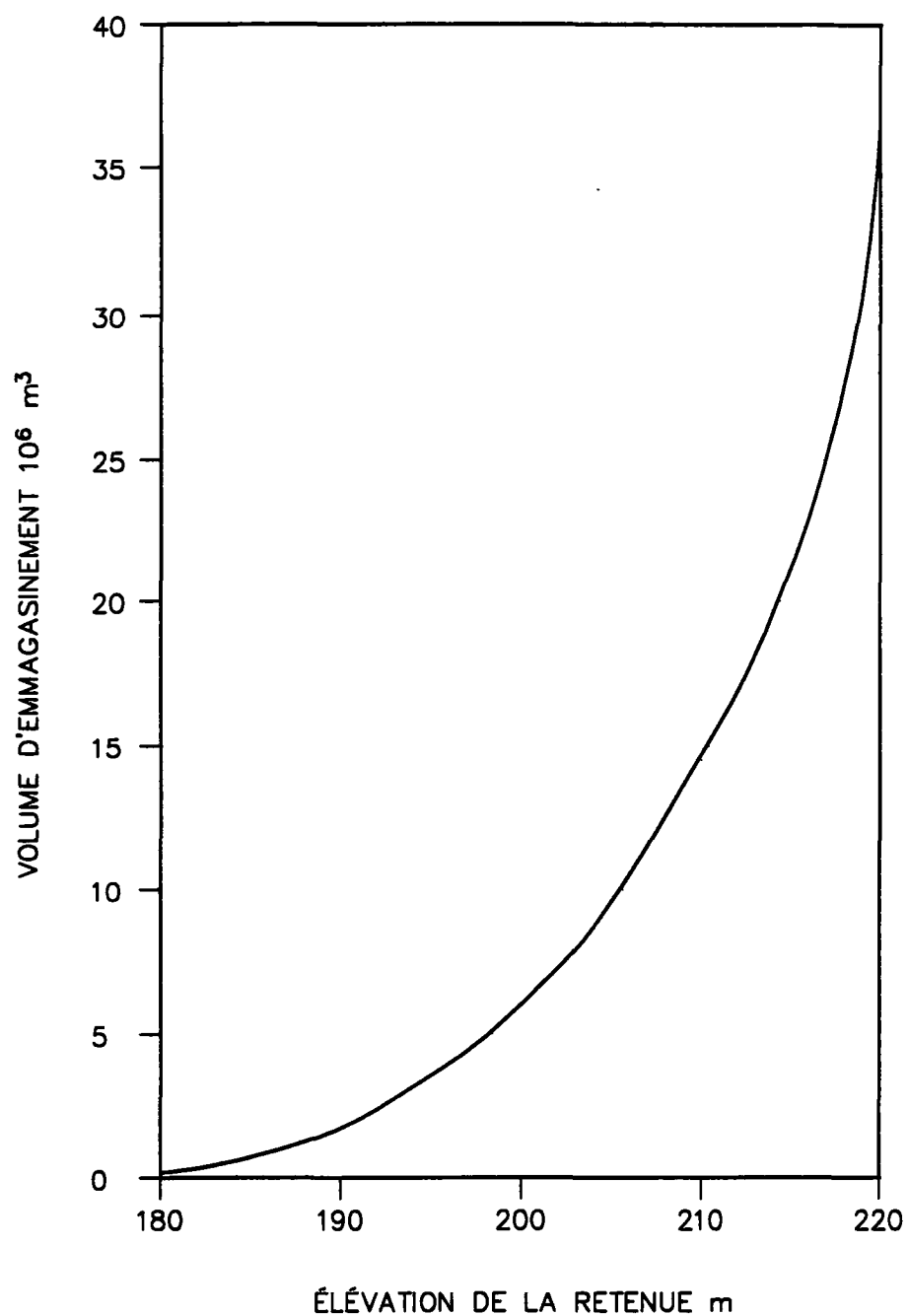
COURBE D'EMMAGASINEMENT
SUR LA RIVIÈRE FAMINE
DU RÉSERVOIR PLAMONDON



PROJET: 4727

DATE: NOVEMBRE 1993

FIGURE: 5.11



RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

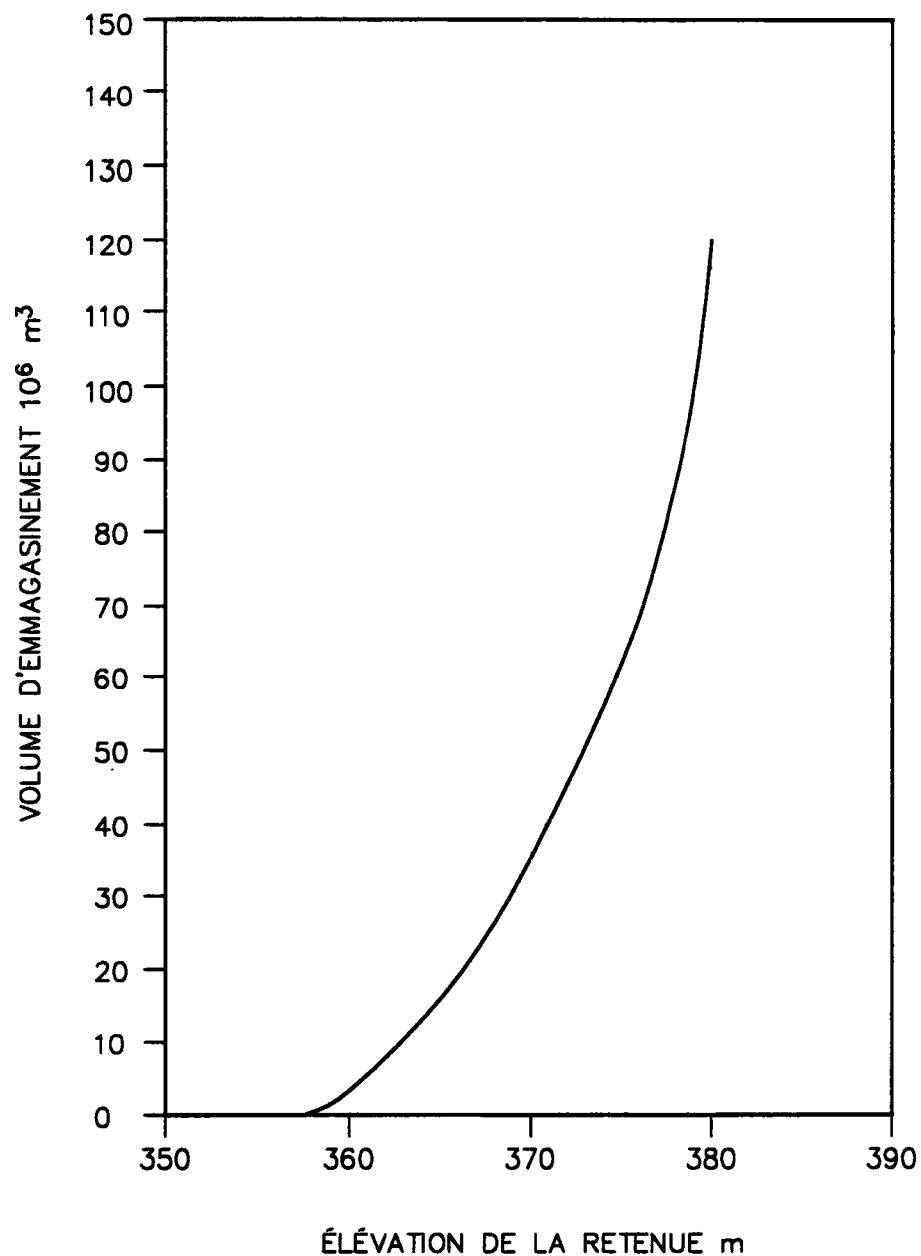
COURBE D'EMMAGASINEMENT
RÉSEROIR LINIÈRE SUR LA
RIVIÈRE DU LOUP (LINIÈRE)



PROJET: 4727

DATE: NOVEMBRE 1993

FIGURE: 5.12



RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

COURBE D'EMMAGASINEMENT
DU RÉSERVOIR NEBNELLIS
SUR LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE

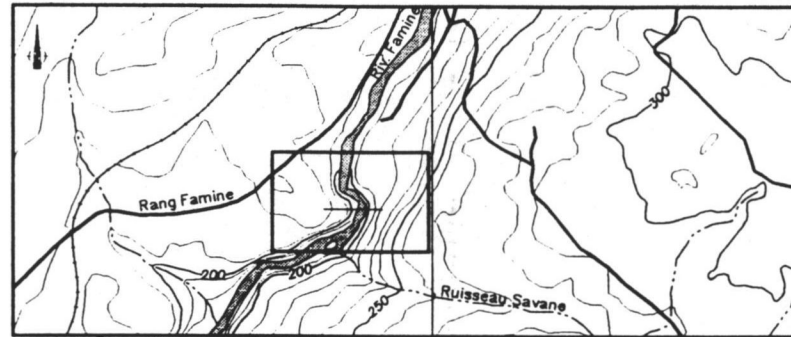


PROJET: 4727

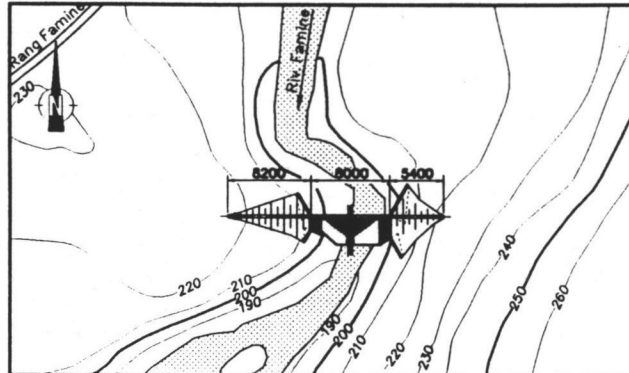
DATE: NOVEMBRE 1993

FIGURE: 5.13

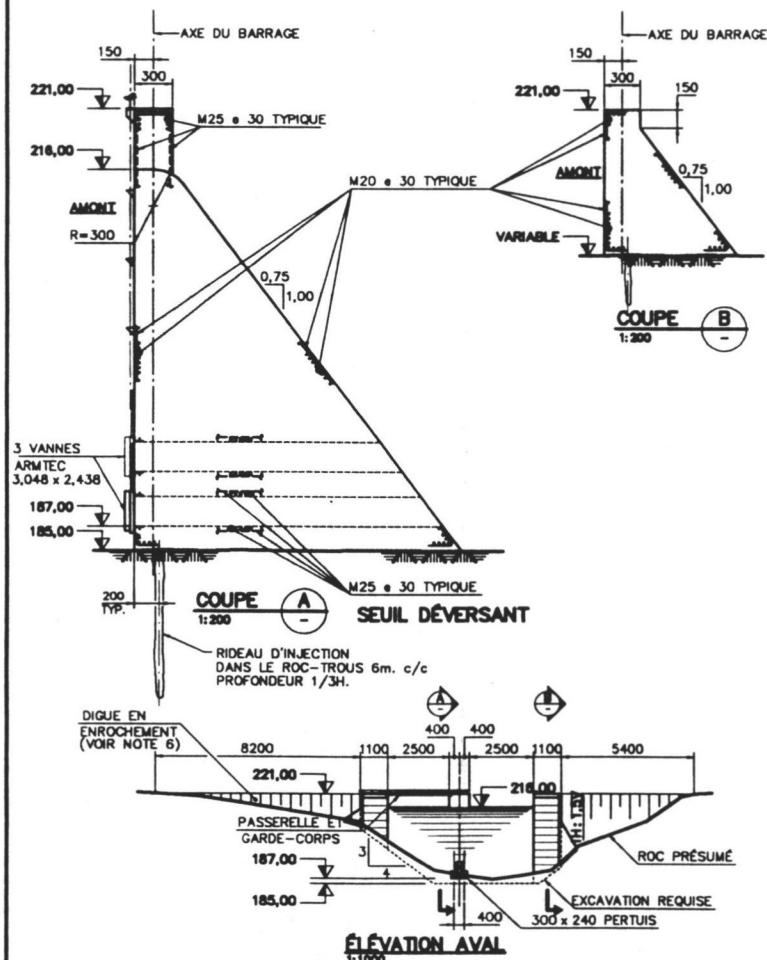
SITE PLAMONDON



PLAN CLE
1:10000

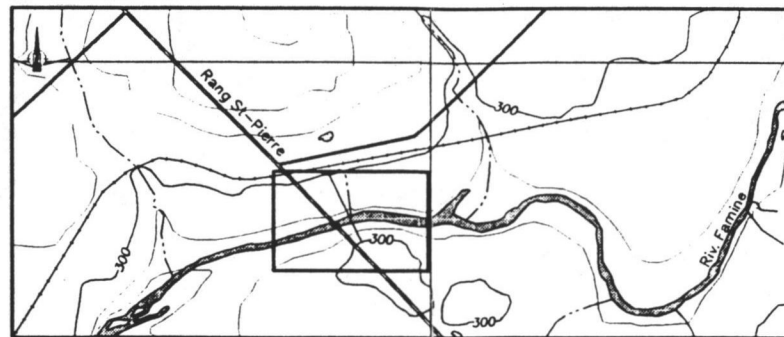


VUE EN PLAN VOIR NOTE 1
1:2500

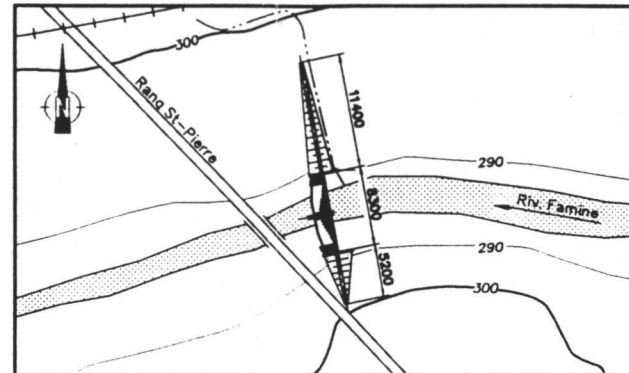


QUANTITÉS PRINCIPALES: (APPROX.)	EXCAVATION ROC (m³)	COFFRAGE (m²)	BÉTON (m³)	ACIER D'ARMATURE (t)	DIGUE (m³)
BÉT. GRAVITÉ	4 200	6 000	30 000	600	ENROCHEMENT
MURS SOUT.	1 150	1 900	1 700	140	44 400

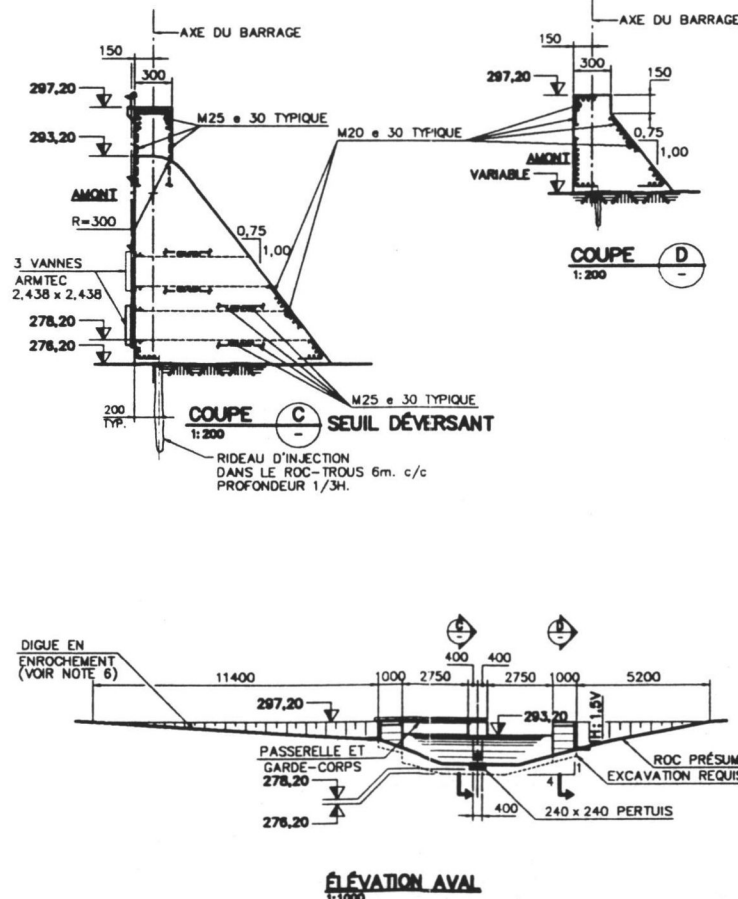
SITE MORISSET



PLAN CLE
1:10000



VUE EN PLAN VOIR NOTE 1
1:2500

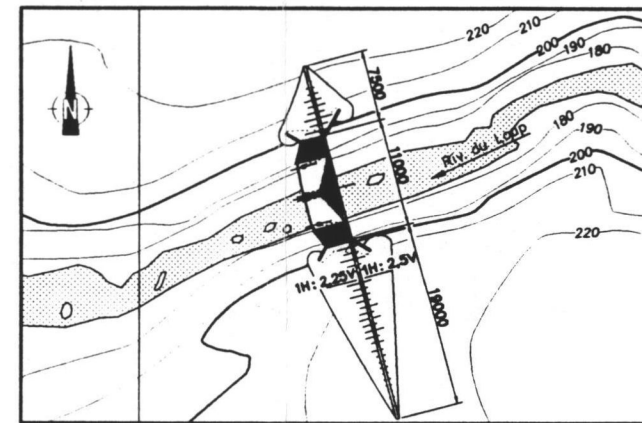


QUANTITÉS PRINCIPALES: (APPROX.)	EXCAVATION ROC (m³)	COFFRAGE (m²)	BÉTON (m³)	ACIER D'ARMATURE (t)	DIGUE (m³)
BÉT. GRAVITÉ	1 600	3 700	12 500	250	ENROCHEMENT
MURS SOUT.	510	850	700	55	12 500

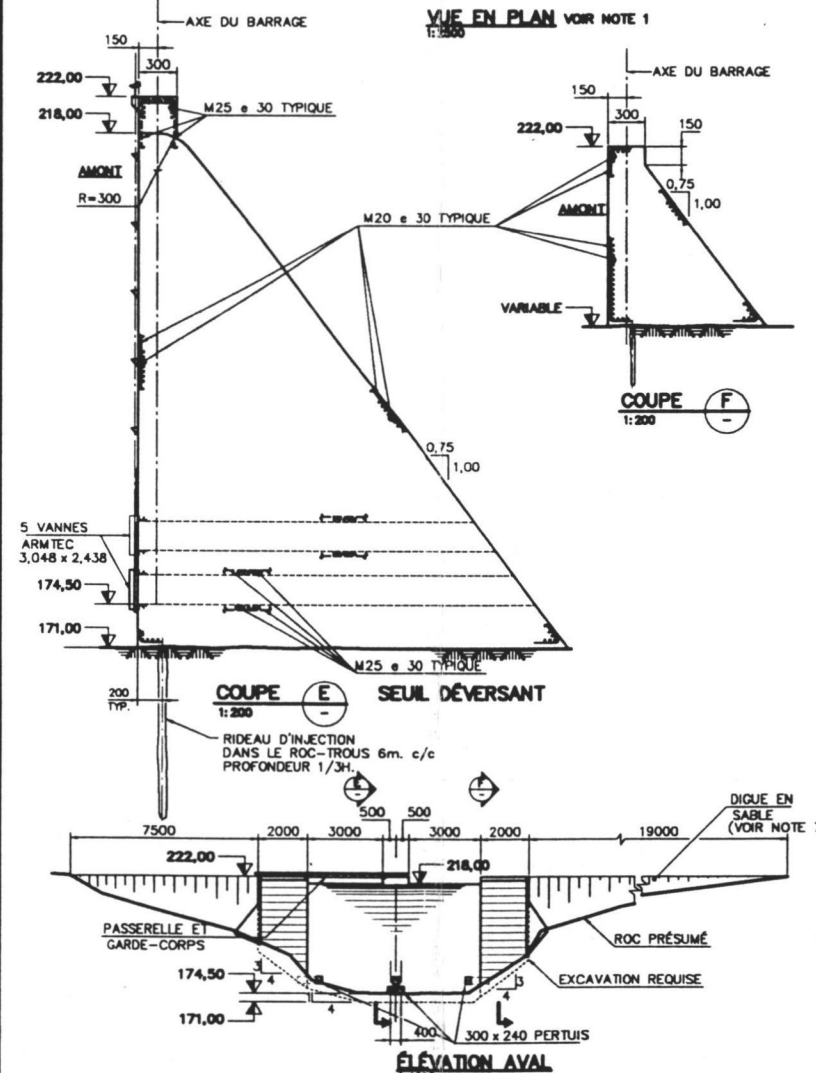
SITE LINIÈRE



PLAN CLE
1:10000



VUE EN PLAN VOIR NOTE 1
1:2500



QUANTITÉS PRINCIPALES: (APPROX.)	EXCAVATION ROC (m³)	COFFRAGE (m²)	BÉTON (m³)	ACIER D'ARMATURE (t)	DIGUE (m³)
BÉT. GRAVITÉ	8 800	14 000	90 000	1 800	EN SABLE
MURS SOUT.	2 100	3 000	3 500	310	120 000

- NOTES
- DANS L'ÉTAT PRÉSENT, UNE LÈGÈRE CORRUPTION VISE L'AXE DU PLAN POUR ÊTRE DÉVIÉ.
 - PÉRIODE DE PRÉVISION DE CHARGES D'EXPLOITATION, D'ENTRETIEN ET DE RÉPARATION ESPACÉES À 30 ANS DE LA DATE.
 - LOCALISATION EXACTE DES BARRAGES DANS LE STAGE FINAL DES ÉTAGES.
 - BÉTON : RÉSISTANCE EN COMPRESSION (f_c) = 35 MPa @ 28 JOURS.
COEFFICIENT DE FROTTEMENT μ = 0,60.
 - LES COUPES SONT EN CONTRE-PROFIL ET LES NIVEAUX SONT EN MÉTRES SAUF INDICATION CONTRAIRE.
 - DIGUE EN ENROCHEMENT AVEC NOYAU DE MORTIER ET FILTRES EN SABLE ET GRAVIER.
 - DIGUE EN SABLE AVEC NOYAU DE MORTIER ET FILTRES EN SABLE ET GRAVIER.
 - UTILISER CE SCHÉMA POUR LE DESSIN DES CHANTIERS RELIÉS, DE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION.

NO	RÉFÉRENCES	NO	REVISION
1	CARTE TOPOGRAPHIQUE ST-GEORGES 25 50-50-5000	1	2000, SOUPÈREMENT DU QUÉBEC
2	CARTE TOPOGRAPHIQUE ST-GEORGES 25 50-50-5000	2	MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES, SERVICES DE LA CARTOGRAPHIE (SITE PLAMONDON)
3	CARTE TOPOGRAPHIQUE ST-GEORGES 25 50-50-5000	3	MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES, SERVICES DE LA CARTOGRAPHIE (SITE MORISSET)
4	CARTE TOPOGRAPHIQUE ST-GEORGES 25 50-50-5000	4	MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES, SERVICES DE LA CARTOGRAPHIE (SITE LINIÈRE)

NO	DATE	REVISION	NO	REVISION
01	04/04	REVISION ÉTAPE 1	02	04/04
02	11/05	REVISION ÉTAPE 2	03	11/05
03	11/05	REVISION ÉTAPE 3	04	11/05
04	11/05	REVISION ÉTAPE 4	05	11/05
05	11/05	REVISION ÉTAPE 5	06	11/05
06	11/05	REVISION ÉTAPE 6	07	11/05
07	11/05	REVISION ÉTAPE 7	08	11/05
08	11/05	REVISION ÉTAPE 8	09	11/05
09	11/05	REVISION ÉTAPE 9	10	11/05
10	11/05	REVISION ÉTAPE 10	11	11/05
11	11/05	REVISION ÉTAPE 11	12	11/05
12	11/05	REVISION ÉTAPE 12	13	11/05
13	11/05	REVISION ÉTAPE 13	14	11/05
14	11/05	REVISION ÉTAPE 14	15	11/05
15	11/05	REVISION ÉTAPE 15	16	11/05
16	11/05	REVISION ÉTAPE 16	17	11/05
17	11/05	REVISION ÉTAPE 17	18	11/05
18	11/05	REVISION ÉTAPE 18	19	11/05
19	11/05	REVISION ÉTAPE 19	20	11/05
20	11/05	REVISION ÉTAPE 20	21	11/05
21	11/05	REVISION ÉTAPE 21	22	11/05
22	11/05	REVISION ÉTAPE 22	23	11/05
23	11/05	REVISION ÉTAPE 23	24	11/05
24	11/05	REVISION ÉTAPE 24	25	11/05
25	11/05	REVISION ÉTAPE 25	26	11/05
26	11/05	REVISION ÉTAPE 26	27	11/05
27	11/05	REVISION ÉTAPE 27	28	11/05
28	11/05	REVISION ÉTAPE 28	29	11/05
29	11/05	REVISION ÉTAPE 29	30	11/05
30	11/05	REVISION ÉTAPE 30	31	11/05
31	11/05	REVISION ÉTAPE 31	32	11/05
32	11/05	REVISION ÉTAPE 32	33	11/05
33	11/05	REVISION ÉTAPE 33	34	11/05
34	11/05	REVISION ÉTAPE 34	35	11/05
35	11/05	REVISION ÉTAPE 35	36	11/05
36	11/05	REVISION ÉTAPE 36	37	11/05
37	11/05	REVISION ÉTAPE 37	38	11/05
38	11/05	REVISION ÉTAPE 38	39	11/05
39	11/05	REVISION ÉTAPE 39	40	11/05
40	11/05	REVISION ÉTAPE 40	41	11/05
41	11/05	REVISION ÉTAPE 41	42	11/05
42	11/05	REVISION ÉTAPE 42	43	11/05
43	11/05	REVISION ÉTAPE 43	44	11/05
44	11/05	REVISION ÉTAPE 44	45	11/05
45	11/05	REVISION ÉTAPE 45	46	11/05
46	11/05	REVISION ÉTAPE 46	47	11/05
47	11/05	REVISION ÉTAPE 47	48	11/05
48	11/05	REVISION ÉTAPE 48	49	11/05
49	11/05	REVISION ÉTAPE 49	50	11/05
50	11/05	REVISION ÉTAPE 50	51	11/05
51	11/05	REVISION ÉTAPE 51	52	11/05
52	11/05	REVISION ÉTAPE 52	53	11/05
53	11/05	REVISION ÉTAPE 53	54	11/05
54	11/05	REVISION ÉTAPE 54	55	11/05
55	11/05	REVISION ÉTAPE 55	56	11/05
56	11/05	REVISION ÉTAPE 56	57	11/05
57	11/05	REVISION ÉTAPE 57	58	11/05
58	11/05	REVISION ÉTAPE 58	59	11/05
59	11/05	REVISION ÉTAPE 59	60	11/05
60	11/05	REVISION ÉTAPE 60	61	11/05
61	11/05	REVISION ÉTAPE 61	62	11/05
62	11/05	REVISION ÉTAPE 62	63	11/05
63	11/05	REVISION ÉTAPE 63	64	11/05
64	11/05	REVISION ÉTAPE 64	65	11/05
65	11/05	REVISION ÉTAPE 65	66	11/05
66	11/05	REVISION ÉTAPE 66	67	11/05
67	11/05	REVISION ÉTAPE 67	68	11/05
68	11/05	REVISION ÉTAPE 68	69	11/05
69	11/05	REVISION ÉTAPE 69	70	11/05
70	11/05	REVISION ÉTAPE 70	71	11/05
71	11/05	REVISION ÉTAPE 71	72	11/05
72	11/05	REVISION ÉTAPE 72	73	11/05
73	11/05	REVISION ÉTAPE 73	74	11/05
74	11/05	REVISION ÉTAPE 74	75	11/05
75	11/05	REVISION ÉTAPE 75	76	11/05
76	11/05	REVISION ÉTAPE 76	77	11/05
77	11/05	REVISION ÉTAPE 77	78	11/05
78	11/05	REVISION ÉTAPE 78	79	11/05
79	11/05	REVISION ÉTAPE 79	80	11/05
80	11/05	REVISION ÉTAPE 80	81	11/05
81	11/05	REVISION ÉTAPE 81	82	11/05
82	11/05	REVISION ÉTAPE 82	83	11/05
83	11/05	REVISION ÉTAPE 83	84	11/05
84	11/05	REVISION ÉTAPE 84	85	11/05
85	11/05	REVISION ÉTAPE 85	86	11/05
86	11/05	REVISION ÉTAPE 86	87	11/05
87	11/05	REVISION ÉTAPE 87	88	11/05
88	11/05	REVISION ÉTAPE 88	89	11/05
89	11/05	REVISION ÉTAPE 89	90	11/05
90	11/05	REVISION ÉTAPE 90	91	11/05
91	11/05	REVISION ÉTAPE 91	92	11/05
92	11/05	REVISION ÉTAPE 92	93	11/05
93	11/05	REVISION ÉTAPE 93	94	11/05
94	11/05	REVISION ÉTAPE 94	95	11/05
95	11/05	REVISION ÉTAPE 95	96	11/05
96	11/05	REVISION ÉTAPE 96	97	11/05
97	11/05	REVISION ÉTAPE 97	98	11/05
98	11/05	REVISION ÉTAPE 98	99	11/05
99	11/05	REVISION ÉTAPE 99	100	11/05

ÉCHELLE VISUELLE RAPPORT
0 50m 1:1000

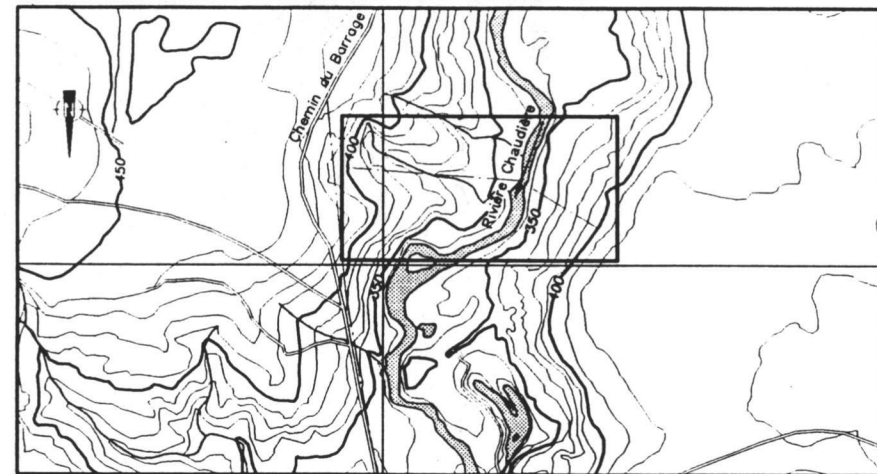
Gouvernement du Québec
Ministère de la Sécurité Publique
Direction Générale de la Sécurité Publique

TECSU Inc.
1000, rue Saint-Jacques
Montréal, Québec H2Y 1A1

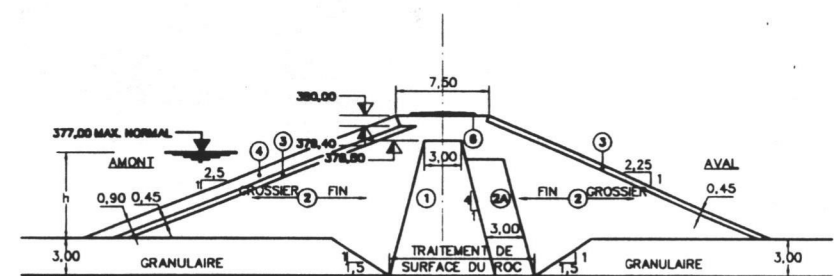
ÉTUDE DE MODÉLISATION DU BASSIN
VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE
BARRAGES PLAMONDON, MORISSET ET
LINIÈRE. PLANS, ÉLEVATIONS,
COUPES ET DÉTAILS DE BÉTON

PROJETÉ PAR: J. L. G. RÉVISÉ PAR: F. Michon
P.R. Tremblay
DATE: Janv. 1984
N° DE DROIT: 4727
N° DE PLAN: 5.14
N° DE FEUILLE: 01

SITE NEBNELLIS SUR LA HAUTE CHAUDIÈRE

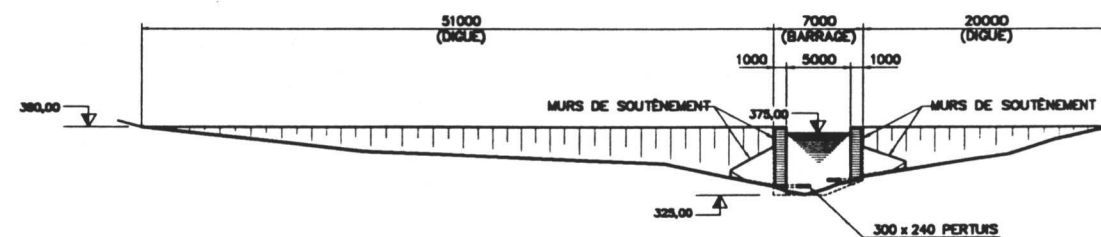


PLAN CLÉ
1:10000

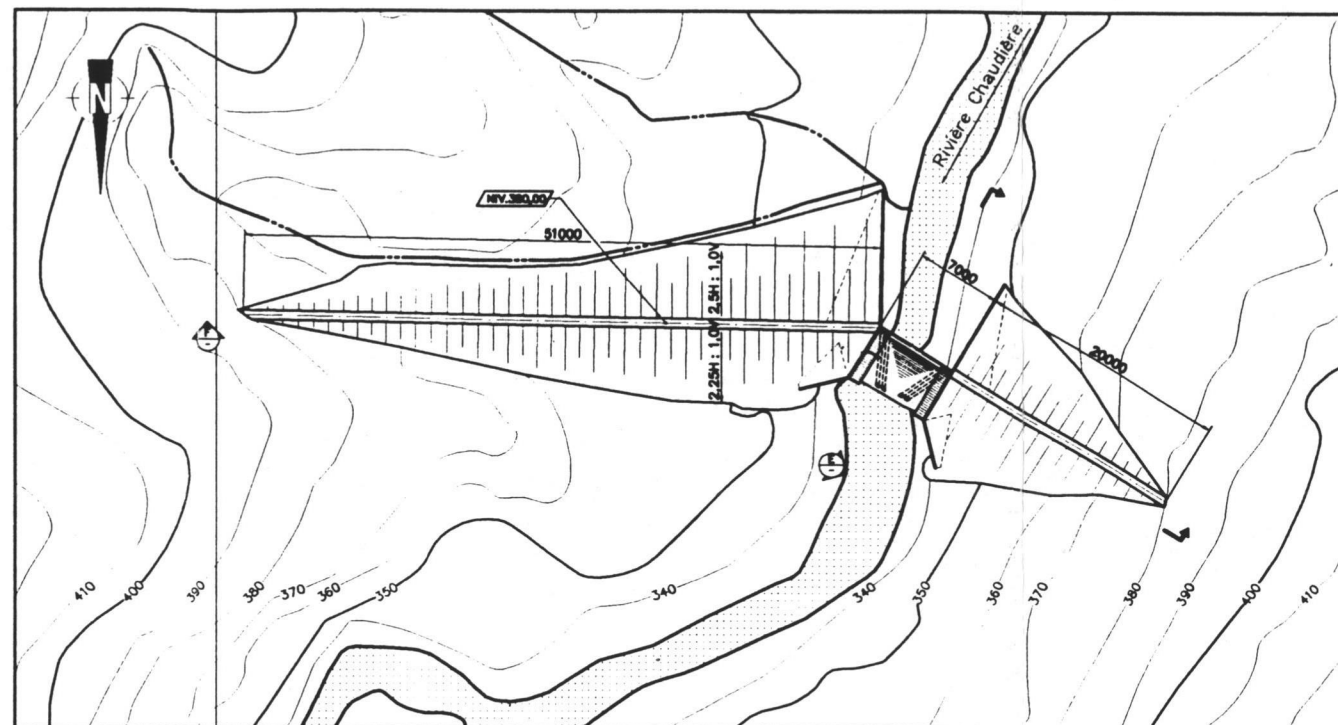


- ① TILL, MIN. 15% INFÉRIEUR À 80mm
 - ② SABLE ET GRAVIER SÉLECTIONNÉ, MAX. 0,08
 - ③ SABLE, GRAVIER ET CAILLOUX, MAX. 0,30
 - ④ ENROCHEMENT OU CAILLOUX, 0,08 @ 0,30
 - ⑤ ENROCHEMENT 0,30 @ 0,60
 - ⑥ GRANULAIRE DE ROULEMENT, CALIBRE 20-06 DU C.C.D.G.
- NOTE: TOUTES LES DIMENSIONS SONT EN MÈTRES.

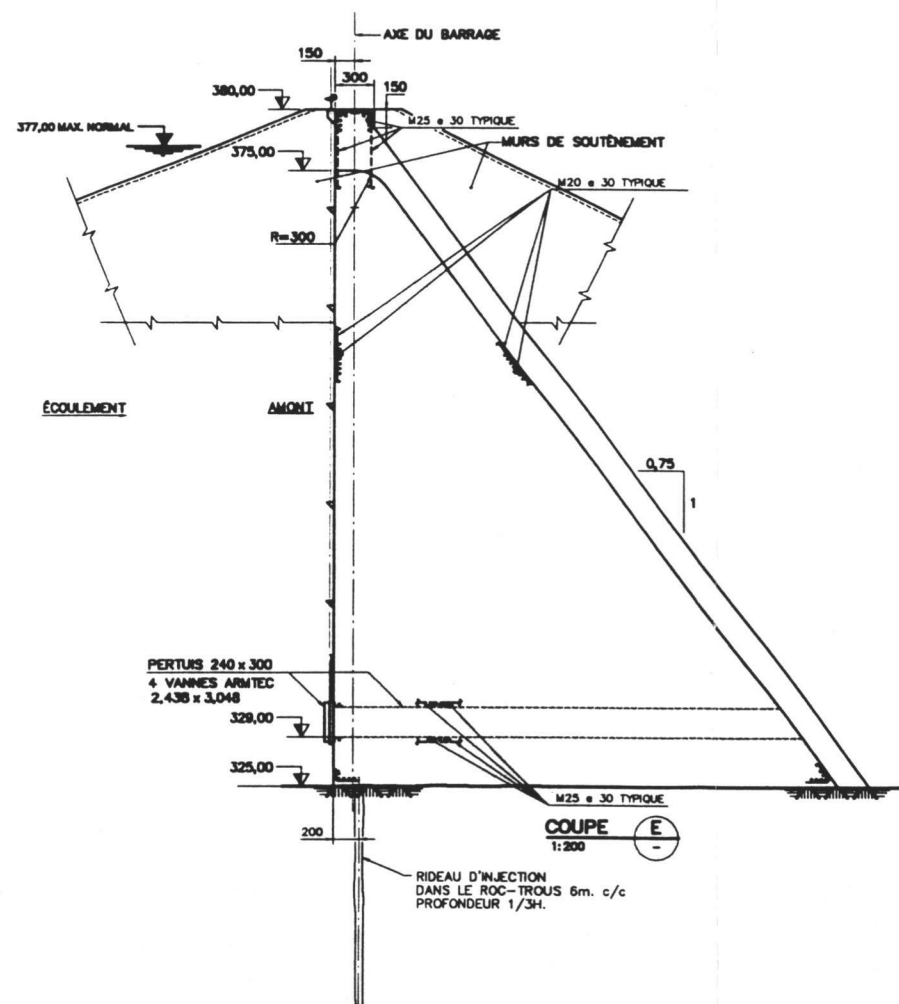
COUPE TYPE DE LA DIGUE
1:300



COUPE F (DÉVELOPPÉE)
1:3000



VUE EN PLAN
1:2000



COUPE E
1:200

QUANTITÉS PRINCIPALES: (APPROX.)

COUVERTURE ROC (m²)	COUVERTURE (m²)	ÉTENDUE (m²)	ACIER D'ARMATURE (t)	BOULE (m³)
10000	20000	10000	2000	100000

N°	NOTES
1	DANS L'ÉTAT FINAL, UNE LIGNE COUVERTE SERAIT L'AMONT EN PLAN POURRA ÊTRE CONSTRUITE.
2	POSSIBILITÉ DE PRÉVOIR UNE GALERIE D'ÉCOULEMENT D'ÉCOULEMENT ET DE DRAINAGE ESPACÉE À 20m DE LA FACE AMONT.
3	LOCALISATION EXACTE SERA DÉTERMINÉE DANS LE ÉTAT FINAL DES ÉTUDES.
4	ÉTENDUE: RÉGULIÈRE EN COMPRESSION (P) = 35 MPa @ 30 JOURS COUVERT TYPE 30 ARMÉMENT MAXIMUM @ 80mm
5	LES COUVERTS SONT EN COMPRESSION ET LES NIVEAUX SONT EN MÈTRES SUR NIVEAU GÉNÉRAL.
6	UTILISER CE SCHÉMA POUR LE DESSIN DES QUANTITÉS SÉPARÉMENT, NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION.

N°	RÉFÉRENCES	N°	DESIGN
1	CARTE TOPOGRAPHIQUE LAC D'OLÉRY 1:20000, SOUVENEMENT DU QUÉBEC MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES, SERVICES DE LA CARTOGRAPHIE.		
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			
74			
75			
76			
77			
78			
79			
80			
81			
82			
83			
84			
85			
86			
87			
88			
89			
90			
91			
92			
93			
94			
95			
96			
97			
98			
99			
100			

ÉCHELLE VISUELLE 10m RAPPORT 1:200

Gouvernement du Québec
Ministère de la Sécurité Publique
Direction Générale de la Sécurité Publique

TECSULT Inc.
TECSULT INC.
4000, rue Saint-Jacques
Montréal, Québec H3T 1A1

ÉTUDE DE MODÉLISATION DU BASSIN
VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE

SOLUTION PAR BARRAGE - RÉSERVOIR
SITE NEBNELLIS SUR LA HAUTE CHAUDIÈRE
SITUATION, PLAN ET COUPES

PROJETÉ PAR: P.R.T./E.A. RÉVISÉ PAR: F. Melan APPRUVÉ PAR: A. Bédard
PROJETÉ PAR: P.R. Tremblay RÉVISÉ PAR: F. Melan APPRUVÉ PAR: A. Bédard

Date: Janv. 1994 N° de projet: 4727 N° de plan: 5.15 01

6.0 SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE

Le tableau 6.1 présente une synthèse des principaux résultats pour les variantes retenues de chaque type de solution. Rappelons ici que la variante retenue pour chaque type de solution est celle qui présente l'efficacité hydraulique la plus élevée ou celle permettant de réduire le niveau de la crue centennale à celui de la crue vicennale à Sainte-Marie. Par la suite, l'examen des coûts et des répercussions sur l'environnement a été faite en se basant sur la conception préliminaire des ouvrages requis pour la variante retenue.

Le tableau n'indique que les abaissements des niveaux d'eau dans les villes où les inondations se produisent habituellement en eau libre. La ville de Beauceville n'apparaît pas sur ce tableau parce que les inondations qui s'y produisent sont causées par des embâcles de glace. Cette question est traitée dans le rapport d'étape 3.

Tableau 6.1

Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière

Synthèse des solutions aux inondations en eau libre

EXCAVATION		ENDIGUEMENT ET IMPERMÉABILISATION					BARRAGES - RÉSERVOIRS							
PARTIE 1 - DESCRIPTION DES SOLUTIONS														
Description	<u>Tronçon 1 - km 13,76 à 17,99</u> Largeur canal : 137 m Longueur canal : 4 230 m Profondeur moyenne d'excavation : 2,78 m Volume exc. roc : 1 000 000 m³ Volume exc. mort-terrain : 610 000 m³	Localités	Longueur (m)		# stations pompage	# bâtiments immunisés	Autres travaux	Barrage Réservoir Rivière	Volume utile x 10 ⁶ m³	Longueur crête (m)	Hauteur maximum (m)	Volume digue (m³)	Volume béton (m³)	Distance à localité (km)
			Digues terre	Murs ⁽¹⁾										
		Scott Jonction	1 470	830	5 grandes 1 petite	7 grands 2 petits	---	Plamondon Famine	9,6	216	36	44 400	31 700	Saint-Georges 6.3
		Taschereau- Fortier	---	---	---	19 grands 14 petits								
	Sainte-Marie	3 240	2 080	3 grandes 7 petites	---	Excavation rivière Volume : 110 550 m³ Modification réseau plu- vial	Morissette Famine	44,4	249	21	⁽²⁾ 65 250	13 200	Morissette Station 0,5	
	<u>Tronçon 2 - km 18,44 - 27,91</u> Largeur canal : 120 m Longueur canal : 9 470 m Profondeur moyenne : 1,56 m/m. lin. Volume exc. roc : 0 Volume exc. mort-terrain : 1 767 450 m³	Vallée-Jonction	570	390	2 grandes	6 petits	Modification réseau plu- vial	Au pont Linière	33,0	375	51	120 000	93 500	Saint-Georges 5.0
		Saint-Joseph	700	---	---	5 grands 12 petits	---							
		Notre-Dame- des-Pins	540	---	---	2 grands 2 petits	---	Nebnellis Chaudière	70,0	780	55	1 195 000	93 600	Lac Mégantic 13.0
		Saint-Georges	230	---	1 petite	23 petits	Rehaussement de rue (l = 150 m)							
		(1) Inclut murs existants à réparer ou à rehausser et construction de nouveaux murs							(2) Inclut volume des digues auxiliaires pour fermer le réservoir (hauteur moins de 10 m)					
100 ans							100 ans							
Durée de vie utile	100 ans	100 ans					100 ans							
Entretien annuel	Inspection des berges pour érosion	Inspection des berges pour érosion, fonctionnement clapets anti-retour émissaires, essais pompes					Inspection et graissage des vannes, inspection des talus digues et berges pour érosion, glissement de terrain							
Entretien aux 5 ans	Vérification érosion berges	Inspection des berges pour érosion, fonctionnement clapets anti-retour émissaires, vérification complète des pompes					Enlèvement des débris dans les pertuis, inspection des vannes et digues pour érosion, berges pour glissement de terrain							
Entretien aux 25 ans	Relevés bathymétriques et dragage d'entre- tien	Remplacement des pompes, vérification stabilité murs et digues					Vérification de la stabilité du barrage et des digues, remplacement des pièces métalliques endommagées							

TECSULT										
Tableau 6.1 (suite)										
Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière										
Synthèse des solutions aux inondations en eau libre										
	EXCAVATION			ENDIGUEMENT ET IMPERMÉABILISATION				BARRAGE - RÉSERVOIR		
PARTIE 2 - EFFICACITÉ HYDRAULIQUE - ABAISSEMENT DES NIVEAUX D'EAU POUR LA CRUE CENTENNALE										
Localité	N.E. avant (m)	N.E. après ⁽¹⁾⁽²⁾ (m)	Abaissement niveau d'eau (m)	Seuil d'inondation (m)	Niveau crue 1991 (m)	Niveau crue 100 ans (m)	Niveau protection retenu (m)	N.E. avant (m)	N.E. après ⁽¹⁾⁽²⁾ (m)	Abaissement niveau d'eau (m)
Scott Jonction - Taschereau Fortier	144,15	142,48 N.A. 1/2 NI	1,67	143,5	145,0	144,00	144,60	144,15	143,60 N.A. 1/7 If	0,55
Sainte-Marie (aval = km 24,5)	146,35	145,05	1,30	144,6	146,5	146,35	146,60	---	---	---
Sainte-Marie (pont - km 26,45)	147,23	146,06 N.A. 1/5 IM	1,17	144,6	147,0	147,23	147,30	147,23	146,52 N.A. 1/20 IF	0,71
Sainte-Marie (amont - km 27,0)	147,40	146,25	1,15	145,0	147,5	147,40	147,80	---	---	---
Vallée-Jonction (pont)	148,90	148,60	0,30	148,1	149,0	148,90	149,60	148,90	147,75 NI	1,15
Saint-Joseph (pont)	150,10	149,90 N.A. 1/40 IM	0,20	148,6	149,7	150,10	150,30	150,10	148,85 N.A. 1/4 If	1,25
Notre-Dame-des-Pins (pont)	158,90	158,90	0,00	158,6	160,0	158,90	160,00	158,90	158,30 NI	0,60
Saint-Georges (pont)	164,30	164,30	0,00	165,9	165,0	164,30	165,00	164,30	163,59 NI	0,71

(1) Référence : Tecsalt, Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière, Rapport d'étape 1, Mars 1993, figures 7.6 à 7.14, Statistiques, période 1965-1992

(2) N/A 1/7 Niveau atteint 1 fois dans 7 ans

I = Inondation F = Forte M = Moyenne f = faible NI = pas d'inondation

TECSULT		Tableau 6.1 (suite)	
Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière			
Synthèse des solutions aux inondations en eau libre			
	EXCAVATION	ENDIGUEMENT ET IMPERMÉABILISATION	BARRAGE - RÉSERVOIR
PARTIE 3 - RÉPERCUSSIONS SUR L'ENVIRONNEMENT			
Zone touchée	Scott Jonction à Sainte-Marie, rivière, propriétés riveraines et exutoires des tributaires de la Chaudière	Propriétés et terrains riverains des zones touchées par les travaux	Propriétés riveraines des sites de barrages et propriétés (terrain, bâtiment, infrastructures), situées dans les réservoirs
Pendant les travaux	<u>Milieu biophysique</u> • Destruction des frayères en rivière • Élimination des substrats perturbation des organismes benthiques • Compaction des sols agricoles, bris de végétation • Perte d'habitats <u>Milieu humain</u> • Perturbation par le bruit, la poussière et la circulation des véhicules lourds • Réduction des superficies cultivées le long de la rivière	<u>Milieu humain</u> • Perte temporaire d'utilisation des terrains • Réduction temporaire de la qualité de vie des résidents à cause du bruit, de la poussière, de la perturbation de la circulation <u>Milieu biophysique</u> • Réduction temporaire de la qualité de l'eau • Perte temporaire d'habitats aquatiques le long des berges	<u>Milieu biophysique</u> • Destruction des frayères au droit des zones de travaux • Élimination des substrats, perturbations des organismes benthiques au droit des zones de travaux • Compaction des sols, bris de végétation • Pertes d'habitats <u>Milieu humain</u> • Perturbation par le bruit, la poussière et la circulation de véhicules lourds
Présence des ouvrages	• Réduction des profondeurs d'eau en été principalement du km 17 à 18,44 • Augmentation des vitesses d'écoulement en période de crue : érosion locale des berges • Réduction des zones de frai dans les tributaires • Perte d'habitats pour la faune à cause excavation d'une partie de l'île Perrot	• Réduction de l'accès à la rivière à cause des murs • Perte de terrain agricole à cause de la présence des digues • Perte d'habitats terrestres et aquatiques le long des berges • Perception visuelle réduite sur la rivière en rive ouest	• Mortalité de la végétation dans les réservoirs pertes d'habitats • Modification des conditions d'écoulement au printemps (avril, mai) • Submersion des terrains pendant avril et mai : perte d'utilisation des terrains dans les réservoirs • Modification possible des utilisations des sols (agriculture, foresterie) • Rehaussement ou déplacement de routes, bâtiments
Sévérité des répercussions	<u>Milieu biophysique</u> Impact fort à moyen terme sur 14 km de rivière : perte d'habitats. À long terme, le milieu se reformera et l'impact du projet disparaîtra <u>Milieu humain</u> À long terme, l'augmentation de la profondeur d'eau en amont de Scott Jonction améliore l'aspect esthétique de la rivière. En aval, un impact peut demeurer en étiage dû à la réduction de la profondeur d'écoulement : impact faible	<u>Milieu biophysique</u> Impact faible à cause de la faible étendue des zones touchées <u>Milieu humain</u> Réduction de la visibilité sur la rivière à certains endroits : impact faible	<u>Milieu biophysique</u> Impact faible à long terme, développement d'écosystèmes productifs adaptés aux nouvelles conditions hydrologiques <u>Milieu humain</u> Impact faible à modéré à cause de la perte temporaire d'utilisation des sols et du nombre peu élevé des propriétés privées touchées par les réservoirs
Mesures de mitigation	Possibilité d'augmenter la profondeur d'écoulement à Scott Jonction par l'ajout d'une digue temporaire pour rehausser les niveaux d'eau pendant l'été ou d'un barrage mobile (gonflable). Protection des berges par techniques de bio-ingénierie ou enrochement	• Travaux d'aménagement paysager à définir avec les propriétaires pour harmoniser les ouvrages avec les terrains adjacents • Planification des travaux pour réduire les inconvénients pour les résidents • Utilisation de méthodes d'excavation du lit réduisant la mise en suspension des sédiments	Rehaussement ou déplacement des infrastructures (routes, pont), endiguement des propriétés, relocalisation des résidents (voir tableau 5.8)

TECSULT		Tableau 6.1 (suite)				
Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière						
Synthèse des solutions aux inondations en eau libre						
	EXCAVATION		ENDIGUEMENT ET IMPERMÉABILISATION		BARRAGE - RÉSERVOIR	
PARTIE 4 - COÛTS DES TRAVAUX						
Coûts regroupés	Tronçon	Coût \$ x 10 ⁶	Localité	Coût \$ x 10 ⁶	Réservoir	Coût \$ x 10 ⁶
	km 13,76 - 17,99	42,48	Scott Jonction	6	Plamondon	9,2
	km 18,44 - 27,91	11,23	Taschereau-Fortier	1,35	Morissette	5,0
	Total	53,50	Sainte-Marie	15,3	Linière	23,75
			Vallée-Jonction	2,7	Nebnellis	38,00
			Saint-Joseph	0,825	Total	75,92
			Notre-Dame-des-Pins	0,4		
			Saint-Georges	0,6		
			Total	27,175		
Avantages économiques	Réduction des dommages dus aux inondations pour les crues de moins de 20 ans (en général) à Scott-Jonction et Sainte-Marie. Réduction des dommages de Scott-Jonction à Vallée Jonction.		Protection complète, donc aucun dommage résiduel pour les crues de 100 ans et moins. Possibilité d'augmentation des revenus fiscaux municipaux à cause augmentation valeur des propriétés dans la zone protégée.		Réduction des dommages dus aux inondations pour les crues de moins de 20 ans (général). Possibilités de revenus ou de réduction de coûts tirés d'autres utilisations des réservoirs (tourisme, loisir, production électrique, alimentation en eau, soutien étiage. Réduction des dommages de Saint-Georges à Scott-Jonction.	
Inconvénients économiques	Dommages résiduels pour les crues de plus de 20 ans à Scott-Jonction et Sainte-Marie. Faible réduction des dommages en amont de Sainte-Marie. Aucun autre avantage économique indirect (revenu, augmentation valeur propriété). Diminution du potentiel de réduction des dommages de Scott-Jonction vers Vallée Jonction.		Aucun bénéfice économique en dehors des zones protégées. Pertes catastrophiques en cas d'inondations d'une période de retour de plus de 100 ans en cas d'augmentation importante de la valeur des propriétés dans la zone protégée.		Dommages résiduels pour les crues de plus de 20 ans à Scott-Jonction et Sainte-Marie. Diminution du potentiel de réduction des dommages de Saint-Georges vers Scott-Jonction.	

LISTE DES OUVRAGES CITÉS

- 1- Roche, (1985). Étude d'impact du projet de protection contre les inondations à Sainte-Marie. Rapport final. Québec, octobre 1985.
- 2- Caron, N., (1985). Note de service. Protection contre les inondations à ville de Sainte-Marie - Rivière Chaudière. Dossier 23906/1913. Ministère de l'Environnement du Québec, Direction de l'hydraulique. Québec, 2 mai 1985.
- 3- Beaulieu, F., (1991). Enregistrement filmé sur vidéo de la crue de 1991. Ministère de l'Environnement du Québec, Direction régionale, Beauce-Appalaches. Sainte-Marie, 12991.
- 4- Lacroix, J. et al, (1992). Rapport final du groupe de travail sur les mesures d'intervention (embâcles sur la rivière Chaudière). Ministère de la Sécurité Publique, Direction générale de la Sécurité Civile. Québec, 20 février 1992. Rapport de 26 pages, 7 annexes et 8 cartes des zones propices à la formation d'embâcles.
- 5- Ministère des Transports du Québec. Reconnaissance des sols, pont sur la route 171 au-dessus de la rivière Chaudière. Dossier PO-91-16133-30/32. Québec, 1993.
- 6- La Houille Blanche, (1993). L'avenir de l'eau. Synthèse des travaux présentés au XXII. Journées de l'hydraulique de la société hydrotechnique de France. Numéro spécial 6/7/1993.
- 7- Environnement Canada et Ministère des Richesses Naturelles du Québec, (1978). Carte du risque d'inondation, Rivière Chaudière, Province de Québec. Échelles 1:2 000 et 1:5 000. Feuilles R.I. 21L-11-020, 06-020, 07-020, 07-050, 02-050, 02-020 (5120 à 5148).
- 8- Tecsalt, (1993). Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière. Rapport d'étape 1. Les effets du développement sur le comportement de la rivière (2 volumes). Mars 1993.
- 9- U.S. Army Corps of Engineers, (1990). HEC-2 Water Surface Profiles. Users Manual CPD-2A. September 1990.
- 10- Llamas, J., (1966). Rivière Chaudière. Courbes de remous dans la région des eaux mortes. Ministère des Richesses Naturelles du Québec. Rapport R-2. Québec, 1966.

LISTE DES OUVRAGES CITÉS (suite)

- 11- Boisvert, R. et al, (1969). Étude de canalisation, rivière Chaudière, section des eaux mortes. Ministère des Richesses Naturelles du Québec, Service de l'aménagement hydraulique. Division études. Québec, 29 octobre 1969.
- 12- Hoang, V.D., (1988). Étude d'impact du creusage et de l'enlèvement de l'île Perrot sur la réduction des inondations de la rivière Chaudière, section entre Scott Jonction et Sainte-Marie. Ministère de l'Environnement du Québec, Direction générale des ressources hydriques, Direction de l'hydraulique. Québec, avril 1988.
- 13- Paquet, G. et al, (1976). Étude physico-chimique et inventaire ichtyologique sommaires d'un secteur de la rivière Chaudière, 1976. Ministère du Loisir, de la Chasse et la Pêche. Rapport non publié.
- 14- Chow, V.T., (1959). Open Channel Hydraulics. McGraw Hill. 1959.
- 15- Monfet, J., Couette, A., (1984). Rivière Chaudière, Sainte-Marie de Beauce. Analyse des effets d'un endiguement sur le niveau d'eau en amont. Ministère de l'Environnement du Québec, Direction générale des ressources hydriques. Sainte-Foy, octobre 1984.
- 16- Roche, (1984). Estimation des dommages dus aux inondations à Sainte-Marie (Beauce). Étude de rentabilité des solutions proposées. Dossier 3799.0000. Québec, août 1984.
- 17- Linsley, R.K., Franzini, J.B., (1989). Water Resources Engineering. McGraw Hill. 1989.
- 18- Walesh, S.G., (1989). Urban Surface Water Management. John Wiley & Sons Inc. 1989.
- 19- Burrell, B., (1994). Mitigation Measures. Chapter 7. Monograph on Ice Jams. Water Resources Publication. Fort Collins, Colarodo. (Document à paraître en 1994).
- 20- Commission des Eaux Courantes de Québec, (1918). Septième rapport annuel. Québec, 1918.
- 21- Harvey, B., et al, (1986). Rivière Chaudière. Étude de l'atténuation des crues. Ministère des Richesses Naturelles du Québec. Rapport R-5. Québec, 1968.

LISTE DES OUVRAGES CITÉS (suite)

- 22- U.S. Army Corps of Engineers, North Pacific Division. SSARR - Model Streamflow. Synthesis and Reservoir Regulation. User's Manual, Draft Reprinted. January 1991.
- 23- Rochette, P., (1988). Contributions au zonage agroclimatique du Québec méridional. Thèse de doctorat, faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation. Université Laval, Québec, décembre 1988.
- 24- Hoang, V.D., Robert, B., (1981). Prévision des apports hydriques au lac Memphrémagog. Revue canadienne de génie civil. Volume 8, n° 4. Conseil National de Recherches du Canada. Ottawa, 1981.
- 25- Rousseau, Sauvé, Warren, (1976). Étude de prévision des crues de l'Outaouais. Montréal, 1976.
- 26- Dumont, R., (1986). Note de service. Plan de gestion du lac Mégantic. Dossier 4141-03-02-0001522. Ministère de l'Environnement du Québec, Direction générale des ressources hydriques. Québec, 4 novembre 1986.
- 27- Paquet, G., (1970). Inventaire de la rivière Linière. Affluent «est» de la Chaudière. Comtés de Beauce, Frontenac. Service de la faune du Québec. Extrait du Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche du Québec. Rapport 5:95-109.
- 28- Lacroix, J. et al, (1991). Inondations de la rivière Chaudière. Rapport du comité interministériel sur les problèmes des inondations de la rivière Chaudière. Sainte-Foy, 15 octobre 1991.
- 29- Smith, C.D., (1992). Selection of Design Flood Frequencies for Hydraulic Structures. National Research Council of Canada. Con. Civ. Eng. 20.582-586. (1993).
- 30- Lavoie, J.G. et Talbot, J., 1988. Stratégies de reproduction des espèces de poissons frayant en eau douce au Québec. MLCP, Direction de la gestion des espèces et des habitats. Document interne, 39 p.
- 31- Killgore, J., Hardy et Jordan, J., 1992. An aquatic habitat appraisal guide for evaluating fish habitat. Habitat evaluation notes and instream flow chronicle. October, Vol. II, N° 4, Conference Services, n.p.

LISTE DES OUVRAGES CITÉS (suite)

- 32- Trancia, G. (Ed.), 1987. Guide de conservation des habitats aquatiques et riverains dans le cadre de l'aménagement en zone agricole. MLCP, Service des études écologiques, pagination multiple.
- 33- Clément, A.-M., 1985. Impact des travaux de canalisation sur la faune benthique des cours d'eau en milieu agricole. MLCP, Direction générale de la aune, 77 p.

BIBLIOGRAPHIE

Hydro-Québec, (1991). Vocabulaire de l'exploitation des barrages. Hydro-Québec, Montréal 1990.

Proulx, H. et al, (1987). Climatologie du Québec méridional. Publication M.P.65 Ministère de l'Environnement du Québec. Direction de la météorologie. Québec, 1987.

Rousselle, J. et al, (1990). Hydrologie des crues au Canada. Guide de planification et de conception. Conseil National de Recherches du Canada. Ottawa, 1990.

Triquet, C., (1965). Plan d'ensemble des travaux remédiateurs de la rivière Chaudière. Contrôle des inondations à la débâcle. Ministère des Richesses Naturelles du Québec. Rapport 1A. Québec, 1965.

Société Canadienne d'hypothèques et de logements, (1983). Les terrains difficiles. La construction dans une zone inondable. Rapport LNH 5701 1/84

ANNEXE A

Méthodologie des relevés bathymétriques effectués par GPR International Ltée

**LEVÉS BATHYMÉTRIQUES
RIVIÈRE CHAUDIÈRE**

Présenté à:

TECSULT INC.
85, rue Ste-Catherine Ouest
Montréal (Québec)
H2X 3P4

Présenté par:

GÉOPHYSIQUE GPR INTERNATIONAL INC.
2545, rue Delorimier
Longueuil (Québec)
J4K 3P7

JUILLET 1993

M-92352



TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
1. INTRODUCTION	1
2. DESCRIPTION DES TRAVAUX	1
3. MÉTHODOLOGIE	1
3.1 Arpentage	1
3.2 Bathymétrie	2
4. DÉROULEMENT DES TRAVAUX	2
5. RÉSULTATS	3
6. CONTRÔLE DE LA QUALITÉ	3
7. PRÉCISION DES RÉSULTATS	3
8. CONCLUSION	4

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 PLAN DE LOCALISATION

ANNEXE 2 LISTE DES POINTS ALTIMÉTRIQUES

ANNEXE 3 RÉSULTATS



1. INTRODUCTION

Le 30 mars 1993, Tecsult Inc. retenait les services de Géophysique GPR International Inc. pour la réalisation de levés bathymétriques sur la rivière Chaudière dans la région de la Beauce. Les résultats de ces sondages serviront à l'étude de modélisation du bassin versant de cette rivière.

2. DESCRIPTION DES TRAVAUX

Les travaux consistent en 94 transects espacés d'environ 500 mètres. La longueur de la zone de travail est d'environ 63 km le long de la rivière Chaudière. Le transect le plus en amont est situé à St-Georges et, le plus en aval, à Scott Jonction. L'annexe 1 présente un plan de localisation des lignes. Les profils ne couvrent que le chenal principal soit les tronçons de rivière où la profondeur est suffisante pour permettre à une chaloupe de naviguer.

3. MÉTHODOLOGIE

Les levées ont été effectuées peu après le départ des glaces au printemps afin de profiter du niveau d'eau élevé de la rivière à cette période de l'année.

Deux équipes de terrain de deux personnes ont été affectées au projet. La première équipe avait pour mission d'implanter des piquets au début de chacune des lignes et de niveler le dessus des piquets à partir de points altimétriques reliés au système géodésique québécois. La seconde équipe a effectué les relevés bathymétriques.



3.1 Arpentage

La localisation des lignes sur le terrain s'est fait à partir des cartes à l'échelle 1:2000 et 1:5000 fournies par Tecsalt au début du projet. L'équipe d'arpentage a installé deux piquets par ligne et ceux-ci ont été positionnés à l'aide des repères visuels disponibles sur les lieux (ruisseaux, maisons, routes, ponts, etc.).

Les coordonnées indiquées sur les profils ont été mesurées sur les plans et sont en SCoPQ, NAD 27. Sur chacune des lignes, au moins un piquet a été rattaché en élévation à un ou plusieurs points altimétriques du Ministère de l'énergie et des ressources (Québec). La référence est le niveau moyen des mers (NMM-29). Le nivellement se faisait généralement par mesure d'angle et de distance à l'aide d'une station totale. À quelques occasions, un niveau conventionnel a été utilisé. La liste des points altimétriques utilisés est présentée à l'annexe 2.

3.2 Bathymétrie

L'équipe de bathymétrie a mesuré l'élévation de la surface de l'eau à partir des piquets à chacune des lignes. Cette élévation a été utilisée pour convertir les profondeurs en élévation sur les profils. Le positionnement des mesures sur la ligne s'effectuait à l'aide d'un système Del Norte 542. Une station de référence était installée au début de chaque ligne. La console à bord de la chaloupe mesurait la distance du début de la ligne à toutes les secondes durant les sondages. Les profondeurs étaient enregistrées en continu sur papier. L'appareil utilisé était un bathymètre de la compagnie Raytheon, modèle 719B. À tous les 20 mètres de relevé, l'opérateur générait une marque de repère sur l'enregistrement et notait la distance. Un exemple d'enregistrement du bathymètre est présenté à la figure 1.



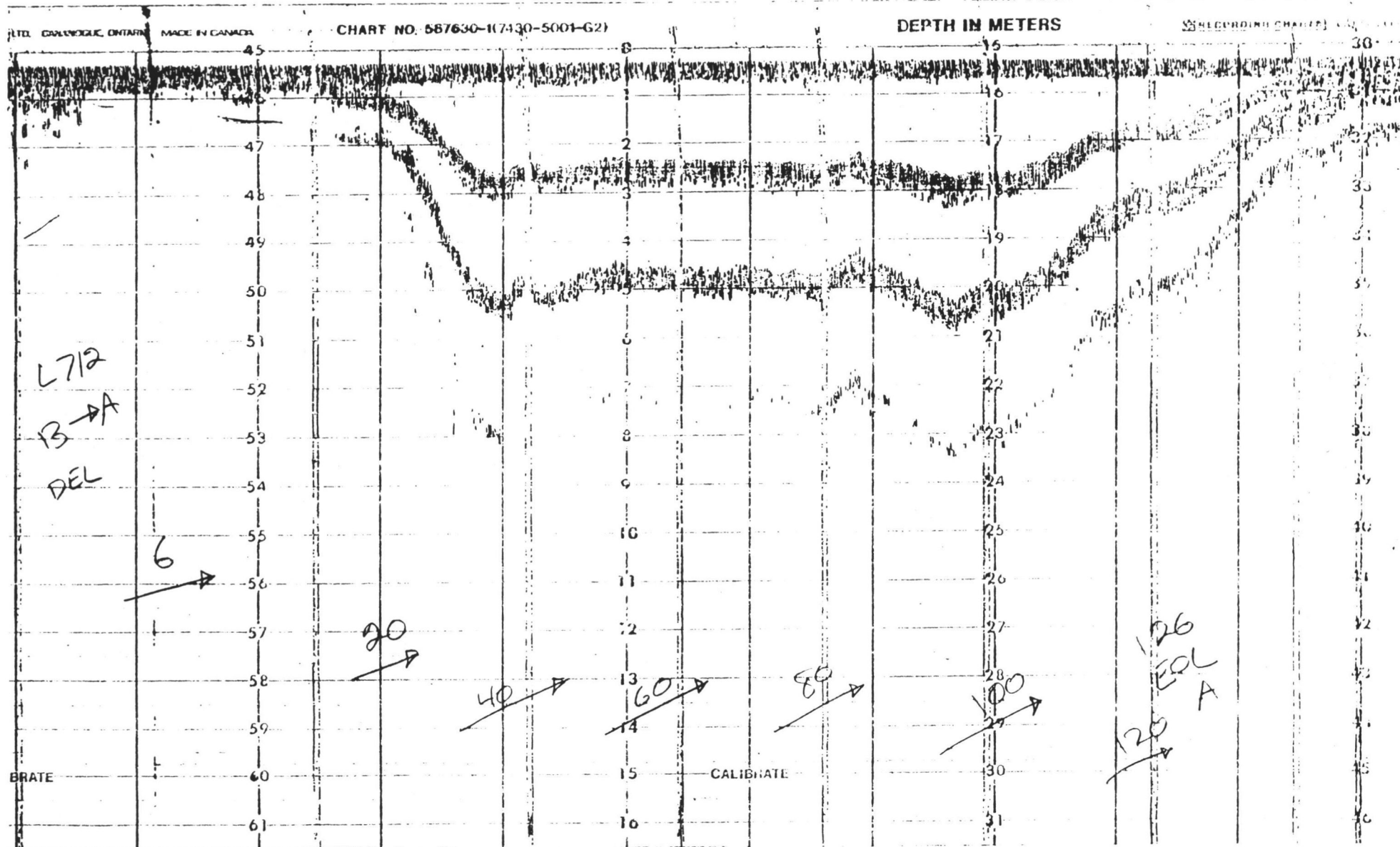


FIGURE 1

EXEMPLE D'ENREGISTREMENT BATHYMÉTRIQUE

4. DÉROULEMENT DES TRAVAUX

L'équipe d'arpentage a mobilisé le 22 avril 1993. Les travaux se sont déroulés pendant 17 jours consécutifs (la météo ayant été particulièrement favorable). L'équipe a démobilisé le 8 mai. Les lignes ont été implantées d'amont en aval, à l'exception des quatre lignes les plus en aval, qui ont été implantées en premier.

L'équipe de bathymétrie a mobilisé le 27 avril 1993. Les sondages ont été effectués en 11 jours. Les lignes ont été sondées dans le même ordre qu'implantées par l'équipe d'arpentage.

5. RÉSULTATS

Les résultats sont présentés à l'annexe 3 sous forme de profil en travers, l'échelle horizontale est de 1:1000 et verticale de 1:100. Chacun des 94 profils est accompagné d'un plan de localisation général qui situe le segment de rivière où se trouve la ligne par rapport aux villages environnants et d'un plan de localisation plus précis qui montre l'emplacement exact de la ligne sur la rivière. Les coordonnées de début et de fin de ligne sont indiquées au-dessus des profils ainsi que l'élévation du niveau au moment des sondages avec la date et l'heure du relevé. Les profondeurs ont été mesurées en continu avec le bathymètre et une profondeur, à tous les deux (2) mètres le long des lignes, a été utilisée pour tracer le profil. Lorsqu'une bosse ou un trou se situait entre deux points réguliers, des profondeurs supplémentaires étaient mesurées pour s'assurer que le relief tracé soit conforme à la réalité.

Les profondeurs maximales enregistrées varient de 2 à 6 mètres. Le fond est généralement peu accidenté. Les lignes ont une longueur moyenne de 140 mètres. Environ 15 lignes sont entrecoupées par des îles. La différence de niveau d'eau entre la ligne la plus en amont et la ligne la plus en aval est de 22 mètres.



6. CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

Le bathymètre et le système de positionnement étaient calibrés quotidiennement avant d'effectuer les sondages. La calibration du bathymètre s'effectuait à l'aide d'une plaque submergée suspendue à un filin gradué. Celle du système de positionnement est obtenue en comparant les lectures de l'appareil sur une distance connue.

De plus, pour s'assurer que les débuts et fins de lignes, implantés à partir des plans fournis par le client étaient suffisamment précis, quelques uns de ces points ont été vérifiés par arpentage conventionnel. Les différences entre les coordonnées obtenues des plans et celles mesurées par arpentage étaient généralement inférieures à 5 mètres, démontrant ainsi la bonne précision des coordonnées prélevées sur les plans.

Toutefois, dans les zones où il n'y avait que peu de points de repères pour implanter les lignes, on pouvait s'attendre à une précision de l'ordre de ± 10 mètres.

7. PRÉCISION DES RÉSULTATS

La précision du bathymètre est de ± 10 cm sur les mesures de l'appareil. Le nivellement des piquets ayant été reliés à des points altimétriques par trigonométrie, la précision des élévations des piquets est d'environ 20 cm. Selon nous, la précision verticale moyenne est de ± 20 cm et au maximum ± 30 cm, ce qui est en deça des exigences du devis.

La précision du système de positionnement Del Norte 542 est de l'ordre de ± 2 mètres pour la mesure de la distance par rapport à la rive. L'écart latéral de l'embarcation par rapport à la ligne est estimé à ± 3 mètres.

Finalement, étant donné que les piquets étaient implantés à partir d'une carte topographique, la précision des coordonnées est estimée à environ ± 5 mètres ou mieux dans 90% des cas et à environ ± 10 mètres pour les autres cas. Ceci a été corroboré sur le terrain par l'arpentage de quelques points parmi les 94 transects.



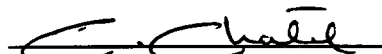
8. CONCLUSION

Cette étude a permis de réaliser un profil bathymétrique pour chacun des 94 transects de la rivière Chaudière prélevés entre St-Georges et Scott Jonction.

Si, dans une phase ultérieure, la précision de la localisation horizontale s'avère indispensable, il sera toujours possible, à court terme, de faire arpenter les débuts et fins de chaque transect et de les relier à un point géodésique reconnu puisque des piquets de références en bois ont été laissés sur place.

Géophysique GPR International Inc. tient à remercier tous les intervenants de Tecslut qui ont contribué à la bonne marche de ce projet.

Ce rapport a été rédigé par M. Christian Chatel, tech. et approuvé par M. France Goupil, ing. géoph.


Christian Chatel, tech.


France Goupil, ing. géoph.



ANNEXE B

**Données et résultats de l'étalonnage
du modèle hydrologique au moyen du logiciel SSARR**

ANNEXE B

Données et résultats de l'étalonnage du modèle hydrologique au moyen du logiciel SSARR

TABLE DES MATIÈRES

1.0	DESCRIPTION DU LOGICIEL SSARR	B-1
2.0	ÉTALONNAGE DU MODÈLE	B-3
2.1	Données du calage	B-3
2.1.1	Données hydro-météorologiques	B-3
2.1.2	Caractéristiques physiques du bassin	B-4
2.1.3	Paramètres météorologiques	B-4
2.1.4	Paramètres hydrologiques du bassin	B-10
2.1.5	Paramètres de laminage	B-12
3.0	RÉSULTATS DU CALAGE DU MODÈLE	B-16

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXE B

Données et résultats de l'étalonnage du modèle hydrologique au moyen du logiciel SSARR

1.0 DESCRIPTION DU LOGICIEL SSARR

Le logiciel SSARR est basé sur un modèle déterministe permettant, grâce à deux sous-modèles, de :

- reconstituer les débits du cours d'eau à partir des paramètres physiques du bassin versant et des données météorologiques: «Sous-modèle du bassin versant»;
- simuler la propagation des débits dans les tronçons du cours d'eau: «Sous-modèle du système des cours d'eau»;
- simuler la régularisation des réservoirs et des lacs naturels selon les règles de gestion pré-établies.

L'algorithme du modèle est expliqué d'une manière détaillée dans le manuel d'utilisation du SSARR (réf. 6) ainsi que dans le manuel d'hydrologie de Ponce (réf. 12). La figure 5.2 (section 5.4.1) représente le logigramme du processus de la modélisation hydrologique du bassin versant par le modèle SSARR.

Le modèle utilise 13 paramètres pour résoudre les équations de transfert de l'eau à partir des données météorologiques. Ces paramètres sont divisés ainsi :

- précipitations (facteur de pondération W_p) qui influencent l'indice d'humidité du sol (SMI);
- évapotranspiration potentielle (PET) basée sur un index (ETI) et un facteur de réduction lors de précipitation (KE). L'évapotranspiration influence l'indice d'humidité du sol (SMI);

- indice de ruissellement (ROP) fonction de l'indice d'humidité du sol (SMI);
- l'écoulement de base (RB) sous forme d'un indice (BII) influencé par le ruissellement (BFP);
- l'écoulement souterrain (RSS) en proportion de l'écoulement total de surface (RS) et souterrain (RGS) qui atteint le cours d'eau;
- le temps de stockage de l'eau par incrément de temps (K) dans la zone où la composante de l'écoulement prend place (*surface* RS, *écoulement de base* RB et *écoulement souterrain* RSS) et du nombre d'incréments (N) (tranche ou réservoir) représentant la zone où l'écoulement se fait;
- le temps de stockage de l'eau (TS) dans la rivière en fonction du débit et d'une constante (KTS) définie par itérations.

2.0 ÉTALONNAGE DU MODÈLE

L'objectif de la modélisation hydrologique est de pouvoir simuler fidèlement les crues de printemps, résultant de la fonte du couvert de neige, et celles d'été provoquées par des averses importantes. Comme il existe plusieurs paramètres à régler et qu'il y a un manque des données adéquates, certains paramètres ont dû être estimés, soit à partir des études hydrologiques antérieures du bassin de la Chaudière, ou soit à partir des résultats de simulation dans d'autres bassins situés au Québec, comme celui de la rivière des Outaouais (réf. 8) ou de la rivière Romaine (N. Kang, communication personnelle).

Le réglage du modèle consiste à optimiser, par rapport aux valeurs observées, le volume et le débit de pointe des hydrogrammes reconstitués. Après la calibration, il serait nécessaire de vérifier les paramètres ajustés avec les données d'autres crues afin de valider le principe d'étalonnage.

Les hydrogrammes de certaines crues de printemps et d'été, observées dans les sous-bassins de la rivière Chaudière, ont été choisis pour l'étalonnage du modèle. Les résultats de simulation seront analysés en fonction des écarts existants entre les valeurs des débits journaliers observées et reconstituées (c'est-à-dire volume et débit de pointe). Comme les valeurs observées, obtenues par des stations automatiques présentent généralement une précision de l'ordre de 5 à 10%, le réglage du modèle par l'ajustement des paramètres devrait être réalisé dans une limite maximale d'écart de l'ordre de 10%.

2.1 Données du calage

Les données requises pour le modèle sont décrites dans les sections ci-dessous.

2.1.1 Données hydro-météorologiques

Les données des débits journaliers disponibles, utilisées pour vérifier les débits reconstitués, proviennent du Ministère de l'Environnement du Québec

(MENVIQ). Le tableau B-2.1 résume les caractéristiques des stations limnimétriques. Les caractéristiques des stations météorologiques, d'où proviennent les données journalières de pluie, de neige et de température sont récapitulées dans le tableau B-2.2. Ces données permettent de reconstituer les crues de printemps et d'été.

Les données d'évapotranspiration ont été obtenues à partir de stations de mesure situées au Québec (références 8 et 10). Le tableau B-2.3 donne les taux de l'évapotranspiration en mm/jour en regard de chaque mois.

2.1.2 Caractéristiques physiques du bassin

Les caractéristiques physiques du bassin versant sont représentées par les données suivantes:

- la superficie;
- la courbe hypsométrique, qui représente la relation entre le pourcentage de la superficie du bassin et l'altitude.

Les figures B-3.1 à B-3.5 représentent les courbes hypsométriques des différents sous-bassins des principaux affluents de la rivière Chaudière.

2.1.3 Paramètres météorologiques

Les paramètres météorologiques comprennent :

- les précipitations (pluies, neige);
- les températures de l'air;
- les taux d'évaporation.

**MODÉLISATION HYDROLOGIQUE DU BASSIN
VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE**

Tableau B-2.1

Caractéristiques des stations hydrométriques

Nom de la station	Numéro	Nature des données	Période d'observation	Coordonnées
Chaudière - Mégantic	023427	J, N	1976-1991	45°34'26" N - 70°52'50" N
Chaudière - Sartigan	023429	J	1969-1991	40°05'52" N - 70°39'22" N
Famine/Saint-Georges	023422	J	1964-1966	46°09'51" N - 70°38'23" N
Rivière du Loup/Linière	023423	J	1964-1966	---
Saint-Victor	023421	J	1964-1972	---
Chaudière/Saint-Lambert	023402	J, N	1915-1991	46°35'16" N - 71°12'59" N
Notes: J = Jaugeage N = Limnimétrie				

**MODÉLISATION HYDROLOGIQUE DU BASSIN
VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE**

Tableau B-2.2

Caractéristiques des stations météorologiques

Nom de la station	Numéro	Nature des données	Période d'observation	Coordonnées	Altitude (m)
Lac Mégantic-2	7023677	P, T, H	1914-1982	45°35" N - 70°54" W	404
Saint-Come-de-Linière	7027083	P, T	1965-19..	46°03" N - 70°31" W	244
Saint-Théophile	7027750	P, T	1950-1966	45°56" N - 70°29" W	395
Saint-Camille	7026930	P, T	1963-1986	46°28" N - 70°11" W	389
Vallée Jonction	7028676	P, T, H	1965-1986	46°23" N - 70°56' W	152
Scott	7027840	P, T, H	1950-1974	46°30" N - 71°05" W	125

Notes: P = Pluie + neige

T = Température

H = Humidité

**MODÉLISATION HYDROLOGIQUE DU BASSIN
VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE**

Tableau B-2.3

Taux mensuels d'évapotranspiration (mm/j)

Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
0	0	0,1	0,6	2,9	3,9	4,2	3,5	2,2	0,6	0,1	0

Note: Ces valeurs pour la zone 1 sont tirées du tableau 2.8 et de la figure 2.3 présentés par Rochette (1988) dans sa thèse de doctorat.

Réf.: Rochette (1988)

2.1.3.1 Facteurs de pondération

Les facteurs de pondération ont une grande influence sur les volumes de ruissellement et permettent de transformer les données météorologiques ponctuelles en données moyennes sur l'ensemble du bassin considéré selon l'expression suivante:

$$P_m = [P_1 W_1 + P_2 W_2 + P_N W_N] / N \quad (1)$$

dans laquelle:

- P_m : Valeur moyenne de la pluie ou de la neige
- $P_1, \dots, P_N$: Valeur de la pluie ou de la neige à chaque station
- $W_1, \dots, W_N$: Facteurs de pondération correspondants
- N : Nombre des stations

Initialement, les facteurs de pondération des pluies et de la neige ont été estimés par la méthode des polygones de Thiessen et ces valeurs ont été ensuite ajustées d'après la calibration (tableau B-2.4).

2.1.3.2 Facteur de réduction du taux d'évapotranspiration

Le taux d'évapotranspiration exerce une influence relativement faible sur les résultats des simulations. Les taux d'évapotranspiration sont déterminés à partir des taux d'évapotranspiration du tableau B-2.3 en appliquant un facteur de réduction dépendant de l'intensité des précipitations, tel que montré sur la figure B-3.6. Ce facteur est tiré d'études antérieures réalisées au Québec (réf. 8 et 13).

**MODÉLISATION HYDROLOGIQUE DU BASSIN
VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE**

Tableau B-2.4

Facteur de pondération des données météorologiques (%)

Facteur de pondération	N° des stations météorologiques					
	7023677 Lac Mégantic	7026930 Saint-Camille	7027083 Saint-Cône-de-Linière	7027750 Saint-Théophile	7027840 Scott	7028676 Vallée-Jonction
Pluie	130	125	130	130	130	130
Neige	100	110	110	130	130	130

2.1.3.3 Température de gel des puits, seuil de fonte, gradient vertical de température

Les valeurs de ces trois paramètres ont été obtenues à partir d'études hydrologiques réalisées dans le bassin de la Chaudière et dans d'autres bassins du Québec (réf. 3, 7 et 8), et elles sont les suivantes :

- température de gel: - 1°C
- seuil de fonte: + 1,6°C
- gradient vertical de température: 0,0065°C/m

2.1.4 Paramètres hydrologiques du bassin

Les paramètres hydrologiques entrent dans le processus de détermination des composantes de l'écoulement et de l'hydrogramme à l'exutoire.

2.1.4.1 Courbe de retrait du manteau nival

Ce paramètre illustre le retrait de la couverture nivale durant la période de fonte. Il est représenté par la courbe de retrait de la superficie du manteau nival déterminée en fonction du ruissellement saisonnier cumulé. Cette courbe présentée sur la figure B-3.7 a été déduite des études antérieures (réf. 8 et 13).

2.1.4.2 Indice de l'humidité du sol (SMI-ROP)

Ce paramètre détermine le taux de ruissellement (ROP) en fonction de l'humidité du sol (SMI). Ses valeurs ont été estimées à partir des données tirées des études antérieures sur d'autres bassins du Québec et à partir des caractéristiques pédologiques et géologiques du bassin de la Chaudière. La figure B-3.8 représente les courbes utilisées initialement pour le calage. Après plusieurs essais de réglage, la courbe n° 2 a été adoptée.

2.1.4.3 Indice d'infiltration du débit souterrain (BII)

La détermination de la forme générale de la courbe (figure B-3.9) a été basée sur les connaissances des caractéristiques pédo-géologiques, de la capacité d'absorption du sol et des caractéristiques des hydrogrammes de crues majeures dans les bassins étudiés. Les résultats de plusieurs essais de réglage ont permis d'adopter la courbe n° 2.

2.1.4.4 Séparation des écoulements de surface et hypodermique

La loi qui régit les variations des paramètres permettant de séparer l'écoulement de surface et l'écoulement hypodermique a été estimée:

- i) d'après la séparation en ses composantes de surface (RS), hypodermique (RSS) et de base (RB) des hydrogrammes des crues observées dans le bassin de la rivière Chaudière;
- ii) d'après l'évaluation des caractéristiques pédo-géologiques du sol;
- iii) d'après les données des études antérieures dans les bassins limitrophes.

Le taux de partage des écoulements de surface et hypodermique est présenté dans la figure B-3.10 et la courbe n° 2 a été adoptée après l'analyse des résultats de plusieurs essais.

2.1.4.5 Taux de fonte de neige

Ce paramètre varie avec le volume de l'écoulement saisonnier. Les lois de la variation du taux de fonte déduites d'une étude antérieure (références 3 et 8) ont été appliquées et sont présentées dans la figure B-3.11. Les essais de réglage du modèle ont permis d'adopter la courbe n° 2.

2.1.4.6 Nombre d'incrément et temps de stockage par incrément des trois composantes de l'écoulement

Les trois composantes de l'écoulement (surface, hypodermique et de base) sont calculées à l'exutoire du bassin en fonction du nombre d'incrément (N) et du temps de stockage par incrément (T_s). Les valeurs des paramètres ajustés pour chaque sous-bassin sont récapitulés dans le tableau B-2.5.

2.1.5 Paramètres de laminage

Le modèle SSARR utilise la méthode hydrologique pour le laminage des débits dans les cours d'eau. La relation des paramètres de laminage est la suivante:

$$TS = KTS/Q^n \quad (2)$$

où:

TS : Temps de stockage dans le chenal

Q = Correspond au débit moyen d'entrée

KTS = Est le temps de stockage dans le tronçon du cours d'eau et dépend du nombre d'incrément de la période de propagation du débit

Le nombre d'incrément de la période de propagation (N), l'exposant (n) et la constante (KTS) sont les trois paramètres à ajuster pour le calage du «sous-modèle du système du cours d'eau».

Avec l'aide des valeurs retenues d'après l'étude sur la rivière Romaine, l'ajustement de ces paramètres se fait d'une manière itérative, par l'examen des formes des hydrogrammes observés et reconstitués. Les valeurs adoptées sont les suivantes:

- le nombre d'incrément (N): 5
- l'exposant (n): 0,3
- la constante (KTS): 11,5

**MODÉLISATION HYDROLOGIQUE DU BASSIN
VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE**

Tableau B-2.5

Nombre d'incrément (N) et temps de stockage (TS) en heures

Composantes de l'écoulement	Sous-bassin versant «Famine» - 694 km²			
	N		TS (heures)	
	(1)	(2)	(1)	(2)
Écoulement de surface	5	5	7	4
Écoulement hypodermique	8	8	11	4
Écoulement souterrain	2	2	225	250
Temps de stockage de BII ⁽³⁾ (heures)	35			
Composantes de l'écoulement	Sous-bassin versant «Linière» - 809 km²			
	N		TS (heures)	
	(1)	(2)	(1)	(2)
Écoulement de surface	5	5	7	5
Écoulement hypodermique	8	8	6	5
Écoulement souterrain	2	2	225	225
Temps de stockage de BII ⁽³⁾ (heures)	35			

Notes: (1) et (2): Correspondent respectivement aux crues de printemps et d'été

(3) : Indice d'infiltration du débit de base

**MODÉLISATION HYDROLOGIQUE DU BASSIN
VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE**

Tableau B-2.5

Nombre d'Incrément (N) et temps de stockage (TS) en heures

Composantes de l'écoulement	Sous-bassin versant «St-Victor» - 686 km²			
	N		TS (heures)	
	(1)	(2)	(1)	(2)
Écoulement de surface	5	5	6	5
Écoulement hypodermique	8	8	5	4
Écoulement souterrain	2	2	175	100
Temps de stockage de BII ⁽³⁾ (heures)	35			
Composantes de l'écoulement	Sous-bassin versant «Lac Mégantic» - 775 km²			
	N		TS (heures)	
	(1)	(2)	(1)	(2)
Écoulement de surface	5	5	7	4
Écoulement hypodermique	8	8	7	3
Écoulement souterrain	2	2	100	100
Temps de stockage de BII ⁽³⁾ (heures)	30			

Notes: (1) et (2): Correspondent respectivement aux crues de printemps et d'été

(3) : Indice d'infiltration du débit de base

**MODÉLISATION HYDROLOGIQUE DU BASSIN
VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE**

Tableau B-2.5

Nombre d'incrément (N) et temps de stockage (TS) en heures

Composantes de l'écoulement	Sous-bassin Haute-Chaudière - 1480km²			
	N		TS (heures)	
	(1)	(2)	(1)	(2)
Écoulement de surface	5	5	7	7
Écoulement hypodermique	8	8	7	4
Écoulement souterrain	2	2	180	180
Temps de stockage de BII ⁽³⁾ (heures)	40			
Composantes de l'écoulement	Sous-bassin Moyenne-Chaudière - 1373 km²			
	N		TS (heures)	
	(1)	(2)	(1)	(2)
Écoulement de surface	5	5	7,5	7,5
Écoulement hypodermique	8	8	10	10
Écoulement souterrain	2	2	250	250
Temps de stockage de BII ⁽³⁾ (heures)	40			

Notes: (1) et (2): Correspondent respectivement aux crues de printemps et d'été

(3) : Indice d'infiltration du débit de base

3.0 RÉSULTATS DU CALAGE DU MODÈLE

Compte tenu de la disponibilité de données sur les crues à différentes périodes au cours des trente dernières années.

Les cinq sous-bassins de la rivière Chaudière suivants ont été sélectionnés pour l'étalonnage des paramètres du modèle SSARR :

- bassin du Lac Mégantic - Station 023427;
- bassin de la Rivière-du-Loup (Linière) - Station 023423;
- bassin de la Famine - Station 023422;
- bassin du Bras Saint-Victor - Station 023421;
- bassin de la Haute-Chaudière - Station 023429.

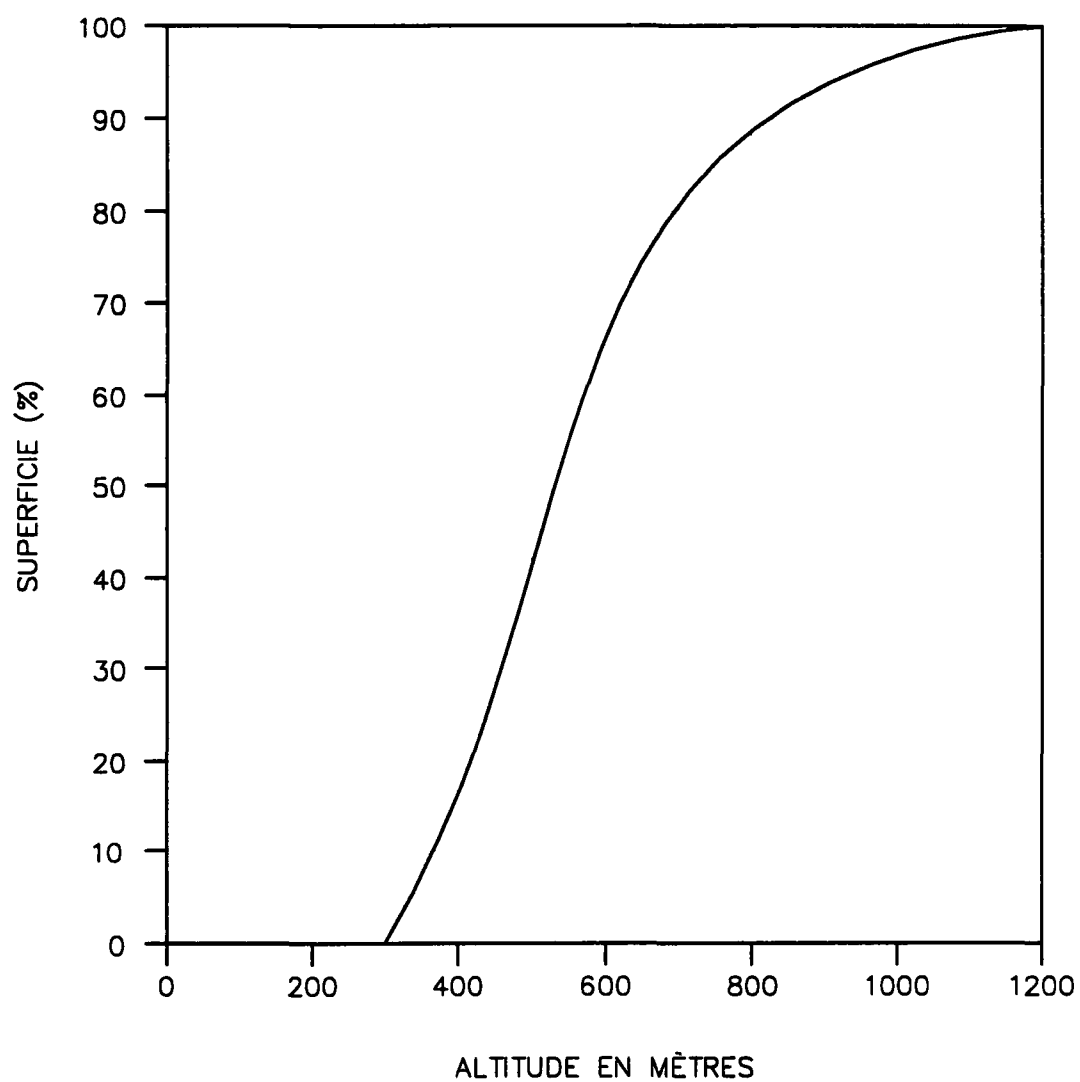
Le degré de précision de la simulation des crues dépend de la disponibilité des données, en particulier des paramètres hydrologiques du bassin. Dans le cas du bassin de la rivière Chaudière, ces données sont restreintes et l'étalonnage de plusieurs paramètres dans le modèle SSARR devient assez laborieux. En général, les résultats de simulation sont assez satisfaisants. Telle qu'illustrée dans les figures B-4.1 à B-4.12, la comparaison entre les hydrogrammes reconstitués et observés montre que l'étalonnage du modèle permet une simulation assez fidèle des événements pluvieux retenus.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) R. Charbonneau et P. Desforges, «Études des crues de la Chaudière - Printemps 69», Ministère des Richesses naturelles du Québec, 1970
- 2) P. Desforges «Relation Pluie - Ruissellement - Bassin de la Chaudière», Ministère des Richesses Naturelles du Québec», 1970
- 3) R.M. Gagnon, D.M. Pollock et D.M. Sparrow, «Conditions météorologiques critiques et crues exceptionnelles des rivières Chaudière et Saint-François», Ministère des Richesses Naturelles du Québec, 1970
- 4) J. Desmeules et J.P. Gélinas, «Caractéristiques physiques et démographiques - Bassin versant de la rivière Chaudière». Ministère de l'Environnement du Québec. Québec, 1981
- 5) Ministère des Richesses Naturelles du Québec, «Étude de l'atténuation des crues - Rivière Chaudière», Annexe B, Québec, 68
- 6) Manuel d'utilisation du modèle SSARR - U.S. Corps of Engineers (1975), Portland, Oregon, U.S.A., Ré-édition, 1991
- 7) F. Gérard, «Essais pour le modèle hydro-pluviométrique conceptionnel et son utilisation au Québec», Cahier hydrologique, O.R.S.T.O.M., Vol. III, 1975
- 8) Rousseau, Sauvé, Warren : Étude de prévision des crues de l'Outaouais, Montréal, 1976
- 9) Narut Kang, «Sensibilité des paramètres du modèle SSARR», Oct. 1977, Journal of Hydraulic, AIHR
- 10) Philippe Rochette, «Contribution au zonage agroclimatique du Québec méridional», Thèse de Ph.D., Université Laval, Déc. 1988
- 11) Raymond Perrier M.A., «Situation météorologique à l'origine de la crue d'avril 1969» sur la rivière Chaudière», Ministère des Ressources Naturelles du Québec, 1969

BIBLIOGRAPHIE (suite)

- 12) Ponce, V.M., Engineering Hydrology : Principles and Practices. Prentice Hall, 1989
- 13) Proulx, H., Jacques, G., Lamothe, A.-M., Letynski, J., Climatologie du Québec méridional. Rapport M.P.65. Ministère de l'Environnement du Québec, Québec, 1987.



(SOURCE: DESMEULES ET GÉLINAS)

RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

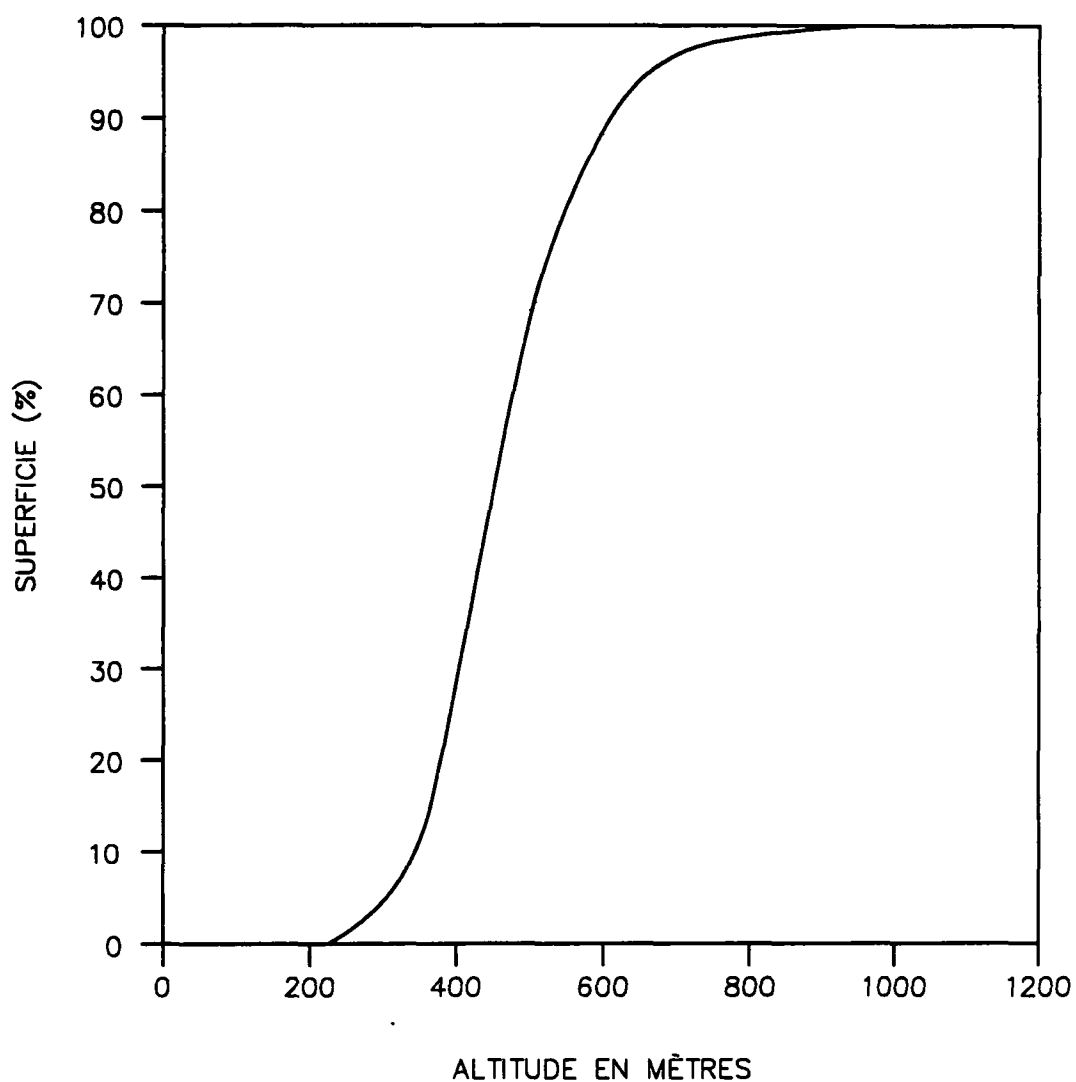
COURBE HYSOMÉTRIQUE
DU BASSIN VERSANT
DU LAC MÉGANTIC



PROJET: 4727

DATE: NOVEMBRE 1993

FIGURE: B-3.1



(SOURCE: DESMEULES ET GÉLINAS)

RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

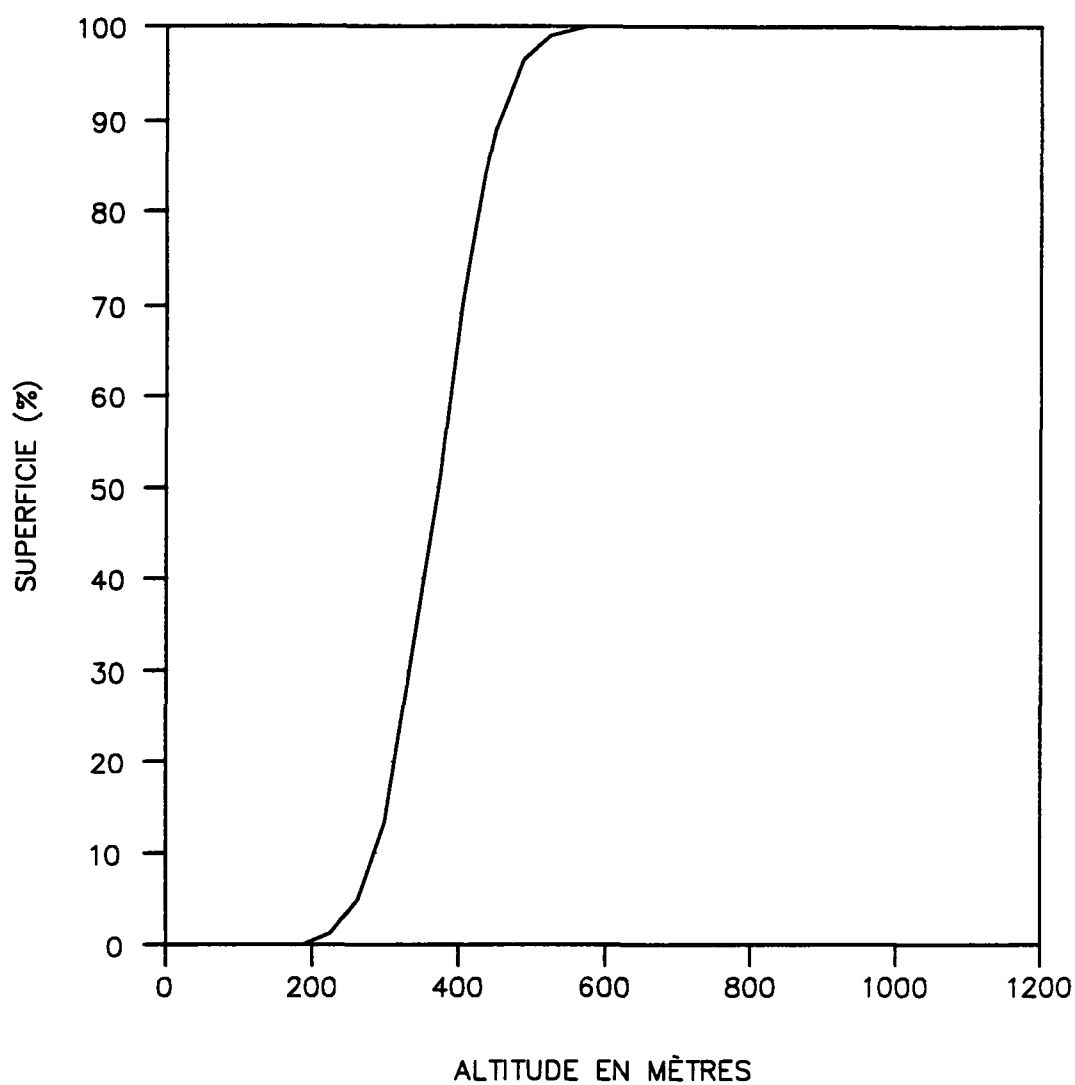
COURBE HYSOMÉTRIQUE
DU BASSIN VERSANT
DE LA RIVIÈRE LINIÈRE



PROJET: 4727

DATE: NOVEMBRE 1993

FIGURE: B-3.2



(SOURCE: DESMEULES ET GÉLINAS)

RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

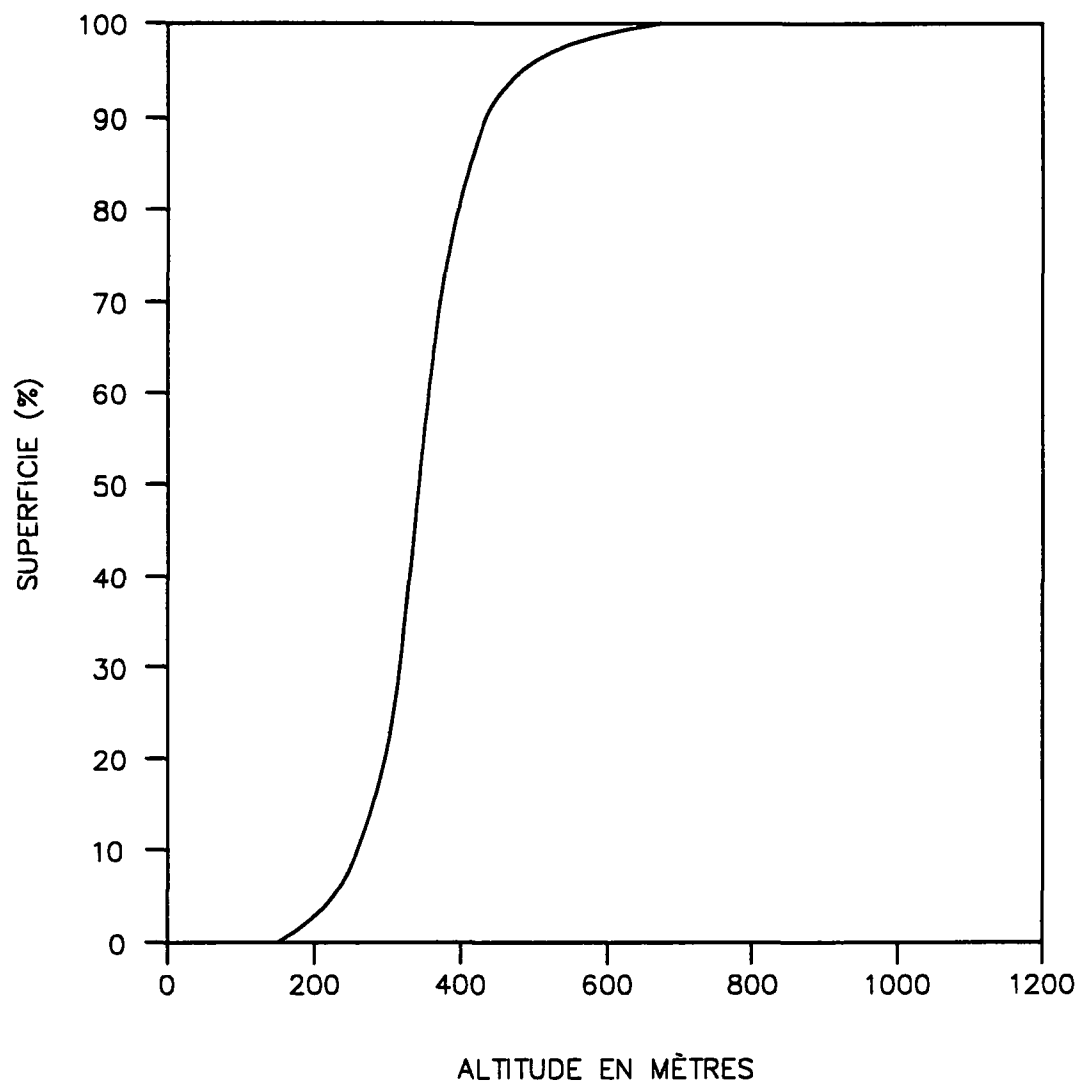
COURBE HYSOMÉTRIQUE
DU BASSIN VERSANT
DE LA RIVIÈRE FAMINE



PROJET: 4727

DATE: NOVEMBRE 1993

FIGURE: 8-3.3



(SOURCE: DESMEULES ET GÉLINAS)

RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

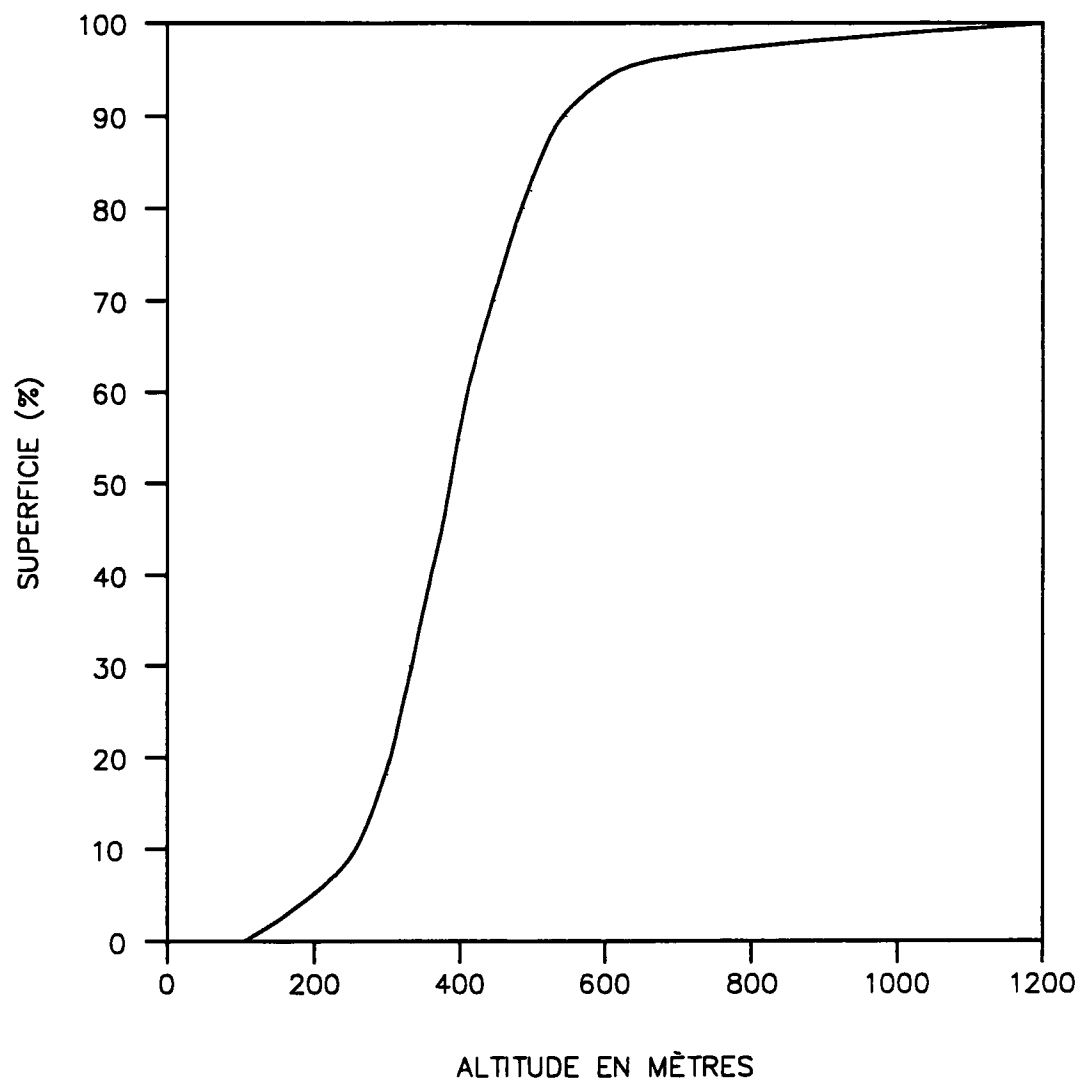
COURBE HYSOMÉTRIQUE
DU BASSIN VERSANT
DE LA RIVIÈRE SAINT-VICTOR



PROJET: 4727

DATE: NOVEMBRE 1993

FIGURE: B-3.4



(SOURCE: DESMEULES ET GÉLINAS)

RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

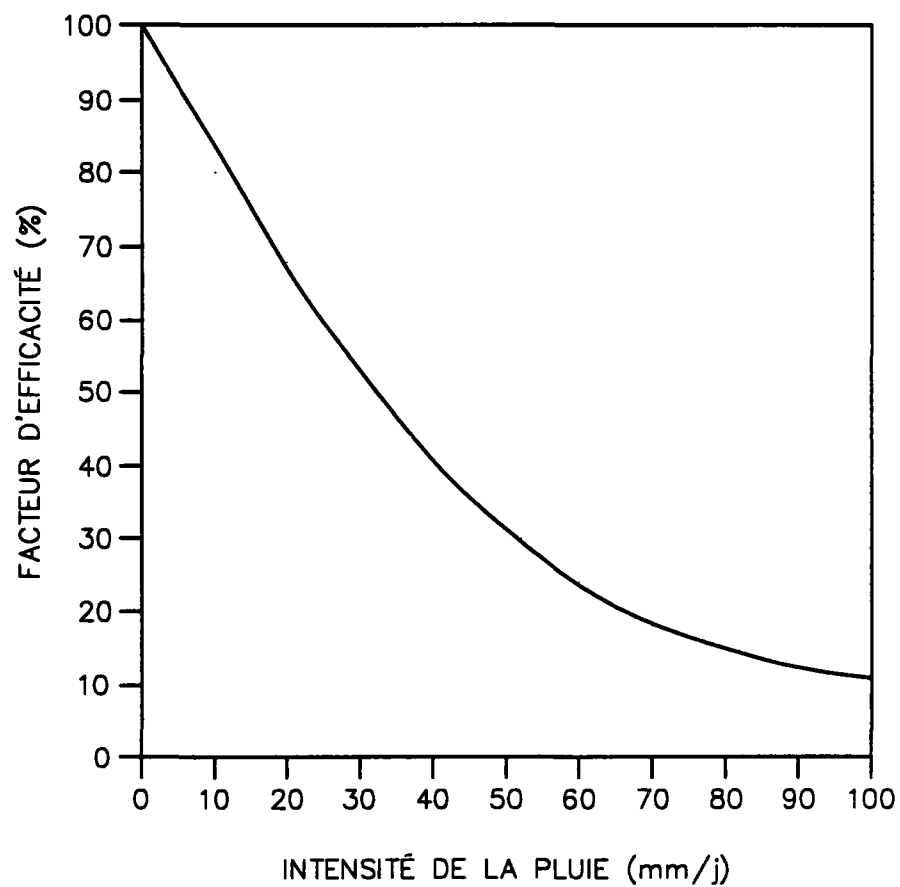
COURBE HYSOMÉTRIQUE
DU BASSIN VERSANT
DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE



PROJET: 4727

DATE: NOVEMBRE 1993

FIGURE: B-3.5



RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

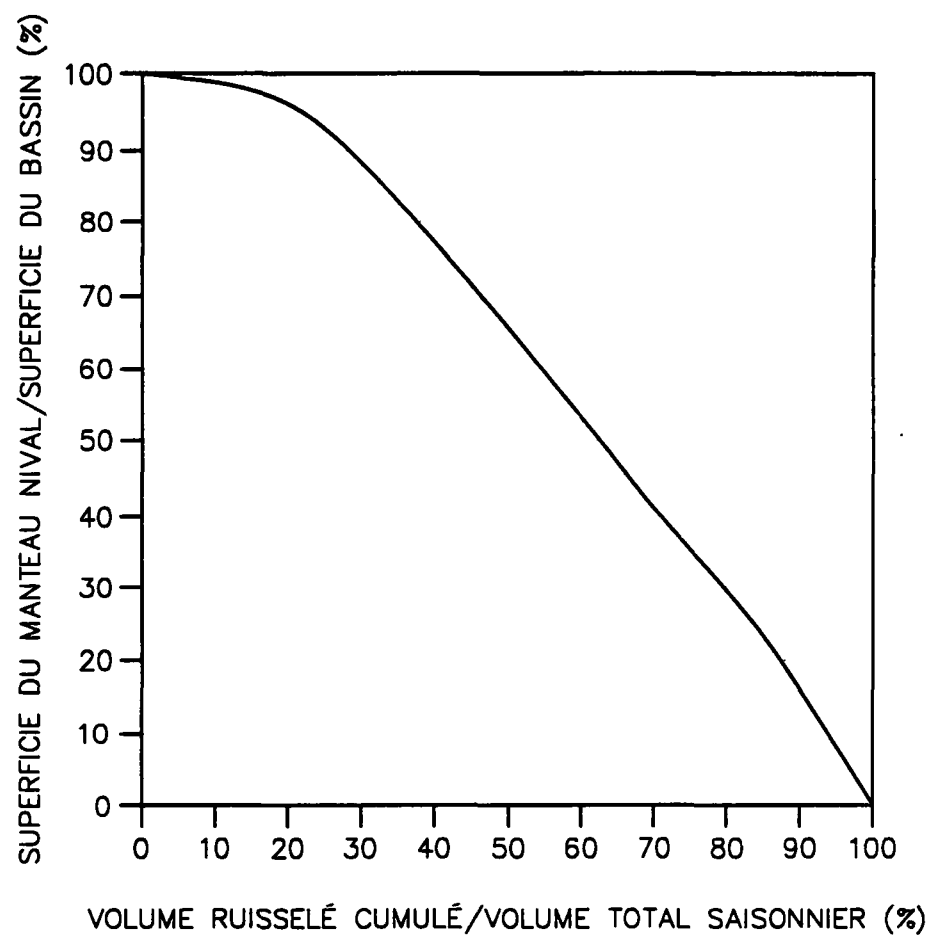
FACTEUR DE RÉDUCTION
DU TAUX
D'ÉVAPOTRANSPIRATION



PROJET: 4727

DATE: NOVEMBRE 1993

FIGURE: B-3.6



RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

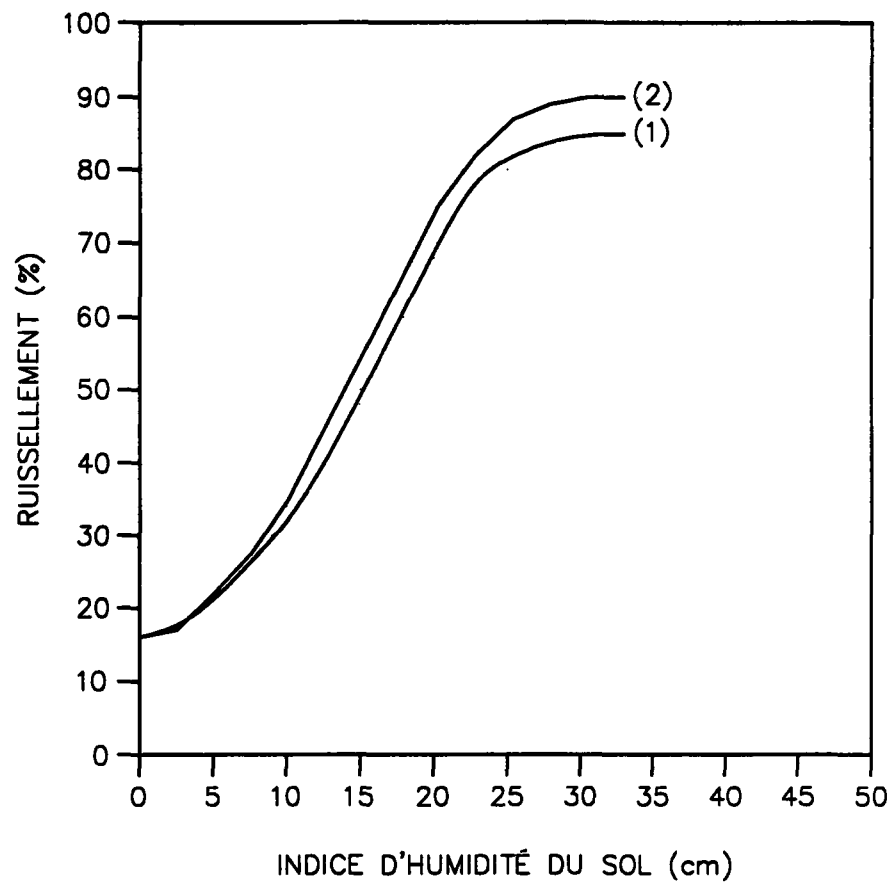
RETRAIT DU
MANTEAU NIVAL
D'ÉVAPOTRANSPIRATION



PROJET: 4727

DATE: NOVEMBRE 1993

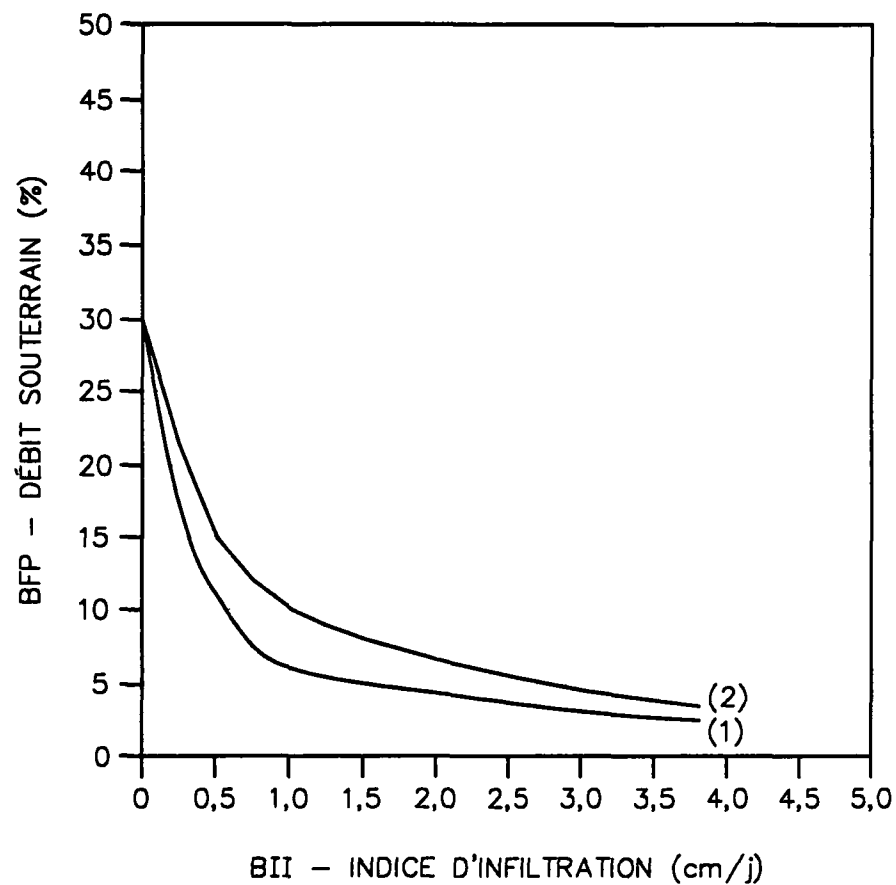
FIGURE: B-3.7



NOTES: 1. CRUE TYPIQUE DE PRINTEMPS
2. CRUE TYPIQUE D'ÉTÉ

RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

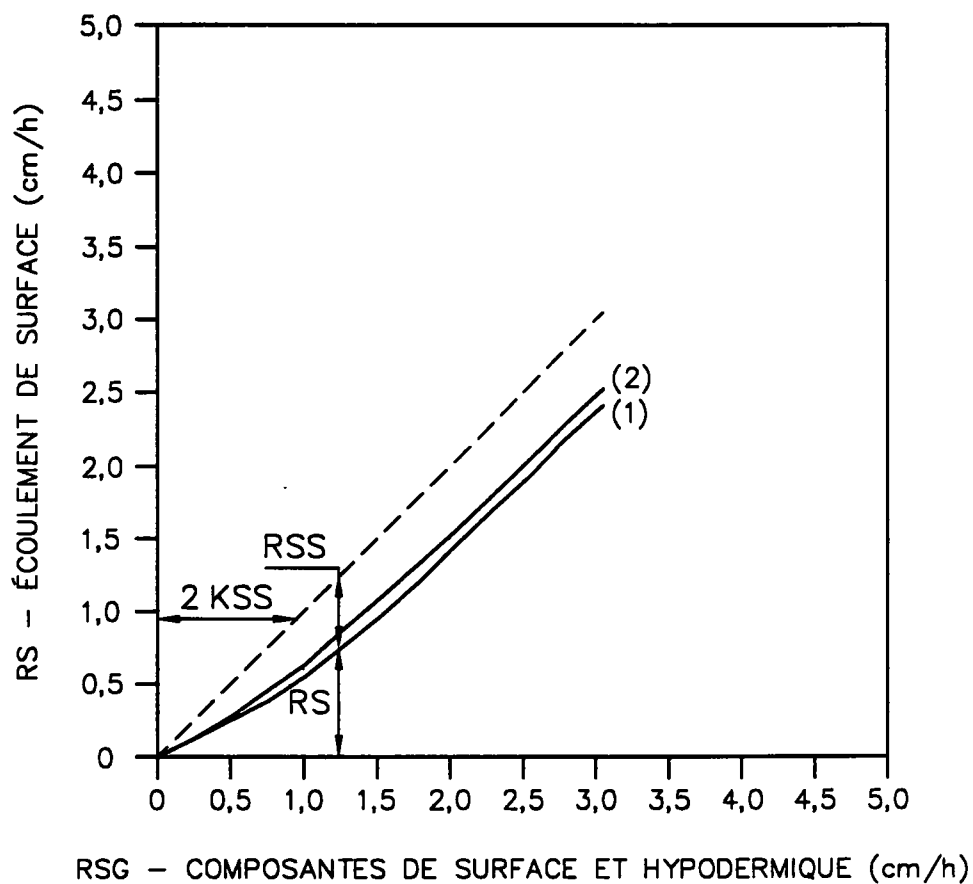
POUCENTAGE DE RUISSELLEMENT
EN REGARD DE L'INDICE
D'HUMIDITÉ DU SOL



NOTES: 1. CRUE TYPIQUE DE PRINTEMPS
2. CRUE TYPIQUE D'ÉTÉ

RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

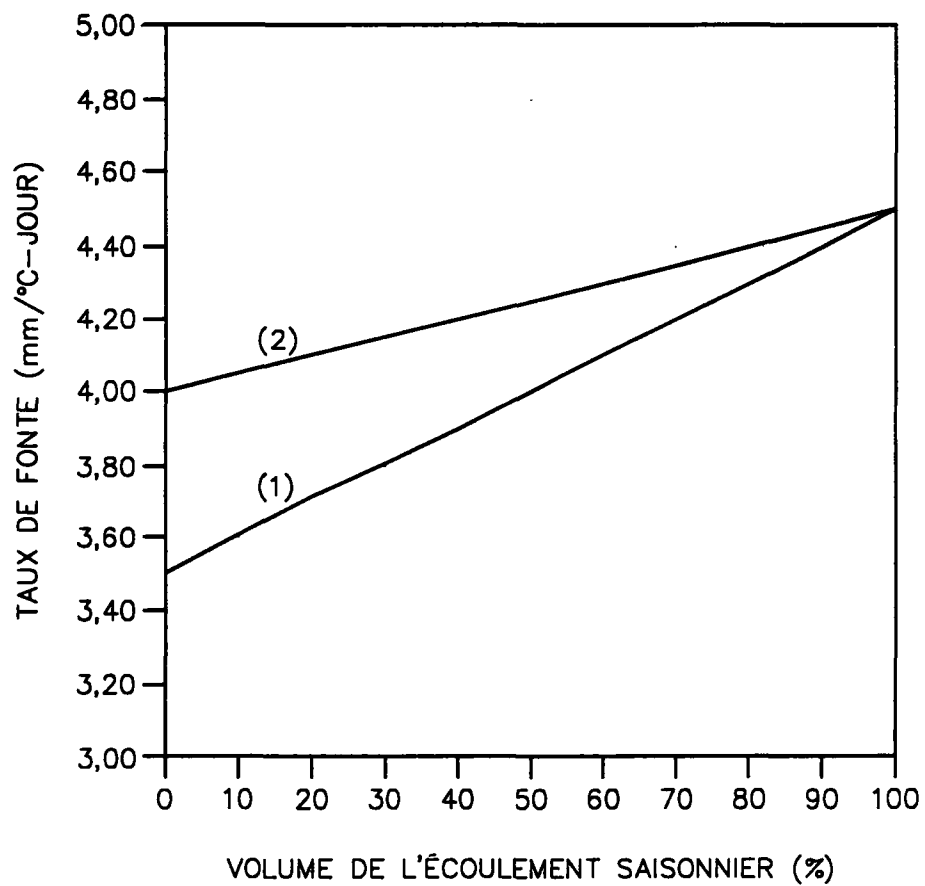
DÉBIT SOUTERRAIN EN REGARD
DE L'INDICE D'INFILTRATION



NOTES: 1. CRUE TYPIQUE DE PRINTEMPS
2. CRUE TYPIQUE D'ÉTÉ

RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

TAUX DE PARTAGE ENTRE
L'ÉCOULEMENT DE SURFACE ET
L'ÉCOULEMENT HYPODERMIQUE



NOTES: 1. BASÉ SUR RÉFÉRENCE 3
2. BASÉ SUR RÉFÉRENCE 6

RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE MODELISATION DU
BASSIN VERSANT

TAUX DE FONTE DE
LA NEIGE



1

		PLOT		DESCRIPTION		STATION					
		CHARACTER		NAME		CONTROL					
		Q-Q.OBSERVE		00003427		Q					
FLOW CMS		0.	50.	100.	150.	200.	250.	300.	350.	400.	450.
		R-RESERVOIR MEGANTIC		00000025		M					
FLOW CMS		0.	50.	100.	150.	200.	250.	300.	350.	400.	450.
+	Q	R									
26MAR87 2400	24.0	.0 .	Q .	-	-	-	-	-	-	-	-
27MAR87 2400	27.2	-8.4R.	Q .	-	-	-	-	-	-	-	-
28MAR87 2400	28.2	21.3 .	R Q .	-	-	-	-	-	-	-	-
29MAR87 2400	29.0	50.8 .	Q R	-	-	-	-	-	-	-	-
30MAR87 2400	39.5	90.8 .	Q .	R .	-	-	-	-	-	-	-
31MAR87 2400	75.8	139.8 .	-	Q .	R .	-	-	-	-	-	-
1APR87 2400	140.0	157.6 .	-	-	Q . R	-	-	-	-	-	-
2APR87 2400	164.0	158.5 .	-	-	- RQ	-	-	-	-	-	-
3APR87 2400	156.0	145.6 .	-	-	R.Q	-	-	-	-	-	-
4APR87 2400	145.0	133.9 .	-	-	R Q.	-	-	-	-	-	-
5APR87 2400	135.0	131.0 .	-	-	RQ .	-	-	-	-	-	-
6APR87 2400	125.0	136.5 .	-	-	Q R .	-	-	-	-	-	-
7APR87 2400	120.0	138.1 .	-	-	Q R .	-	-	-	-	-	-
8APR87 2400	117.0	133.1 .	-	-	Q R .	-	-	-	-	-	-
9APR87 2400	105.0	111.6 .	-	-	.QR	-	-	-	-	-	-
10APR87 2400	89.7	105.0 .	-	-	Q .R	-	-	-	-	-	-
11APR87 2400	55.2	107.0 .	-	.Q	.R	-	-	-	-	-	-
12APR87 2400	46.0	102.3 .	-	Q.	R	-	-	-	-	-	-
13APR87 2400	.0	89.4 Q	-	R .	-	-	-	-	-	-	-

Figure 4.1

Hydrogrammes des cruës de printemps 87 restitués et observés du bassin du lac Mégan

Figure 4.1

Hydrographes des crues de printemps 87
restitués et observés du bassin du lac Mégantic

0.0 OBSERVE

00003417

0

0.0 RESERVOIR MEGANTIC

00000025

0

DATE	TIME	0.	50.	100.	150.	200.	250.	300.	350.	400.	450.	500.
DATE	TIME	0.	50.	100.	150.	200.	250.	300.	350.	400.	450.	500.
1MAR91	2400	11.8	1.0	0	.	.	.	.	.	.	.	.
2MAR91	2400	16.1	52.9	0	R	.	.	.	.	.	.	.
3MAR91	2400	18.9	70.9	0	R	.	.	.	.	.	.	.
4MAR91	2400	26.5	50.7	0	R	.	.	.	.	.	.	.
5MAR91	2400	31.0	33.6	0R	.	.	.	.	.	.	.	.
6MAR91	2400	31.1	33.9	0R	.	.	.	.	.	.	.	.
7MAR91	2400	30.9	41.4	0 R	.	.	.	.	.	.	.	.
8MAR91	2400	30.8	33.1	0R	.	.	.	.	.	.	.	.
9MAR91	2400	30.6	21.3	R 0	.	.	.	.	.	.	.	.
10MAR91	2400	29.9	29.9	R	.	.	.	.	.	.	.	.
11MAR91	2400	29.1	29.2	R	.	.	.	.	.	.	.	.
12MAR91	2400	28.2	28.6	R	.	.	.	.	.	.	.	.
13MAR91	2400	27.4	27.9	0R	.	.	.	.	.	.	.	.
14MAR91	2400	27.0	27.3	R	.	.	.	.	.	.	.	.
15MAR91	2400	26.6	26.6	R	.	.	.	.	.	.	.	.
16MAR91	2400	26.1	26.2	R	.	.	.	.	.	.	.	.
17MAR91	2400	25.6	25.8	R	.	.	.	.	.	.	.	.
18MAR91	2400	25.1	25.5	R	.	.	.	.	.	.	.	.
19MAR91	2400	25.0	25.1	R	.	.	.	.	.	.	.	.
20MAR91	2400	24.7	24.7	R	.	.	.	.	.	.	.	.
21MAR91	2400	24.2	25.6	R	.	.	.	.	.	.	.	.
22MAR91	2400	24.0	26.5	R	.	.	.	.	.	.	.	.
23MAR91	2400	25.9	27.4	R	.	.	.	.	.	.	.	.
24MAR91	2400	28.6	28.3	R	.	.	.	.	.	.	.	.
25MAR91	2400	29.2	29.2	R	.	.	.	.	.	.	.	.
26MAR91	2400	31.5	31.5	R	.	.	.	.	.	.	.	.
27MAR91	2400	30.3	33.8	0R	.	.	.	.	.	.	.	.
28MAR91	2400	30.6	36.0	0R	.	.	.	.	.	.	.	.
29MAR91	2400	31.7	38.3	0 R	.	.	.	.	.	.	.	.
30MAR91	2400	38.1	40.6	R	.	.	.	.	.	.	.	.
31MAR91	2400	42.9	42.9	R	.	.	.	.	.	.	.	.
1APR91	2400	41.8	39.9	R	.	.	.	.	.	.	.	.
2APR91	2400	31.2	36.9	0R	.	.	.	.	.	.	.	.
3APR91	2400	21.2	33.8	0 R	.	.	.	.	.	.	.	.
4APR91	2400	21.4	30.8	0 R	.	.	.	.	.	.	.	.
5APR91	2400	27.8	27.8	R	.	.	.	.	.	.	.	.
6APR91	2400	52.7	51.5	0R	.	.	.	.	.	.	.	.
7APR91	2400	70.8	75.2	0R	.	.	.	.	.	.	.	.
8APR91	2400	86.4	98.9	0 R	.	.	.	.	.	.	.	.
9APR91	2400	116.0	122.6	0 R	.	.	.	.	.	.	.	.
10APR91	2400	154.0	175.5	0 R	.	.	.	.	.	.	.	.
11APR91	2400	170.0	158.6	0 R	.	.	.	.	.	.	.	.
12APR91	2400	160.0	152.4	0 R	.	.	.	.	.	.	.	.
13APR91	2400	148.0	134.7	0 R	.	.	.	.	.	.	.	.
14APR91	2400	130.0	117.0	0 R	.	.	.	.	.	.	.	.
15APR91	2400	99.4	99.4	0 R	.	.	.	.	.	.	.	.
16APR91	2400	78.5	89.7	0 R	.	.	.	.	.	.	.	.
17APR91	2400	78.8	80.0	0 R	.	.	.	.	.	.	.	.
18APR91	2400	78.0	70.4	0 R	.	.	.	.	.	.	.	.
19APR91	2400	67.4	60.7	0 R	.	.	.	.	.	.	.	.
20APR91	2400	51.0	51.0	0 R	.	.	.	.	.	.	.	.
21APR91	2400	40.4	49.4	0 R	.	.	.	.	.	.	.	.
22APR91	2400	36.9	47.9	0 R	.	.	.	.	.	.	.	.
23APR91	2400	37.4	46.3	0 R	.	.	.	.	.	.	.	.
24APR91	2400	40.7	44.8	0R	.	.	.	.	.	.	.	.
25APR91	2400	43.2	43.2	0R	.	.	.	.	.	.	.	.



Figure 4.2
Hydrogrammes des crues de printemps 91
réconstitués et observés du bassin du lac Mégantic

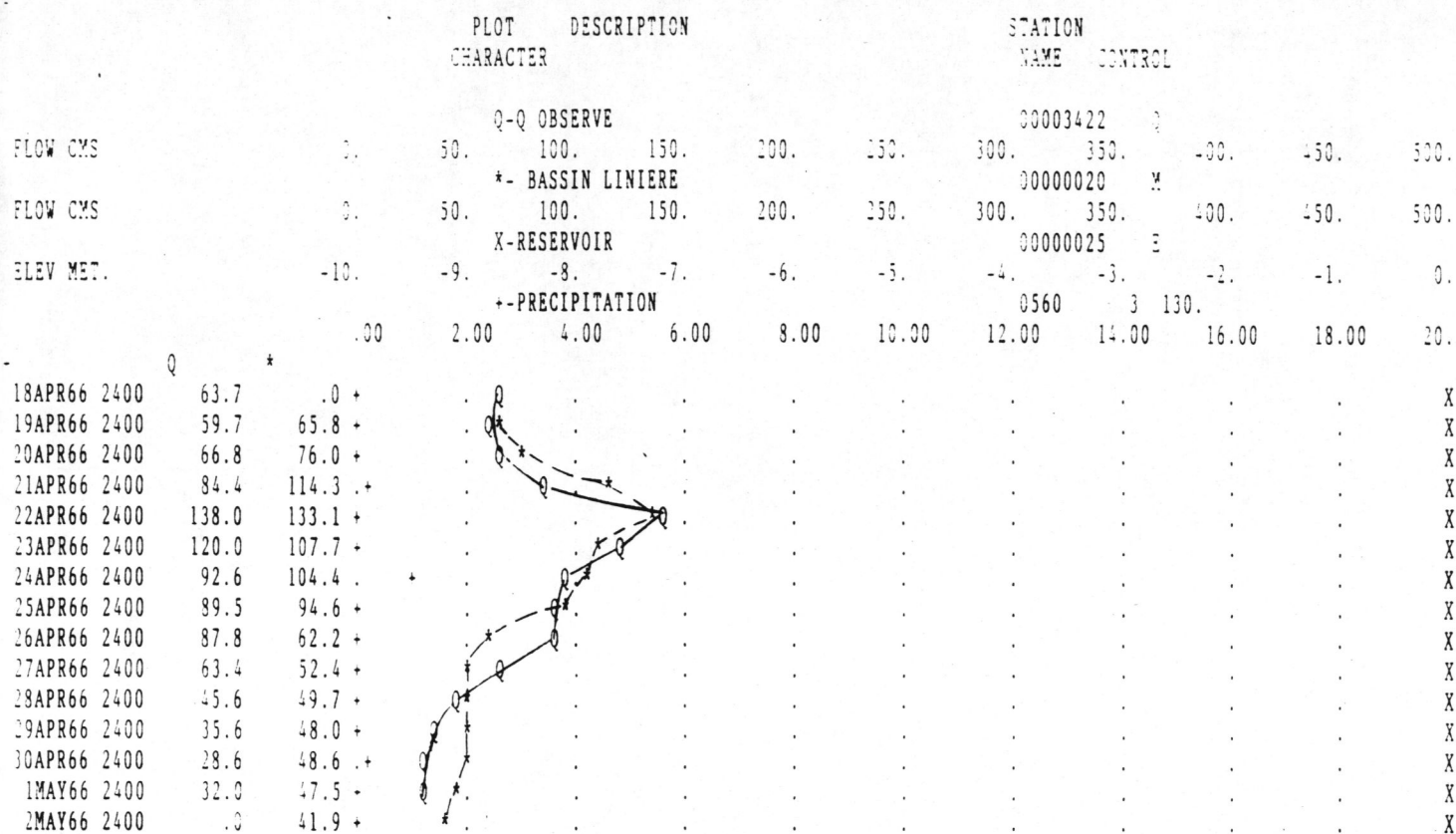


Figure 4.3

Hydrogrammes des crues de printemps 66
reconstitués et observés du bassin Linière

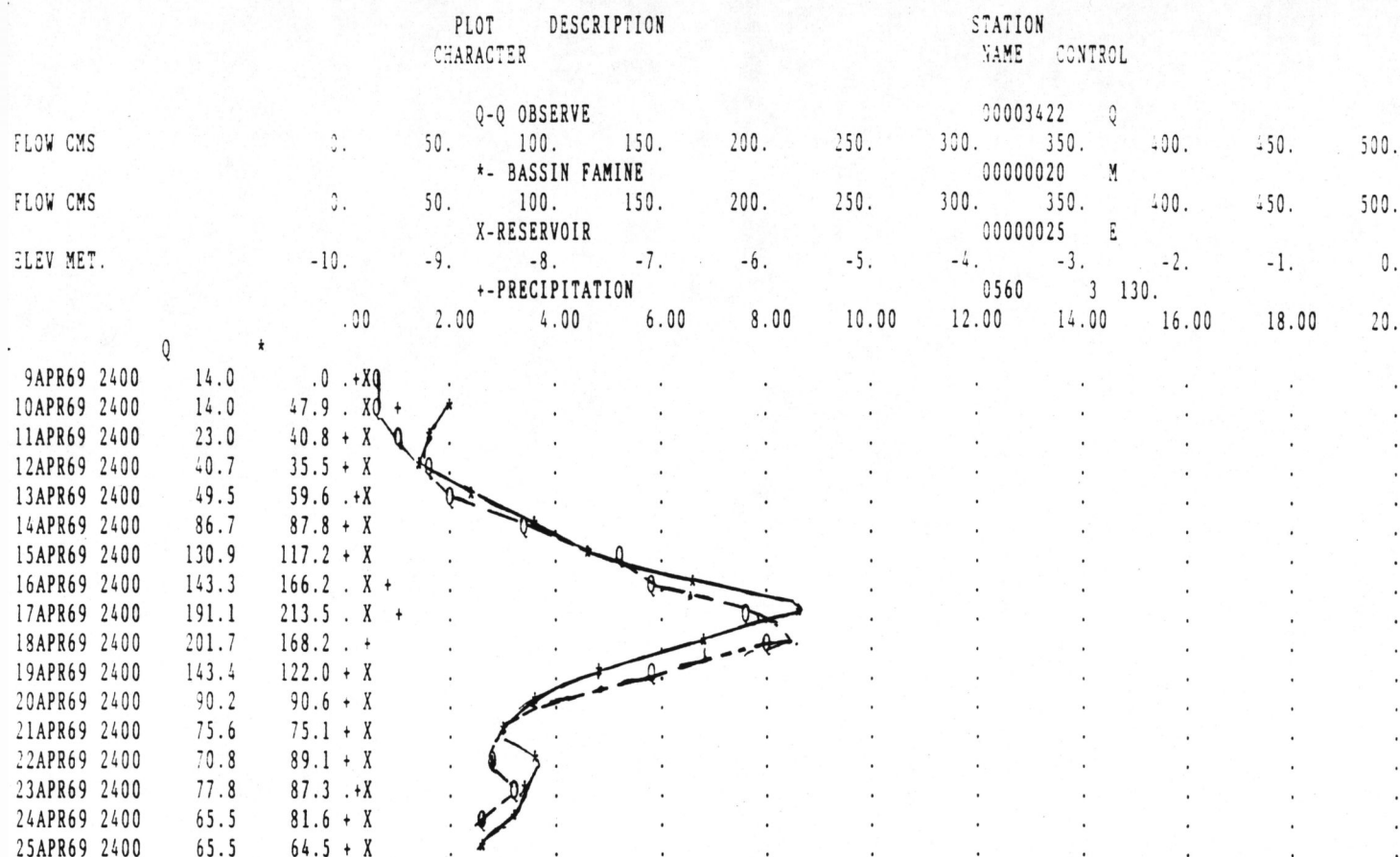


Figure 4.4
Hydrogrammes des crues de printemps 69
reconstitués et observés du bassin Famine

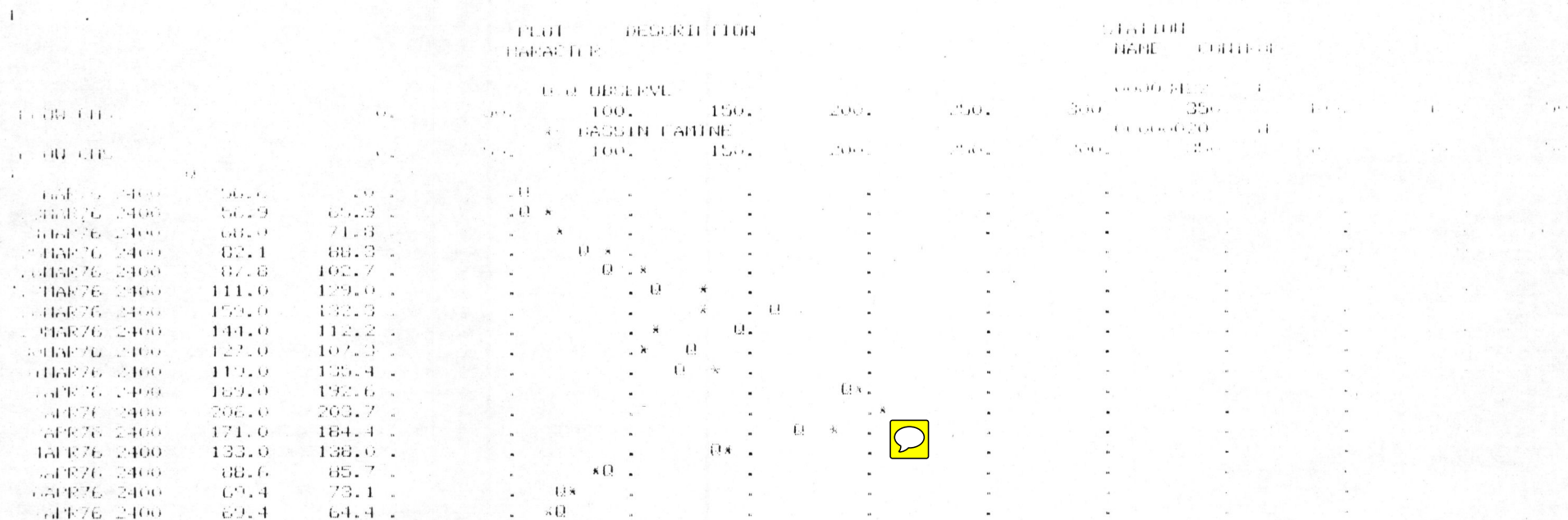


Figure 4.5

Hydrogrammes des crues de printemps 76
reconstitués et observés du bassin Famine

		PLOT CHARACTER		DESCRIPTION		STATION NAME		CONTROL					
FLOW CMS		0.	50.	100.	150.	200.	250.	300.	350.	400.	450.	500.	
FLOW CMS		0.	50.	100.	150.	200.	250.	300.	350.	400.	450.	500.	
		Q	*	Q-Q OBSERVE				00003422	Q				
				*- BASSIN FAMINE				00000020	M				
9AUG76	2400	5.5	10.0	.Q	.	.	.	.	.	.	.	.	.
10AUG76	2400	141.0	152.0	.	.	Q *	.	.	.	.	.	.	.
11AUG76	2400	209.0	152.3	.	.	*	.	Q	.	.	.	.	.
12AUG76	2400	75.0	71.7	.	*Q	.	.	.	.	.	.	.	.
13AUG76	2400	60.3	70.5	.	Q *	.	.	.	.	.	.	.	.
14AUG76	2400	40.5	32.6	.	*Q	.	.	.	.	.	.	.	.
15AUG76	2400	34.0	60.5	.	Q *	.	.	.	.	.	.	.	.
16AUG76	2400	45.9	51.1	.	Q*	.	.	.	.	.	.	.	.
17AUG76	2400	29.2	12.3	.	* Q	.	.	.	.	.	.	.	.
18AUG76	2400	17.6	8.8	.	* Q	.	.	.	.	.	.	.	.
19AUG76	2400	11.8	8.4	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.
20AUG76	2400	8.2	8.1	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.
21AUG76	2400	5.9	7.8	.	.Q*	.	.	.	.	.	.	.	.
22AUG76	2400	4.6	15.6	.	.Q *	.	.	.	.	.	.	.	.
23AUG76	2400	4.0	15.3	.	.Q *	.	.	.	.	.	.	.	.
24AUG76	2400	3.3	7.4	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.
25AUG76	2400	3.3	6.5	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.

Figure 4.7

Hydrogrammes des crues d'automne 76
reconstitués et observés du bassin Famine

Figure 4.8

Hydrogrammes des crues d'automne 81
reconstitués et observés du bassin Famine

			PLUT	DESCRIPTION		STATION							
			CHARACTER			NAME	CONTROL						
				Q-Q OBSERVE		00003422	0						
FLOW CMS		0.	50.	100.	150.	200.	250.	300.	350.	400.	450.	500.	
				*- BASSIN S.VICTOR		00000020	0						
FLOW CMS		0.	50.	100.	150.	200.	250.	300.	350.	400.	450.	500.	
4	Q	*											
9APR69	2400	42.5	.0	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	
10APR69	2400	85.0	77.3	. .	* Q .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	
11APR69	2400	55.2	57.3	. .	* .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	
12APR69	2400	83.2	53.9	. .	* Q .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	
13APR69	2400	110.0	80.5	. .	* . Q	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	
14APR69	2400	151.0	124.3	. .	. . *	Q .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	
15APR69	2400	198.0	160.5	. .	. . *	Q .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	
16APR69	2400	214.0	226.4	. .	. .	. . Q *	. .	. .	. .	. .	. .	. .	
17APR69	2400	272.0	272.6	. .	. .	. . Q *	. .	. .	. .	. .	. .	. .	
18APR69	2400	224.0	144.8	. .	. . *	. . Q	. .	. .	. .	. .	. .	. .	
19APR69	2400	106.0	56.3	. .	* .	. Q	. .	. .	. .	. .	. .	. .	
20APR69	2400	51.5	28.3	* .	Q	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	
21APR69	2400	46.7	51.4	. .	Q *	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	
22APR69	2400	48.1	97.6	. .	Q	* .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	
23APR69	2400	.0	40.5 Q	* .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	



Figure 4.9

Hydrogrammes des crues de printemps 69
reconstitués et observés du bassin Saint-Victor

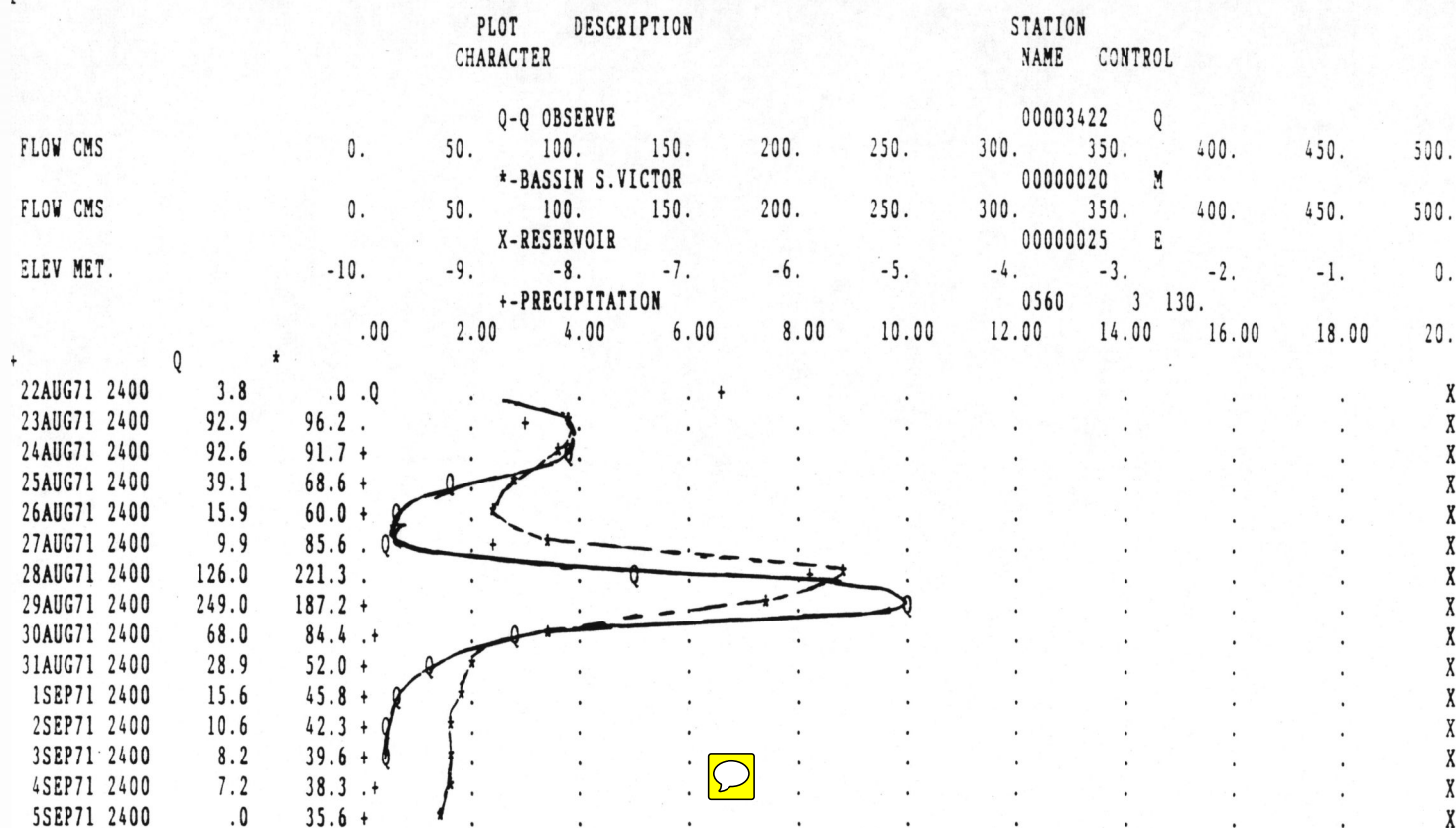


Figure 4.10

Hydrogrammes des crues d'automne 71
reconstitués et observés du bassin Saint-Victor

CHASSE-LEP

HAUTE CHAUDIÈRE

0 0. OBSERVE

000003429 0

x-SOM. POINT

000003425 0

0 RESERVOIR

000000026 1

FLOW LBS	0.	500.	1000.	1500.	2000.	2500.	3000.	3500.	4000.	4500.	5000.
FLOW LBS	0.	500.	1000.	1500.	2000.	2500.	3000.	3500.	4000.	4500.	5000.
ELEV. FEET	-10.	0.	-8.	-7.	-6.	-5.	-4.	-3.	-2.	-1.	0.
DATE	Q	A									
26MARB7 2400	57.8	10.0	0	.	.	.	.	.	.	.	.
27MARB7 2400	66.0	82.9	0*	.	.	.	.	.	.	.	.
28MARB7 2400	110.0	143.2	0*	.	.	.	.	.	.	.	.
29MARB7 2400	180.0	270.1	0*	.	.	.	.	.	.	.	.
30MARB7 2400	350.0	528.5	0	.*	.	.	.	.	.	.	.
31MARB7 2400	676.0	1022.2	.	.	0	*	.	.	.	.	.
1APRB7 2400	1090.0	1034.4	.	.	.	.*0	.	.	.	.	.
2APRB7 2400	577.0	446.0	.	.	.*	0	.	.	.	.	.
3APRB7 2400	385.0	305.5	.	.*	0	.	.	.	.	.	.
4APRB7 2400	301.0	380.1	.	0	*	.	.	.	.	.	.
5APRB7 2400	315.0	398.0	.	0	*	.	.	.	.	.	.
6APRB7 2400	333.0	471.8	.	0	*	.	.	.	.	.	.
7APRB7 2400	375.0	533.2	.	0	.*	.	.	.	.	.	.
8APRB7 2400	347.0	479.5	.	0	*	.	.	.	.	.	.
9APRB7 2400	257.0	368.5	.	0	*	.	.	.	.	.	.
10APRB7 2400	213.0	373.4	.	0	*	.	.	.	.	.	.
11APRB7 2400	207.0	379.3	.	0	*	.	.	.	.	.	.
12APRB7 2400	167.0	371.3	.	0	*	.	.	.	.	.	.
13APRB7 2400	10.	307.1	0	*	.	.	.	.	.	.	.

Figure 4.11



Hydrogrammes des crues de printemps 87
reconstitués et observés du bassin de la Haute Chaudière

FIGURE 5.11

Cas 1B Hydrogramme de la crue du printemps 1974 reconstitué et observé sur l'ensemble du bassin de la Chaudière - Station 3402 (St-Lambert)

FLOW OBS		DESCRIPTION									
FLOW OBS		STATION									
FLOW OBS		NAME									
FLOW OBS		00003402									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS		00003411									
FLOW OBS											

ANNEXE C

**Sections 5.2.7 et 5.3 du rapport
«Étude d'impact du projet de protection
contre les inondations à Sainte-Marie»
(Roche, Groupe-conseil, octobre 1985)**

5.2.7 Synthèse des répercussions

La matrice des répercussions présentée au tableau 5.4 permet d'avoir une vision globale des enjeux environnementaux reliés au projet d'endiguement en mettant en relation les composantes du projet et les éléments sensibles du milieu. Elle fournit une image schématique permettant de relever rapidement les éléments du projet qui affecteront le plus l'environnement, tout autant que les éléments du milieu qui seront les plus affectés. Il convient de rappeler que la matrice des répercussions constitue une représentation très limitée puisqu'elle néglige délibérément les nuances et les hypothèses, quelquefois très importantes, dont il a été fait mention dans les textes qui précèdent.

Il apparaît que les éléments du milieu qui seront le plus affectés par les activités de construction sont l'utilisation du sol et la qualité de vie des résidents de Sainte-Marie. A un degré moindre, la qualité de l'eau, la faune et les habitats aquatiques et la circulation routière et piétonnière seront également touchées. Il faut noter que toutes ces répercussions affecteront le milieu à court terme et que plusieurs de ces effets seront partiellement ou totalement corrigibles suite à l'application de recommandations et de mesures appropriées. Les principales répercussions des activités de construction seront les suivantes:

- La dépossession temporaire des propriétés privées où les travaux se réaliseront et la réduction de l'accès aux cours arrières, aux champs, aux zones commerciales et aux zones récréatives.

TABLEAU 5.4 : MATRICE DES REPERCUSSIONS

	CONSTRUCTION			PRESENCE DES OUVRAGES	UTILISATION DES OUVRAGES
	ACTIVITES DE CHANTIER	TRAVAUX DANS LE LIT DE LA RIVIERE	INSTALLATION DES STRUCTURES		
Hydrodynamique					
Qualité de l'eau et des sédiments					
Faune et habitats aquatiques					
Faune et habitats terrestres et semi-aquatiques					
Utilisation du sol					
Patrimoine culturel					
Circulation routière et piétonnière					
Esthétique					
Qualité de vie					

TYPES DE RÉPERCUSSIONS



Négative



Positive



Interaction

IMPORTANCE DE LA REPERCUSSION



Majeure



Moyenne



Mineure

RECOMMANDATIONS ET
MESURES D'INSERTION

- L'altération de la qualité de vie en général en raison de la présence des nombreux sites de chantier.
- L'altération temporaire du milieu aquatique de la rivière Chaudière pendant l'excavation et la construction des chemins et batardeaux.
- La modification et le ralentissement de la circulation routière et piétonnière durant les travaux notamment durant la mise en place des nouvelles conduites d'égout pluvial.
- Une très légère augmentation du risque d'inondation en été dans la portion amont de la rivière Chaudière qui s'étend jusqu'à Vallée-Jonction, en raison de la présence des batardeaux et des chemins d'accès dans la rivière.

En ce qui concerne la présence proprement dite des ouvrages, les principales répercussions touchent l'utilisation du sol et l'esthétique. Elles ont trait aux modifications des propriétés privées en bordure de la rivière Chaudière, à l'élimination des accès à la rivière, à l'empiètement de terres agricoles cultivées et à l'altération de la perception visuelle pour certains résidents.

Enfin, en plus de représenter une amélioration évidente pour les résidents de Sainte-Marie et pour la circulation routière locale et régionale, l'utilisation des ouvrages comporte des aspects positifs pour les propriétaires riverains en amont puisqu'en été, les débits dont la récurrence est inférieure à

20 ans provoqueront des inondations légèrement moins importantes qu'elles ne le sont actuellement entre Sainte-Marie et Vallée-Jonction.

5.3 MESURES DE MITIGATION ET RECOMMANDATIONS

On retrouve dans la présente section les recommandations et les mesures permettant de minimiser l'intensité des répercussions négatives du projet ainsi que les grandes lignes d'un programme de surveillance des travaux.

5.3.1 Activités de chantier

5.3.1.1 Qualité de l'eau: faune et habitats aquatiques

Les répercussions appréhendées sur la qualité de l'eau concernent principalement certaines pratiques courantes reliées à des négligences ou à une mauvaise connaissance des règlements relatifs à la qualité de l'environnement: rejet des eaux domestiques, stockage inadéquat de produits pétroliers, utilisation d'huiles usagées comme abat-poussière, etc. Aucune de ces pratiques ne devra être tolérée. Ainsi sur le chantier, des toilettes chimiques devront être installées; les produits pétroliers utilisés devront être stockés de façon sécuritaire sur des aires d'entreposage désignées à cette fin et, après utilisation, l'entrepreneur devra les récupérer et en disposer d'une manière acceptable sur le plan environnemental; la gestion des déchets solides, des matériaux secs et du drainage des aires de stockage de produits toxiques et autres (ciment, huiles, poussières, etc) devra être faite de façon à éviter la contamination des eaux naturelles.

5.3.1.2 Circulation routière et piétonnière

Afin de réduire les inconvénients du transport des matériaux sur la circulation et de minimiser les risques d'accidents, on veillera à optimiser l'horaire de transport en évitant autant que possible les heures de pointe. De plus, si le trajet emprunté par les camions doit traverser des zones résidentielles et si les travaux sont réalisés pendant la période scolaire, il est alors recommandé que des ententes soient prises avec la municipalité avant le début des travaux de façon à préserver la qualité de la vie et la sécurité des citoyens.

5.3.1.3 Qualité de vie

Afin de réduire les inconvénients dus à l'augmentation du niveau de bruit attribuable au camionnage ainsi que les problèmes causés par les émanations nocives des camions, une attention particulière devra être apportée dans le choix du parcours à emprunter pour le transport des matériaux. Il faudra s'assurer, dans ce choix, que le trajet se fait sur des artères principales et comporte un minimum de résidences localisées en bordure des voies.

Afin de réduire la quantité de poussières soulevées périodiquement par le passage des camions et de la machinerie sur le site des travaux, il est recommandé d'arroser les voies de circulation du chantier avec de l'eau ou d'appliquer tout type d'abat-poussière acceptable sur le plan environnemental. On devra par ailleurs s'assurer que toutes les normes du règlement relatif à la qualité de l'atmosphère seront respectées (O-2-N.20, 21 septembre 1982).

Enfin, dans le but de réduire le plus possible les répercussions associées au battage des palplanches au pied des murs (bruits, vibrations) on devra effectuer ces travaux à l'intérieur des périodes suivantes: du lundi au vendredi de 8 heures à 12 heures et de 13 heures à 17 heures.

5.3.2 Travaux dans le lit de la rivière

5.3.2.1 Qualité de l'eau et des sédiments

En premier lieu, il est recommandé qu'une analyse des sédiments de la rivière Chaudière soit réalisée dès que possible afin de préciser l'extension et l'importance de la contamination à l'arsenic. Par ailleurs, une analyse complète des contaminants présents dans les sédiments de surface devra être effectuée si plus de deux ans s'écoulent d'ici la réalisation des travaux de dragage. Durant ce laps de temps, les conditions en amont pourraient être modifiées et une nouvelle contamination pourrait apparaître.

Deux méthodes sont envisagées pour excaver les matériaux (section 3.2.1) et compte tenu de la présence de contaminants dans les matériaux à draguer, la méthode qui consiste à établir un chemin au centre de la rivière et à excaver chacune des sections après l'avoir fermée au moyen d'un petit batardeau est celle qui apparaît la plus acceptable au plan environnemental. Elle devra être retenue dans la mesure du possible.

La surveillance de la qualité des eaux permettra de vérifier l'importance réelle de la remise en suspension des particules fines par rapport aux hypothèses élaborées dans la section des impacts. Elle permettra aussi de déterminer le degré de contamination éventuel des eaux au moment du dragage, de la construction et de la démolition des batardeaux. Cette surveillance de la qualité des eaux devra être réalisée selon les recommandations suivantes:

- a) Des prélèvements d'eau devront être effectués avant la réalisation des travaux. La station d'échantillonnage pourrait par exemple être située juste en amont de l'embouchure de la rivière Chassé, au centre de la rivière et à mi-profondeur. On déterminera les concentrations de solides en suspension, d'arsenic et des autres contaminants qui auraient été identifiés lors de l'échantillonnage des sédiments.
- b) Des prélèvements devront être effectués dès le début des travaux pour les mêmes paramètres, à une fréquence rapprochée (de l'ordre d'une fois par jour) et au même endroit, en aval du site des travaux.
- c) Si les concentrations ne dépassent pas significativement celles déterminées en a), la surveillance pourra être graduellement réduite jusqu'à la fin des travaux, c'est-à-dire jusqu'à la fin de la démolition des batardeaux.
- d) Advenant un dépassement de la norme fixée au programme de surveillance environnementale, entre autres pour l'arse-

nic et la concentration de solides en suspension, l'activité devra être interrompue pour permettre la mise en place de solutions permettant le respect du critère.

Par ailleurs, avant le début des travaux, un test de lixiviation devra être réalisé sur les matériaux qui serviront à l'édification des digues de façon à s'assurer que l'arsenic et les autres contaminants éventuels ne seront pas lessivés, à long terme, sous l'action des précipitations acides. Une mesure simple, consistant à incorporer une couche de pierres de calcaire à la digue, pourrait être appliquée le cas échéant.

5.3.2.2 Utilisation du sol

Afin de minimiser l'augmentation du risque d'inondation en amont durant la réalisation des travaux, il est recommandé de commencer par le creusage de la partie la moins profonde de la rivière (voir figure 3.3). Pour la même raison, on devra construire les batardeaux et les chemins au plus bas niveau possible et toutes ces structures devront être retirées de la rivière à la fin du premier automne.

5.3.3 Installation des structures

L'installation des structures devra être planifiée de manière à minimiser les périodes de temps où l'accès aux zones commerciales sera compromis. Ainsi, on devra notamment optimiser le plus possible la localisation des voies d'accès au batardeau qui servira à la construction des murs de béton et en

limiter le nombre à deux ou trois. On veillera également à réaliser le plus rapidement possible les travaux d'enfouissement des conduites d'égout pluvial dans la rue Notre-Dame et sur le boulevard Vachon. Enfin, on évitera de réaliser concurremment les travaux de rehaussement de la route de Saint-Elzéar et de la route du Pont, de façon à assurer un accès au pont par l'une de ces voies pendant que l'autre est en dérangement.

5.3.4 Présence des structures

5.3.4.1 Faune et habitats terrestres et semi-aquatiques

Les murets en haut de berge à l'extrémité sud-est de la zone d'étude ainsi que sur la rive gauche de la rivière constituent en quelque sorte des mesures de moindre impact et ils doivent être utilisés comme tel. On devra donc prendre soin de disposer cet ouvrage en tenant compte des particularités très locales du terrain et en évitant le plus possible d'abattre des arbres et d'affecter les berges des cours d'eau (rivière Chaudière et ruisseau Dupuis).

A l'extrémité nord-ouest de la zone d'étude, il est recommandé de modifier légèrement le tracé de la digue à partir de son point de contact avec le mur et tout le long de la rivière Chaudière de façon à éviter complètement le haut de berge et, conséquemment le boisé qui s'y trouve.

5.3.4.2 Utilisation du sol

On devra veiller à éliminer ou, dans certains cas, à combler les espaces résiduels qui subsisteront entre la digue et les propriétés ou remblais existants. Ainsi, au nord-ouest de la zone d'étude et au nord de la rue Notre-Dame, le tracé de la digue traverse des terres agricoles, à l'arrière de résidences privées et de commerces, en laissant un espace résiduel de plusieurs dizaines de mètres entre le milieu bâti et la digue (voir figure 5.1, présentée plus loin). Comme ces espaces ne pourront jamais plus être utilisés à quelque fin que ce soit, il apparaîtrait important de limiter leur extension en longeant, dans la mesure du possible, les propriétés privées le long de la rue Notre-Dame et en remblayant l'extrémité des terrains jusqu'au sommet de la digue quand cela s'avère nécessaire.

On retrouve la même situation à l'extrémité de la rue des Berges où un espace résiduel séparera la digue des propriétés. Dans ce cas, il est recommandé de rapprocher la digue des terrains et de rehausser ceux-ci par remblayage afin de limiter l'effet d'encerclement dont il est fait mention dans la section 5.2.4.5, qui traite de la perception visuelle de ces résidents.

On devra combler l'ancien lit du ruisseau Intermunicipal ainsi que ceux des cours d'eau détournés sur la rive gauche avec un matériel similaire à celui du milieu environnant.

5.3.4.3 Patrimoine culturel

La recommandation présentée à la section 5.3.4.1 qui vise à éloigner la digue du haut de berge et à procéder aux travaux dans une zone remblayée et perturbée permet du même coup d'épargner une zone présentant un potentiel archéologique fort. D'autre part, la découverte de vestiges d'intérêt devra entraîner l'arrêt des travaux dans la zone concernée. On devra contacter les responsables du ministère des Affaires culturelles et procéder, si besoin est, aux fouilles et au sauvetage, en vertu de la Loi sur les biens culturels.

5.3.4.4 Esthétique

Quelle que soit l'option de réalisation retenue, la présence des murs en bordure de la rivière contribuera à améliorer l'aspect visuel de la berge actuelle, que le mur soit étagé ou non. Toutefois, l'utilisation du béton serait à privilégier au dépens de celle des palplanches (voir coupes typiques E-1 et 4-1 à la figure 3.2). En effet cette dernière structure sera rapidement rouillée, altérant ainsi l'aspect visuel du mur.

On veillera à combler tous les espaces résiduels qui subsisteraient entre le mur et les terrains riverains.

En ce qui concerne l'aménagement final des terrains riverains, les propriétaires devront pouvoir faire un choix parmi quelques solutions d'aménagements qui varieront entre l'asphaltage (terrain de stationnement), l'engazonnement ou la

création d'une surélévation par rapport au niveau actuel pour rejoindre le mur à 1 m de son sommet. Un choix d'aménagements paysagers simples sera également offert aux propriétaires riverains qui désireront dissimuler la structure (plantations d'arbustes, de petites haies, etc).

Enfin, on veillera à ajouter un garde-fou au mur en béton là où la sécurité l'exige et partout où le mur ne dépassera pas d'au moins 1 m le niveau des terrains riverains. Deux échelles de sécurité pourront également être intégrées à la structure de béton pour faciliter l'accès à la berge de la rivière en cas d'urgence.

En ce qui concerne les digues, leur aménagement final devra comprendre la remise en place de la terre organique qui aura été enlevée au début des travaux. On devra assurer la reprise rapide de la végétation de façon à intégrer adéquatement la structure au paysage existant. Aux endroits où la digue empiète sur des propriétés privées, on devra rétablir une configuration topographique harmonieuse en comblant les espaces vides et en adoucissant les pentes.

5.3.5 Surveillance environnementale

Tout au long de la réalisation des travaux une surveillance environnementale devra être réalisée par une personne ou un groupe de personnes spécialisées en cette matière et indépendantes des contracteurs impliqués. A cet effet, un programme de surveillance environnementale pourra être préparé par le promoteur. Ce programme sera complémentaire au cahier de directives environnementales qui, lui, sera joint aux appels d'offre et aux contrats.

La surveillance environnementale aura pour objectif principal de veiller à l'application de toutes les mesures contenues dans l'étude d'impact ainsi que des divers règlements relatifs à la Loi sur la qualité de l'environnement. Les surveillants joueront également un rôle important dans les prises de décisions sur le chantier en faisant valoir les aspects environnementaux biophysiques et humains reliés aux problèmes qui seront rencontrés au jour le jour. Enfin, ces personnes seront habilitées à orienter les travaux selon les résultats de la surveillance.

5.4 REPERCUSSIONS RESIDUELLES

L'application de l'ensemble des recommandations et des mesures d'insertion contribuera à modifier les répercussions décrites précédemment. Le tableau 5.5 présente la matrice des répercussions résiduelles du projet sur le milieu, c'est-à-dire l'évaluation des répercussions après l'application des mesures. Il faut rappeler que le mode de représentation constitue un outil très limité puisqu'il ne tient pas compte des nuances et des hypothèses présentées précédemment. La figure 5.1, accompagnée du tableau 5.6, permet d'identifier les répercussions et les mesures de mitigation localisables.

D'une manière générale, les activités de construction auront un impact sensiblement moins important si les mesures de mitigation et les recommandations présentées précédemment sont appliquées.

TABLEAU 5.5 : MATRICE DES REPERCUSSIONS RESIDUELLES

	CONSTRUCTION			PRESENCE DES OUVRAGES	UTILISATION DES OUVRAGES
	ACTIVITES DE CHANTIER	TRAVAUX DANS LE LIT DE LA RIVIERE	INSTALLATION DES STRUCTURES		
Hydrodynamique					
Qualité de l'eau et des sédiments					
Faune et habitats aquatiques					
Faune et habitats terrestres et semi-aquatiques					
Utilisation du sol					
Patrimoine culturel					
Circulation routière et piétonnière					
Esthétique					
Qualité de vie					

TYPES DE RÉPERCUSSIONS



Négative



Positive



Interaction

IMPORTANCE DE LA REPERCUSSION



Majeure



Moyenne



Mineure



TABEAU 5.5 : LISTE DES RÉPERCUSSIONS ET DES MESURES DE MITIGATION
LOCALISÉES A LA FIGURE 5.1

-
- | | |
|----|--|
| 1 | Remblayage de la portion abandonnée du ruisseau Inter-municipal. |
| 2 | Surélévation du terrain pour rétablir la perception visuelle des résidents. |
| 3 | Harmonisation de la digue avec les terrains adjacents (adoucissement des pentes, remblai jusqu'à la digue etc). |
| 4 | Perception visuelle affectée par la présence de la digue (Hôtel Motel du Domaine, Hôtel de la Seigneurie, restaurant Aux Pignons Rouges, Manoir Tachereau). |
| 5 | La cour arrière d'une trentaine de bâtiments (résidences et commerces) sera modifiée et la perception visuelle ne sera que légèrement modifiée. |
| 6 | Options 1 et 2: la cour arrière d'une quinzaine de bâtiments sera modifiée et la perception visuelle pourra être altérée.
Option 3: des interventions ponctuelles sont effectuées sur certains bâtiments. |
| 7 | Harmonisation de la digue avec les terrains adjacents. |
| 8 | Malgré l'utilisation d'un muret en haut de berge qui permet d'épargner le plus possible les arbres situés le long du ruisseau Dupuis, la végétation sera affectée par la présence des ouvrages. |
| 9 | Malgré l'utilisation d'un muret en haut de berge qui permet d'épargner le plus possible les arbres en bordure de la rivière Chaudière, la végétation sera affectée par la présence des ouvrages. |
| 10 | La perception visuelle des résidents sera légèrement affectée. |
| 11 | Les terrains devront être remblayés pour s'harmoniser avec la digue. |
| 12 | Empiètement de terres agricoles. |
| 13 | Les digues devront s'harmoniser avec les terrains adjacents. |
-

En ce qui a trait à la présence et à l'utilisation des ouvrages, les mesures présentées dans le présent document permettront d'éliminer les répercussions sur la faune et les habitats terrestres ainsi que sur le patrimoine culturel. Elles contribueront également à réduire significativement les impacts sur l'utilisation du sol et sur l'esthétique.

5.5 CHOIX D'UNE OPTION DE REALISATION

Les trois options de réalisation introduites à la section 3.0 de la présente étude se distinguent peu en ce qui a trait à leurs caractéristiques techniques. En effet, dans les trois cas, l'emplacement proprement dit des structures est identique et seuls les types d'ouvrages qui seront utilisés sur la berge droite de la rivière Chaudière sont différents. L'option 1 prévoit la construction de murs de béton simples en amont et en aval du pont, l'option 2 préconise plutôt l'utilisation de murs étagés et l'option 3 prévoit la mise en place de murs simples en aval du pont alors que le secteur amont serait protégé par l'application d'interventions ponctuelles.

Dans l'ensemble, les grands enjeux environnementaux soulevés par le projet seront peu modifiés par l'utilisation de l'une ou l'autre des options. Toutefois, l'examen des impacts détaillés du projet indique que l'option 3 constitue la solution la plus acceptable sur le plan environnemental pour le secteur situé en amont du pont, sur la rive droite. En effet, les interventions ponctuelles qui seront effectuées dans ce secteur permettront de réduire la période des travaux en

rivière à un seul été alors que les deux autres options impliquent la construction d'un batardeau en amont du pont au cours du deuxième été. De plus, l'option 3 présente moins d'impacts potentiels sur la perception visuelle à partir des propriétés situées en amont du pont.

En ce qui concerne le secteur situé en aval du pont, les options ne se distinguent que sur la base des bénéfices reliés à la réduction du risque d'inondation en amont de Sainte-Marie. Cependant comme ces répercussions positives sont très faibles et que la différence entre l'effet du mur simple et du mur étagé sur le niveau de la rivière en amont est à toutes fins utiles négligeable (environ 1 cm), l'utilisation de l'une ou l'autre de ces structures apparaît acceptable sur le plan environnemental.

ANNEXE D

**Facteurs abiotiques et biotiques
représentatifs du site de reproduction
d'espèces frayant en eau calme et en eau vive**



GUIDE DE CONSERVATION DES HABITATS AQUATIQUES ET RIVERAINS
DANS LE CADRE DE L'AMÉNAGEMENT EN ZONE AGRICOLE

Tableau 4.7.3 Facteurs abiotiques et biotiques représentatifs du site de reproduction d'espèces frayant généralement en eau vive.

Espèce (Saison)	Vitesse du courant (m/s)	Substrat	Profondeur (m)	Végétation
Achigan à petite bouche (mai-juin-juillet)	0,60	Limon, sable, gravier, roches	0,32-2,00	Présente à 0-0,20m/s Absente
Doré jaune (avril-juin)	0,40	Sable, gravier, roches	0,20-1,50	Absente
Esturgeon jaune (mai-juin)	0,60-3,50	Sable, gravier, roches, blocs	0,60	Absente
Meunier noir (mai-juin)	0,40	Sable, gravier, roches, blocs, roche mère, débris organiques	0,32-2,30	Absente
Truite arc-en-ciel (décembre-avril)	0,50	Gravier	0,50	Absente
Truite brune (octobre-novembre-décembre)	0,40	Sable, gravier, roches	0,50	Absente
Laqualche argentée (avril-mai-juin)	--	-	--	Absente
Omble de fontaine (août-décembre)	0,60-0,90	Gravier	0,10-0,30	Absente

(Tiré de Ménard, 1983b)



GUIDE DE CONSERVATION DES HABITATS AQUATIQUES ET RIVERAINS DANS LE CADRE DE L'AMÉNAGEMENT EN ZONE AGRICOLE

Tableau 4.3.2 Facteurs abiotiques et biotiques représentatifs du site de reproduction des espèces frayant généralement en eau calme.

Espèce	Type de végétation	Vitesse du courant (m/s)	Substrat	Profondeur (m)
Grand brochet	Herbacée terrestre inondée Herbacée semi-aquatique émergente	0-0,20	Argile ou limon Débris organiques	0,10-1,20
Perchaude	Herbacée terrestre inondée Herbacée semi-aquatique émergente	0-0,20	Argile ou limon Sable Gravier	0,60-3,00
Maskinongé	Herbacée terrestre inondée Herbacée semi-aquatique émergente	0-0,60	Argile ou limon Sable Débris organiques	0,10-1,00
Achigan à grande bouche	Herbacée terrestre inondée Herbacée semi-aquatique émergente	0-0,35	Argile ou limon Sable/gavier Roches	0,30-1,80
Marigane noire	Herbacée semi-aquatique émergente Herbacée submergée	0-0,20	Argile ou limon Sable Gravier	0,60-2,50
Barbotte brune	Herbacée semi-aquatique émergente Herbacée submergée	0-0,20	Argile ou limon Sable Gravier	0,10-1,00
Barbue de rivière	Herbacée submergée Absence de végétation	0-0,60	Argile ou limon Sable Roches	0,60-1,60
Poisson Castor	Végétation herbacée et arbustive (racines)	faible à nulle		0,30-0,60
Carpe	Herbacée terrestre inondée Herbacée semi-aquatique émergente	faible à nulle		peu profond

Adapté de Ménard (1983a)

