

3609104E



Environnement
Canada

Environment
Canada

Région du Québec

Québec Region



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

TC
530
T411
1994

ÉTUDE DE MODÉLISATION DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE

Rapport final

Octobre 1994



TECSULT

Tecsalt Inc.

experts-conseils / consultants

85 RUE STE CATHERINE OUEST MONTRÉAL (QUÉBEC) CANADA

Ce rapport a été préparé par :

- **Pierre R. Tremblay, ingénieur - Directeur de projets
TECSULT Inc.**

avec le suivi de :

- **Jacinthe Lacroix, B.Sc., M.Sc., chargée de projet,
Direction générale de la sécurité civile (DGSC)**
- **du comité de suivi scientifique de l'étude de modélisation composé de
représentants des organismes suivants:**
 - **Ville de Sainte-Marie**
 - **Ministère de la Sécurité publique du Québec**
 - **Ministère de l'Environnement et de la Faune**
 - **Ministère des Ressources naturelles - secteur forêt**
 - **Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation**
 - **Environnement Canada**

et, pour le soutien de secrétariat

- **Renée Dalcourt, secrétaire
TECSULT Inc.**

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LISTE DES ABRÉVIATIONS

1.0	INTRODUCTION	1
1.1	Rappel de la problématique	1
1.2	Mandat et objectifs de l'étude	2
2.0	RAPPEL DES SOLUTIONS ÉTUDIÉES	6
2.1	Rappel des résultats de la partie 1 de l'étude: les effets du développement sur le ruissellement et l'érosion - Mars 1993	6
2.1.1	Méthodologie générale de la partie 1 de l'étude	6
2.1.2	Résultats de la partie 1 de l'étude	8
2.1.3	Conclusion générale et recommandations de la partie 1 de l'étude	13
2.2	Synthèse de l'étude des solutions structurales aux inondations en eau libre - Rapport n° 2, Janvier 1994	15
2.2.1	Zone d'étude	15
2.2.2	Résumé de la comparaison des relevés bathymétriques	16
2.2.3	Les solutions en eau libre	19

TABLE DES MATIÈRES (suite)

2.3	Synthèse de l'étude des solutions structurales aux inondations avec glace - Rapport n° 3, Avril 1994	28
2.3.1	Détermination des zones d'embâcles problématiques	28
2.3.2	Principes des solutions	29
2.3.3	Les solutions	29
2.3.3.1	Solution de profilage et d'ouvrages de rétention des glaces	30
2.3.3.2	Solution par barrage de rétention de glace en amont de Beauceville	33
2.3.3.3	Synthèse des solutions aux embâcles	36
3.0	SOLUTIONS NON STRUCTURALES ET ADMINISTRATIVES	39
3.1	Généralités	39
3.2	Les mesures non structurales	40
3.2.1	Implantation d'un système d'alerte	40
3.2.2	Les mesures de protection contre les inondations	41
3.2.3	Le bris des couverts de glace	44
3.3	La gestion du développement dans les plaines inondables	45
3.4	La gestion de l'utilisation des sols en dehors de la plaine inondable	47

TABLE DES MATIÈRES (suite)

4.0	ÉVALUATION DES DOMMAGES DUS AUX INONDATIONS ET DES COÛTS MAXIMUM DES SOLUTIONS	49
4.1	Généralités	49
4.2	Inondations en eau libre	51
4.2.1	Données disponibles	51
4.2.2	Méthodologie d'évaluation des dommages moyens annuels	55
4.2.2.1	Méthode 1: basée sur la relation dommages-fréquence à Sainte-Marie	55
4.2.2.2	Méthode 2: basée sur l'évaluation municipale des propriétés dans la zone 0-100 ans	62
4.2.3	Valeur des dommages moyens annuels (D.M.A.)	69
4.2.4	Détermination du coût maximum de la solution	69
4.3	Inondations dues aux embâcles de glace à Beauceville	72
4.3.1	Évaluation des dommages moyens annuels (D.M.A.)	72
4.3.2	Évaluation du coût maximum de la solution	75
5.0	LES INONDATIONS DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE, LA SOLUTION: UNE APPROCHE INTÉGRÉE	78
5.1	Bases et principes d'une solution intégrée	78
5.2	Solution à but unique	81

TABLE DES MATIÈRES (suite)

5.3	Solution à buts multiples	
	Analyse économique de la combinaison de différentes solutions . . .	84
5.4	Solutions partielles	86
5.5	Le projet pilote d'agence de bassin	
	pour la gestion intégrée de l'eau	87
6.0	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	90

LISTE DES RÉFÉRENCES

LISTE DES TABLEAUX

2.1	Niveaux du seuil d'inondation des crues centennale et vicennale et niveau de la crue de 1991, dans les municipalités de Scott Jonction à Saint-Georges	22
2.2	Synthèse des solutions aux inondations en eau libre	23
2.3	Synthèse des solutions aux inondations avec embâcles à Beauceville . .	37
3.1	Mesures de protection contre les inondations	43
4.1	Estimation en dollars des dommages à la débâcle (MRN, 1965c)	52
4.2	Inondations en Beauce (1974-1991) : indemnités versées par la DGSC aux municipalités les plus touchées	53
4.3	P.A.F. - Inondations printemps 1991 - Beauce, montants des dommages réclamés et de l'aide versée	54
4.4	Fréquence de l'inondation de 1991, période de retour et niveaux atteints dans les villes touchées par les inondations en eau libre	57
4.5	Dommages réclamés à la DGSC pour la crue de 1991, dommages totaux et dommages moyens annuels (DMA) évalués pour les villes touchées par les inondations en eau libre	58
4.6	Valeur des immeubles en plaine inondable 0 - 100 ans (\$ 1993)	64
4.7	Dommages à Sainte-Marie, en fonction de diverses récurrences d'inondation, en \$ 1993 (basés sur l'évaluation de Roche, 1984)	65
4.8	Dommages en fonction de diverses récurrences d'inondation, par municipalité et par catégorie de propriétés, basés sur les dommages de l'étude de Roche de 1984 (en \$ 1993)	66

LISTE DES TABLEAUX (suite)

4.9	Dommmages à Sainte-Marie en fonction de diverses récurrences d'inondation, en \$ 1993 (valeurs de Roche, 1984 - réajustées)	67
4.10	Dommmages en fonction de diverses récurrences d'inondation, par municipalité et par catégorie de propriétés, basés sur les dommages réajustés de l'étude de Roche (en \$ 1993)	68
4.11	Coût maximum d'une solution d'ensemble aux inondations en eau libre sur le tronçon des eaux mortes, pour un taux d'actualisation de 9 %	71

LISTE DES FIGURES

1.1	Logigramme de la méthodologie de l'étude des effets du développement sur le ruissellement et l'érosion	7
2.2	Rivière Chaudière, sections en travers, selon les relevés bathymétriques du MRN (1963) et GPR (1993)	17
2.3	Rivière Chaudière, sections en travers, selon les relevés bathymétriques du MRN (1963) et GPR (1993)	18
2.4	Profils d'écoulement en eau libre, avec et sans remblayage, pour un débit de 800 m³ / s	32
2.5	Barrage de rétention de la glace à Beauceville (plans et coupes)	34
2.6	Barrage de rétention de la glace à Beauceville (coupes)	35
4.1	Courbe dommages / fréquence à Sainte-Marie	59
4.2	Courbe dommages / fréquence à Beauceville	77
5.1	Murs amovibles (FEMA, 1986)	83
5.2	Combinaisons de solutions pour la protection contre les inondations en eau libre : ville de Sainte-Marie	85

LISTE DES ABRÉVIATIONS

MEF :Ministère de l'Environnement et de la Faune

MENVIQ : Ministère de l'Environnement du Québec

MRN : Ministère des Richesses naturelles du Québec

CEC : Commission des eaux courantes

GPR : firme de consultants GÉOPHYSIQUE GPR INTERNATIONAL INC.

MLCP : Ministère du Loisir, 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 Rappel de la problématique

Le bassin de la rivière Chaudière est situé sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent et occupe une superficie de 6 682 kilomètres carrés.

Cette rivière, de par ses caractéristiques physiques et les conditions climatiques qui y prévalent, est sujette à des inondations périodiques. Ces inondations, quasi annuelles, sont d'origines pluviale (été) et surtout pluvio-nivale (hiver et printemps). L'ensemble du tronçon dit des « eaux mortes », entre Beauceville et Scott, est particulièrement touché par les inondations, en eau libre et avec embâcles. Ces dernières entraînent d'ailleurs des dommages considérables, particulièrement dans le secteur de Beauceville.

À la suite des inondations exceptionnelles survenues au printemps 1991 dans la Beauce et des demandes du milieu, le ministre de la Sécurité publique décidait de former un *Comité interministériel sur les problèmes des inondations de la rivière Chaudière*, composé de représentants des ministères de l'Environnement et de la Sécurité publique, pour se pencher sur les correctifs à apporter. Ce comité en est venu à la conclusion que pour diminuer les dommages liés aux inondations, il faut agir à la fois sur le comportement de la rivière par des mesures techniques et sur les habitudes de la population par des mesures administratives. Comme toutes les interventions doivent s'appuyer sur une bonne connaissance du comportement dynamique de l'ensemble du bassin versant de la rivière Chaudière, le comité recommandait la réalisation d'une étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière. Cette étude devait tenir compte des caractéristiques physiques, anthropiques, climatiques et sédimentologiques du bassin versant, actualiser certaines études antérieures et proposer des solutions techniques et/ou administratives réalistes (efficaces, économiques, socialement acceptables, environnementales) et permanentes. Par ailleurs, la méthode utilisée pour l'analyse du bassin de la rivière Chaudière devait être exportable dans le cadre d'études sur d'autres bassins.

Le suivi de l'étude devant impliquer l'ensemble des intervenants du milieu, le ministre de la Sécurité publique mettait sur pied, en décembre 1991, un *Comité consultatif relatif au problème des inondations de la rivière Chaudière*, chargé de la coordination des dossiers concernant l'analyse des différentes solutions pour réduire ou éliminer les inondations sur la rivière Chaudière (annexe 1). Ce comité, en plus des travaux du groupe sur l'étude de modélisation, devait également suivre les travaux d'un groupe de travail sur les mesures administratives. Le maintien de ce groupe de travail n'a pas été jugé utile en raison de la création, en septembre 1993, d'un *Groupe de travail interministériel sur la gestion des biens immobiliers en plaines inondables*. Après avoir identifié la problématique de cette question, ce groupe de travail recommandera des solutions au problème des inondations dans une perspective de sécurité civile pour l'ensemble du Québec. Les travaux effectués dans le cadre de ce dernier groupe et dans le cadre de l'étude de modélisation devaient permettre faire le point sur un ensemble de mesures techniques et administratives susceptibles de réduire ou éliminer les problèmes d'inondations le long de la rivière Chaudière. L'étude de modélisation, pour sa part, permettra de faire ressortir les avantages et inconvénients des solutions techniques.

1.2 Mandat et objectifs de l'étude

Mandat

C'est en octobre 1992, que la Direction générale de la sécurité civile (DGSC) confiait à la firme TECSULT le mandat de réaliser une étude de modélisation. L'étude, tel que précisé dans les termes de référence du cahier d'appel d'offres, devait être divisée en 4 parties, chacune faisant l'objet d'un rapport, soit:

- partie 1 : Étude des effets du développement sur le ruissellement et l'érosion - Rapport no. 1 - mars 1993
- partie 2 : Étude des inondations en eau libre - Rapport no. 2 - janvier 1994

- partie 3 : Étude des inondations avec glace - Rapport no. 3 d'avril 1994
- partie 4 : Rapport final faisant état des conclusions et recommandations en ce qui concerne les solutions retenues.

Objectif général de l'étude

L'objectif général de l'étude était de trouver des solutions au problème des inondations en effectuant, grâce à des outils de calculs perfectionnés, une mise à jour des solutions techniques déjà étudiées dans le passé et en proposant, le cas échéant, de nouvelles solutions qui soient efficaces, rentables et respectueuses du milieu.

Les objectifs spécifiques de l'étude

Partie 1 de l'étude - les effets du développement sur le comportement de la rivière (rapport no.1)

L'objectif spécifique de cette première partie de l'étude était d'établir avec précision la situation actuelle sur le bassin versant en répondant, essentiellement, aux deux questions suivantes :

- question 1 : Y a-t-il une augmentation des inondations depuis que des relevés hydrologiques sont faits sur le bassin versant de la rivière Chaudière, soit à peu près depuis le début du siècle ?
- question 2 : Ces inondations sont-elles d'origine naturelle ou anthropique et, dans ce cas, quelles activités humaines peuvent les favoriser ?

Partie 2 de l'étude - les inondations à l'eau libre (rapport no.2)

La seconde partie de l'étude devait examiner la problématique des inondations à l'eau libre et présenter des solutions potentielles pour régler cette partie du problème des inondations de la rivière Chaudière. Pour ce faire, la deuxième partie de l'étude devait :

- **volet 1 : actualiser les 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).
- **volet 2 : élaborer de nouvelles solutions à partir des modèles mis au point pour l'étude.**

Partie 3 de l'étude - les inondations avec embâcles (rapport no.3)

L'étape 3 de l'étude devait faire l'analyse des conditions de glace et élaborer des solutions pour éliminer les inondations dues aux embâcles.

Cette troisième partie de l'étude visait les objectifs suivants :

- identifier les zones d'embâcles ;

¹ Voir liste des abréviations pour la signification

- suggérer des interventions qui pourraient minimiser la possibilité de formation d'embâcle ;
- évaluer les impacts en amont et en aval des interventions proposées.

Partie 4 de l'étude - le rapport final (octobre 1994)

Le présent rapport, qui est le rapport final, contient les recommandations qui découlent de l'étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière. Ces recommandations sont présentées sous forme de solutions intégrées qui regroupent les ouvrages et mesures présentant le choix nous apparaissant le meilleur en termes d'efficacité hydraulique, de coûts et de répercussions sur le milieu. La démarche ayant conduit aux recommandations finales s'appuie sur les résultats contenus dans les trois premiers rapports de cette étude ainsi que sur des données fournies par les différents ministères du gouvernement du Québec qui se sont penchés sur la problématique des inondations de la rivière Chaudière.

Le chapitre 2 présente un rappel des conclusions de la partie 1 de l'étude, qui portait sur les effets du développement sur les inondations, ainsi qu'un résumé des principales solutions étudiées pour les inondations en eau libre et avec glace.

Le chapitre 3 présente des éléments de solutions non structurales et administratives devant être considérés dans le cadre d'une solution intégrée.

Le chapitre 4 présente une évaluation des dommages dus aux inondations, dans les différentes municipalités du tronçon des eaux mortes.

Le chapitre 5 est consacré à l'analyse de deux types de solutions intégrées, correspondant à deux approches différentes au problème, soit : les solutions curatives à but unique et les solutions curatives à buts multiples. Le chapitre 6 fait état des conclusions et recommandations finales de l'étude.

2.0 RAPPEL DES SOLUTIONS ÉTUDIÉES

2.1 Rappel des résultats de la partie 1 de l'étude : les effets du développement sur le ruissellement et l'érosion - Mars 1993

2.1.1 Méthodologie générale de la partie 1 de l'étude

La détermination des effets du développement dans le bassin versant, sur le ruissellement et l'érosion, nécessite l'intégration des données concernant le milieu physique et le milieu humain. L'objectif recherché est d'identifier les pratiques de développement utilisées actuellement et historiquement, leur répartition géographique, et de déterminer dans quelles conditions du milieu elles peuvent favoriser les inondations dans la rivière Chaudière, en y augmentant les apports en eau par le ruissellement et les apports solides par l'érosion.

La méthode générale d'étude est illustrée à la figure 1.1 sous forme d'un logigramme. Celui-ci indique les analyses ayant fait l'objet de cette première partie de l'étude.

L'approche indirecte utilisée pour l'analyse des effets du développement ne présente pas de résultats quantitatifs. La présentation de résultats quantitatifs sur l'érosion a été reprise dans le rapport d'étape n° 2 sur les solutions aux inondations en eau libre, suite aux relevés bathymétriques qui ont été faits au printemps 1993.

La connaissance des effets des pratiques de développement est essentielle à la détermination de solutions au problème des inondations. C'est donc dans le but d'acquérir une connaissance la plus complète possible, dans un laps de temps très court, que la méthodologie de cette première partie de l'étude de modélisation a été élaborée. Cette méthodologie consistait à déterminer :

**ÉTUDE DE MODÉLISATION DU BASSIN VERSANT
DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE
LOGIGRAMME DE LA MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE DES EFFETS
DU DÉVELOPPEMENT SUR LE RUISSELLEMENT ET L'ÉROSION**

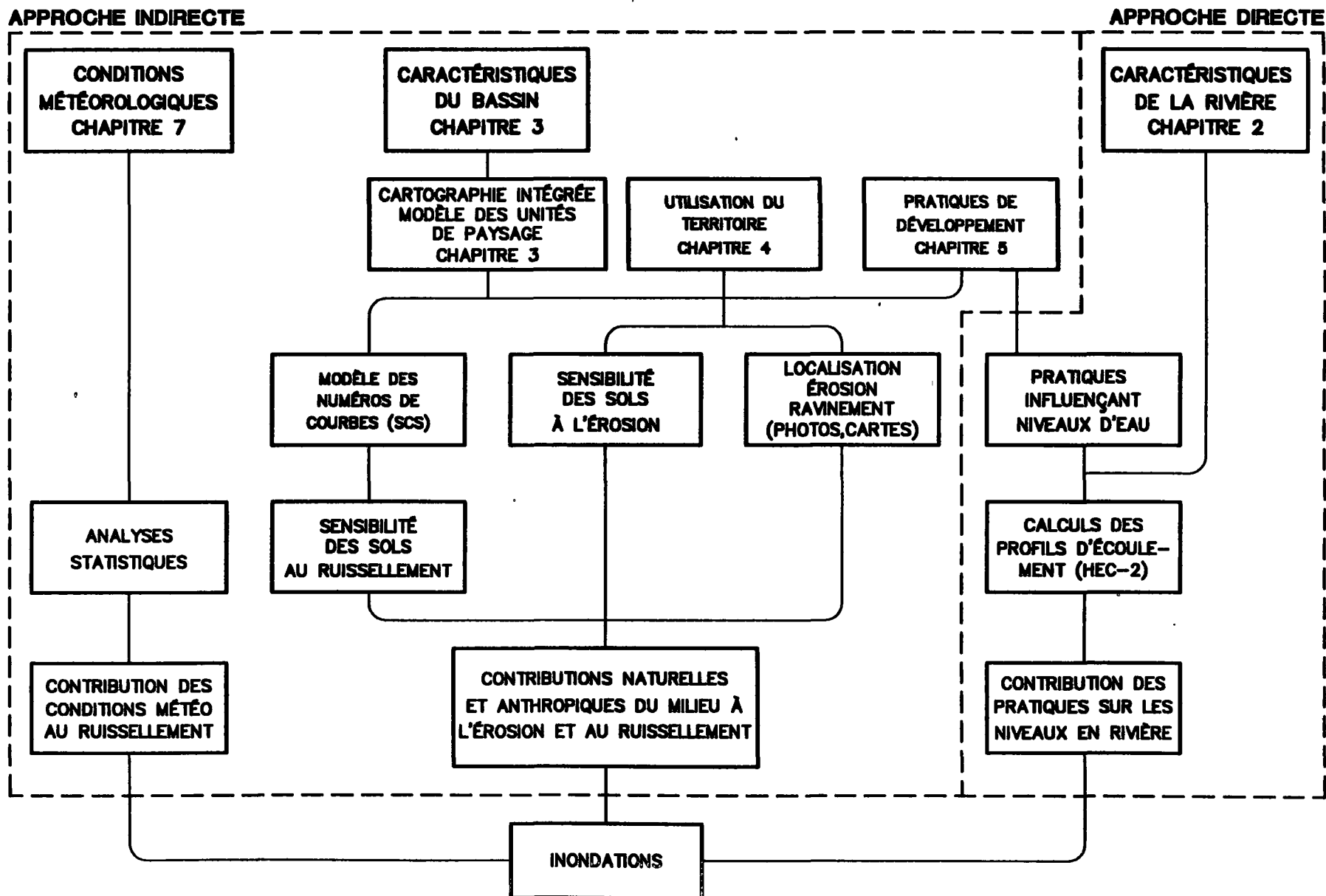


Figure 1.1

- les caractéristiques permanentes du milieu pertinentes à l'analyse, soit d'une façon générale, les pentes, les types de dépôts, la forme et l'altitude du terrain ;
- les utilisations actuelles et historiques des sols, puisque l'érosion est un processus continu dans le temps ;
- les pratiques de développement utilisées actuellement, afin de déterminer celles pouvant favoriser le ruissellement et l'érosion ;
- l'évolution des débits et des niveaux en rivière, afin de déterminer si ceux-ci ont été influencés par les pratiques et l'utilisation des sols ;
- les tendances des conditions météorologiques afin de déterminer si l'avènement des inondations est relié aux températures, aux précipitations, etc.

2.1.2 Résultats de la partie 1 de l'étude

Le ruissellement

- Les caractéristiques naturelles, notamment l'abondance des pentes fortes couvertes de minces dépôts de surface peu perméables, sont les principales causes du ruissellement élevé sur le bassin versant de la rivière Chaudière. Ces caractéristiques se retrouvent sur plus de 85 % de la superficie du bassin versant, notamment dans le secteur sud.

- La pente très faible de la rivière Chaudière, dans le tronçon des eaux mortes, fait en sorte que sa débitance² est inférieure à celles de ses tributaires dont les pentes sont beaucoup plus élevées. Le tronçon des eaux mortes agit donc comme un réservoir, en se remplissant lors des crues, ce qui provoque des inondations en eau libre de Scott Jonction à Saint-Joseph.
- L'utilisation du modèle des numéros de courbe développé par le U.S. Department of Agriculture Soil Conservation Service, qui donne un indice de la sensibilité au ruissellement des unités de paysage, démontre qu'en général, sur l'ensemble du bassin versant, le développement anthropique, représenté par l'utilisation des sols, n'a pas contribué à augmenter les volumes de ruissellement au cours de la période 1925 à 1989 (voir carte n° 6.2-P, rapport 1). Cette conclusion est également appuyée par l'examen du déficit d'écoulement qui indique que la proportion des précipitations annuelles qui se retrouvent dans la rivière demeure constante au cours de la période. Par contre, certaines pratiques reliées aux activités agricoles, forestières et urbaines, ainsi qu'au développement des routes sur le bassin versant, favorisent l'écoulement du volume d'eau (précipitation, fonte des neiges) dans un temps plus court, ce qui contribue à l'augmentation des débits dans la rivière Chaudière. Les pratiques qui ont eu le plus d'effets, sont :
 - l'aménagement de cours d'eau agricoles (excavation, nettoyage, approfondissement et redressement). Ces travaux ont été réalisés principalement dans le sous-bassin de la rivière Bras Saint-Victor entre 1964 et 1973, ainsi que dans les sous-bassins des rivières Calway, des Plantes, Chassé, Linière et Pozer ;

² Débitance: débit que l'on peut passer dans un canal dont les caractéristiques (largeur, profondeur, pente) sont définies [Larousse, Lexis, 1989].

- les pratiques reliées à l'exploitation des forêts :
 - la coupe à blanc réalisée principalement dans le sous-bassin de la Linière depuis 1965 (cantons de Linière, Marlow, Risborough) et dans le sous-bassin de la Haute-Chaudière (canton de Dorset) ;
 - le développement de la voirie forestière (728 km recensés) ;
 - le drainage forestier subventionné depuis 1986 (1 % de la superficie du bassin) ;
- le drainage des zones urbanisées (3 % de la superficie du bassin) ;
- le drainage du réseau routier public comprenant plus de 2 916 km de routes. Dans les sous-bassins des tributaires de la rivière Chaudière en aval de Saint-Georges, le drainage routier a plus que doublé la densité du réseau de drainage naturel depuis 1950.

L'érosion

- Les caractéristiques naturelles du milieu, notamment les pentes élevées, la nature et l'épaisseur des dépôts ainsi que l'utilisation des sols, font en sorte que 39 des 111 unités de paysage recensées, qui couvrent 27 % de la superficie du bassin versant, ont une sensibilité élevée ou très élevée à l'érosion (voir cartes nos. 3.1-P et 6.1-P des unités de paysage et de sensibilité à l'érosion, rapport 1). Ces unités sont situées dans les sous-bassins de la Haute-Chaudière, de la Linière, du Bras Saint-Victor et de la Moyenne Chaudière près de la ville de Sainte-Marie.
- La plupart des tributaires de la rivière Chaudière, situés en aval de Saint-Georges, montrent des signes d'érosion par ravinement et des accumulations de sols visibles à leur embouchure dans la rivière

Chaudière. L'érosion de ravinement des tributaires est associé aux pentes très fortes et à la composition (sable, gravier) des rivages de certains tronçons ainsi qu'aux pratiques suivantes :

- le redressement et le sur-creusement des canaux de drainage agricole ; par exemple, des zones de ravinement actives ont été observées sur des tributaires du Bras Saint-Victor ;
- l'exploitation forestière et principalement la coupe à blanc, la voirie forestière et le scarifiage ; des zones importantes où se pratiquent ces activités ont été identifiées dans les sous-bassins de la rivière Linière et de la Haute-Chaudière.
- Plusieurs accumulations de matériaux dans la rivière Chaudière entre Beauceville et Saint-Georges résultent des activités pratiquées dans le lit même de la rivière ou dans sa plaine inondable. Ces activités sont principalement liées à l'exploitation de gravières (construction de chemins, batardeaux, piles d'entreposage, etc.). Les infrastructures laissées en place réduisent la section d'écoulement de la rivière, ce qui contribue à augmenter les vitesses du courant et l'érosion des berges.

Les ponts et leurs approches

- En rive ouest, les routes d'approche aux ponts de Sainte-Marie et de Saint-Joseph contribuent à des rehaussements significatifs des niveaux d'eau au cours des crues. Dans les deux cas, le rehaussement du plan d'eau provoqué par la route au droit du pont atteint 15 à 20 cm.

La fréquence des crues et des inondations

- 10 des 19 crues enregistrées de 1915 à 1991, dont le débit à Saint-Lambert a dépassé 1300 m³/s, soit le seuil d'inondation en eau libre sur le tronçon des eaux mortes, se sont produites au cours des 20 dernières années (1971-1991). De plus, le débit de 1600 m³/s qui se produisait une fois à tous les vingt ans dans la période 1915-1970, se produit maintenant à tous les 7 ans. Sur le plan statistique, il s'agit d'une augmentation significative de la fréquence des crues dans la période des 20 dernières années par rapport aux 55 années antérieures (1915-1970).
- Malgré l'augmentation observée de la fréquence des crues, les niveaux d'inondation n'ont pas augmenté au cours des 20 dernières années et ils ont même diminué par rapport à la situation prévalant au début du siècle. Ceci peut être attribuable à une amélioration des conditions d'écoulement dans le chenal, résultant du retrait d'ouvrages en rivière (barrages), de travaux d'excavation et de stabilisation des berges effectués par le MENVIQ dans les années 1970 et de la diminution de la végétation (arbres, arbustes) le long des berges. Cette conclusion est basée sur l'analyse des niveaux mesurés depuis 1915, qui ne tient cependant pas compte des changements apportés aux instruments ni à la fréquence des lectures au cours de la période. Les relevés bathymétriques faits au printemps 1993 ont servi à effectuer les calculs des profils d'écoulement qui nous ont permis de valider cette conclusion.

Les conditions météorologiques

- Les crues importantes observées en 1974, 1987 et 1991 s'inscrivent à l'intérieur de cycles de plusieurs années de pluies abondantes, particulièrement au moment de la fonte du couvert de neige (1970-1976 et 1987-1991). Ces cycles de forte hydraulité ont coïncidé avec la période où

plusieurs pratiques favorisant le drainage sur des tributaires ont été mises en place.

2.1.3 Conclusion générale et recommandations de la partie 1 de l'étude

L'étude a démontré que les intervenants ont exercé, particulièrement au cours des trente dernières années, des pratiques de développement des ressources du milieu, sans toujours tenir compte de leurs effets potentiels sur le ruissellement et l'érosion sur le bassin versant et, par effet indirect, sur les inondations affligeant le tronçon des eaux mortes. Ces pratiques, souvent utilisées ailleurs pour des conditions différentes, n'étaient pas nécessairement bien appropriées dans le contexte du milieu naturel du bassin versant de la rivière Chaudière.

En termes quantitatifs, l'impact de chacune de ces pratiques sur les débits et les inondations, ne peut être déterminé de façon précise, faute de données et d'études réalisées sur les pratiques avant ou après leur instauration. Les données recueillies et les recherches effectuées dans le cadre de la présente étude indiquent que les superficies touchées, ainsi que l'intensité de ces pratiques, sont très importantes, ce qui pourrait nous laisser croire que ces pratiques ont un impact cumulatif non négligeable sur les inondations. Cependant, l'analyse de l'ensemble des conditions de ruissellement et d'érosion démontre que des facteurs naturels sont la principale cause des inondations. Cette conclusion est corroborée par les observations historiques, qui indiquent l'occurrence d'inondations importantes avant la période de développement intensif vécue à partir du début du 20^e siècle.

Les résultats obtenus dans cette première partie de l'étude démontrent que la réduction des inondations ne peut seulement reposer sur des modifications à certaines pratiques reliées au développement anthropique, bien qu'elles soient souhaitables. À cet effet, certaines zones d'interventions prioritaires ont été identifiées et des changements dans les pratiques de développement ont été recommandés. Il faudrait cependant des analyses plus poussées pour quantifier les effets de telles modifications des pratiques.

- La pratique actuelle, et récente, de coupes forestières en petites zones devrait être maintenue. À cela, on pourrait jumuler, lorsque possible, des coupes en bandes dans les unités de paysage 52, 73 et 77 situées dans le sous-bassin de la rivière Linière (cantons Linière, Marlow et Riseborough), à cause de la sensibilité élevée de ces zones à l'érosion et au ruissellement. La même recommandation s'applique pour l'exploitation forestière dans les unités 51 et 60 situées dans le bassin versant de la Haute-Chaudière (canton Dorset). Il y aurait aussi lieu d'utiliser des méthodes alternatives qui favorisent le maintien des branches en place et la repousse naturelle.
- Les mesures suivantes de conservation des sols et de l'eau doivent être appliquées dans les unités de paysage à vocation agricole 47, 48, 55 et 56 (rivière Bras Saint-Victor), 52 (rivière Linière), 51, 66 (rivière Haute-Chaudière) et 62, 63, 64 (Saint-Elzéar), à cause de la sensibilité élevée des sols au ruissellement et à l'érosion :
 - maintien et entretien d'une bande de protection riveraine (enherbée) permanente, en bordure des cours d'eau desservant les entreprises agricoles, afin de protéger les rives et les talus en les stabilisant et en contrant l'action érosive du ruissellement ;
 - protection des talus par l'implantation de végétation en priorité ou de toute autre technique de stabilisation, au besoin ;
 - mise en place de bassins de sédimentation (captage) pour intercepter les sols érodés ;
 - aménagement de voies d'eau engazonnées ;
 - aménagement de marais pour retenir les eaux et les particules de sols déplacées par l'érosion ;

- installation de seuils de dissipation d'énergie pour réduire la pente des cours d'eau et par conséquent, la vitesse de l'eau ;
- aménagement de rampes d'accès pour animaux ;
- protection des décharges ;
- maintien de la couverture végétale pour les terres en culture.

Toutes ces mesures ont pour effet de réduire le ruissellement et l'érosion sur ces portions du bassin, donc de diminuer les débits et les apports solides qui contribuent à la sévérité des crues et aux inondations.

2.2 Synthèse de l'étude des solutions structurales aux inondations en eau libre - Rapport n° 2, Janvier 1994

2.2.1 Zone d'étude

La définition des zones 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 les 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 dernier problème ont fait l'objet du rapport d'étape n° 3.

Pour ce qui est de la modélisation hydrologique, la zone d'étude nécessaire à l'examen des solutions des réservoirs comprend l'ensemble du bassin versant à partir de Saint-Lambert (voir figure 5-5 P, rapport d'étape n° 2). Cette zone 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.

En ce qui concerne 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). Pour la réalisation de cette partie de l'étude, il faut noter que des relevés bathymétriques ont été effectués en mai 1993. Ces données ont permis, d'une part, d'évaluer les changements qui se sont produits dans le fond de la rivière depuis 1963, année à laquelle le MRN avait aussi procédé à des relevés bathymétriques. D'autre part, ces nouvelles données ont permis de mieux calibrer le modèle hydraulique.

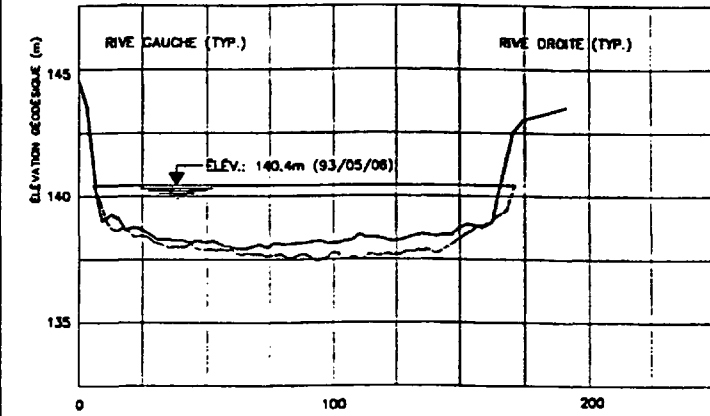
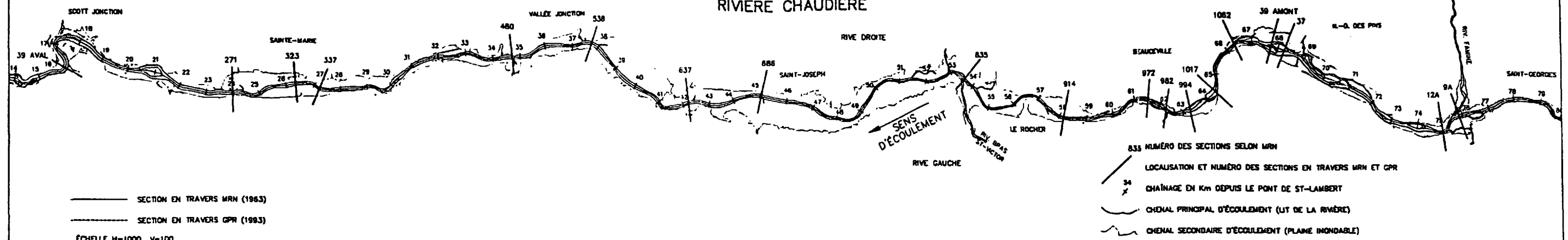
2.2.2 Résumé de la comparaison des relevés bathymétriques

Les transects de la rivière, réalisés au printemps 1993, ont été comparés à ceux réalisés par le MRN en 1963. Les figures 2.2 et 2.3 présentent quelques sections typiques montrant l'évolution de la bathymétrie au cours de cette période de 30 ans.

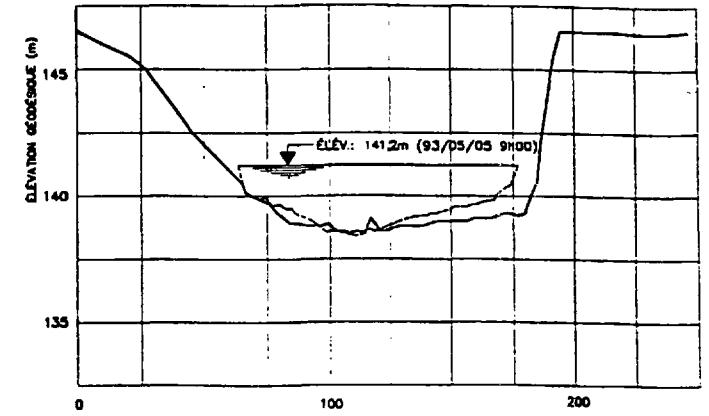
L'examen comparatif des sections démontre que la bathymétrie est principalement influencée par l'apport en matériaux alluvionnaires (sable et gravier) provenant des tributaires. Compte tenu de leur forte pente, ceux-ci ont une capacité de charriage élevée, principalement en amont de Beauceville. Cependant, les vitesses d'écoulement de la rivière Chaudière 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. Ainsi, 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.

De façon générale, on constate peu de changement dans la bathymétrie de la rivière, notamment entre Scott et Vallée Jonction (km 15 à 39) et entre Saint-Joseph et le méandre du Rocher (km 43 à 57). Ces zones dénotent donc un certain équilibre de la rivière sur le plan de son régime sédimentologique.

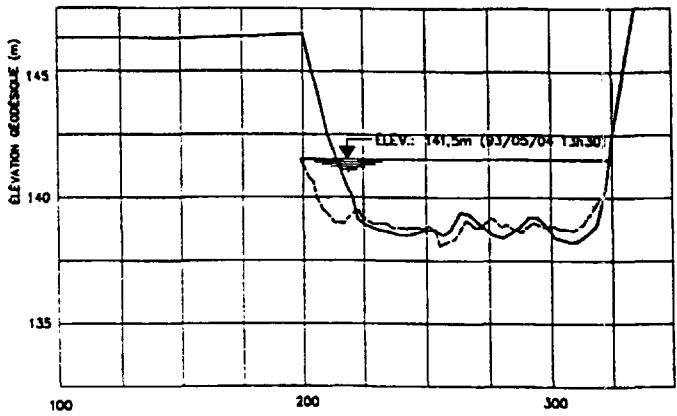
PLAN DE LOCALISATION DES LEVÉS BATHYMÉTRIQUES RIVIÈRE CHAUDIÈRE



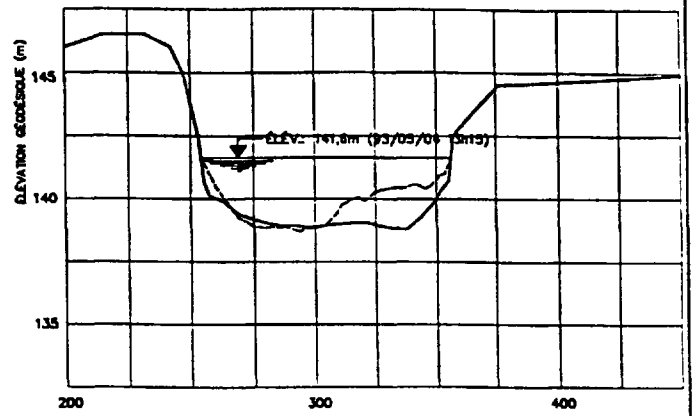
SECTION #39 AVAL : Km 16+030



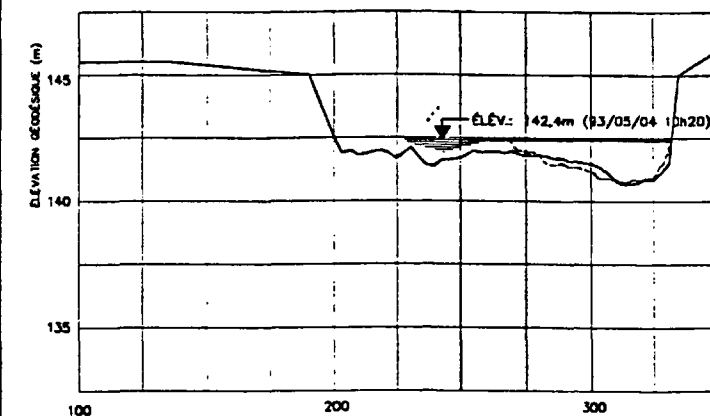
SECTION #271 : Km 23+990



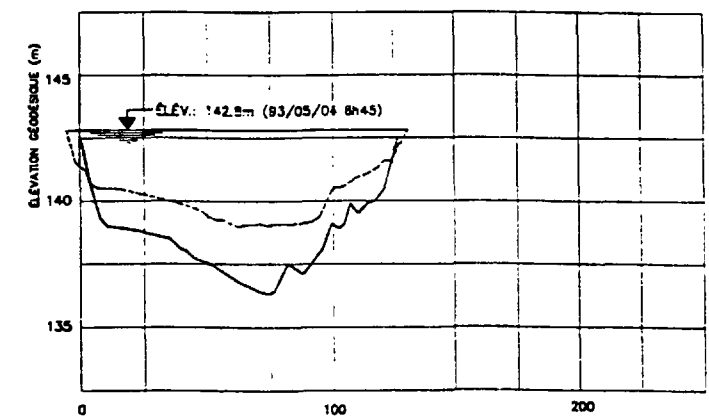
SECTION #323 : Km 26+390



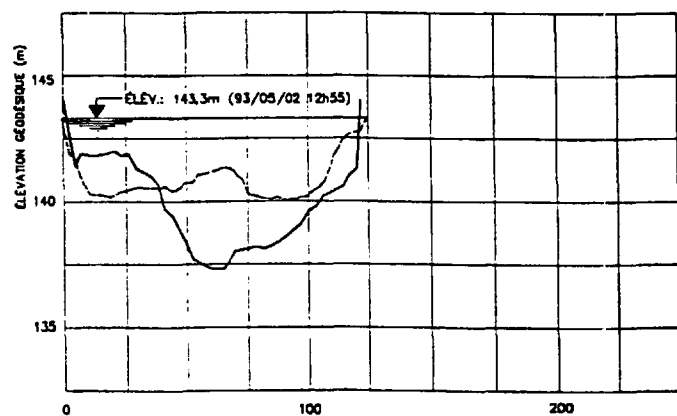
SECTION #337 : Km 27+180



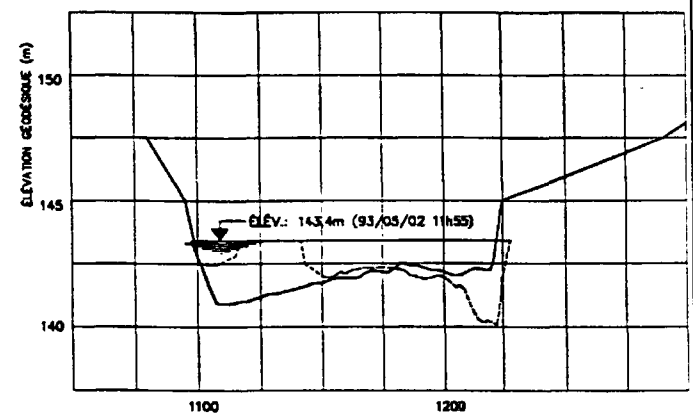
SECTION #480 : Km 34+700



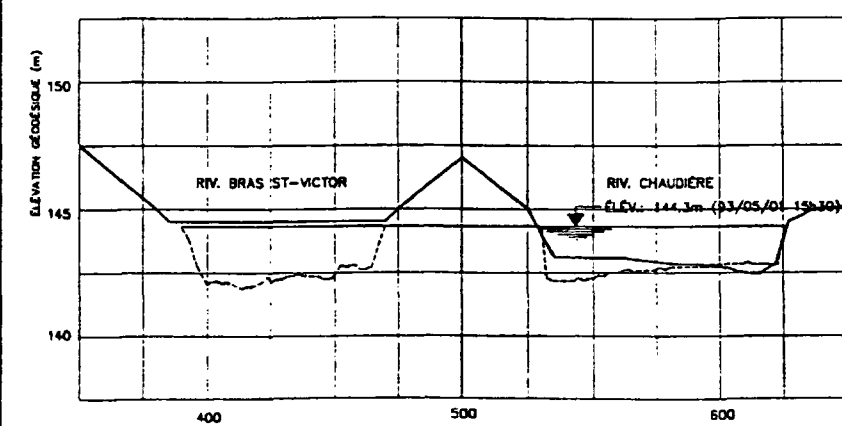
SECTION #533 : Km 37+725



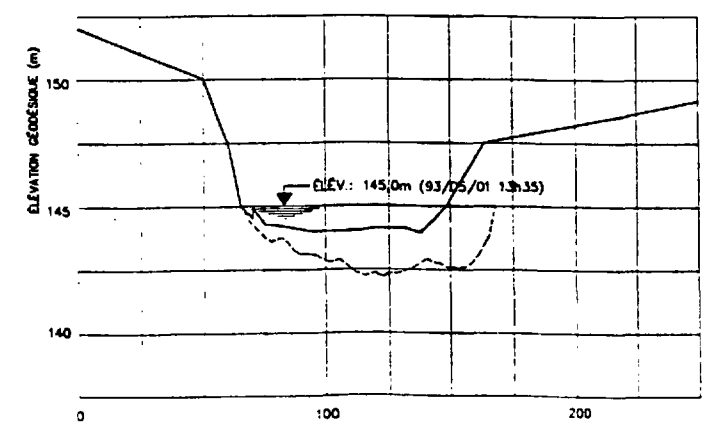
SECTION #637 : Km 42+270



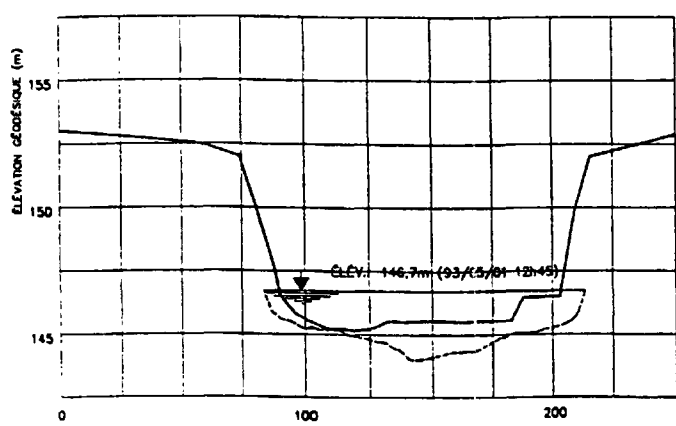
SECTION #686 : Km 45+070



SECTION #835 : Km 53+620



SECTION #914 : Km 58+120



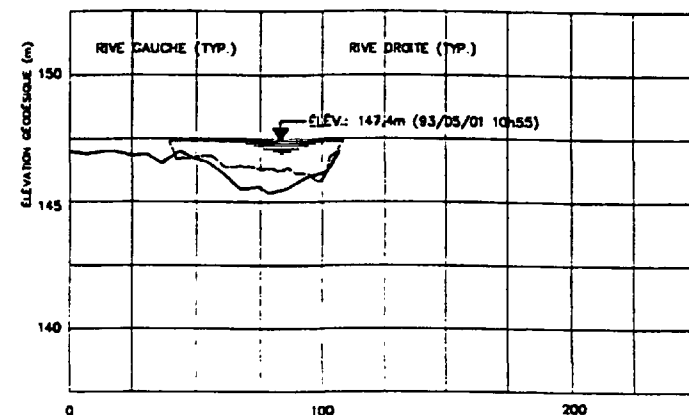
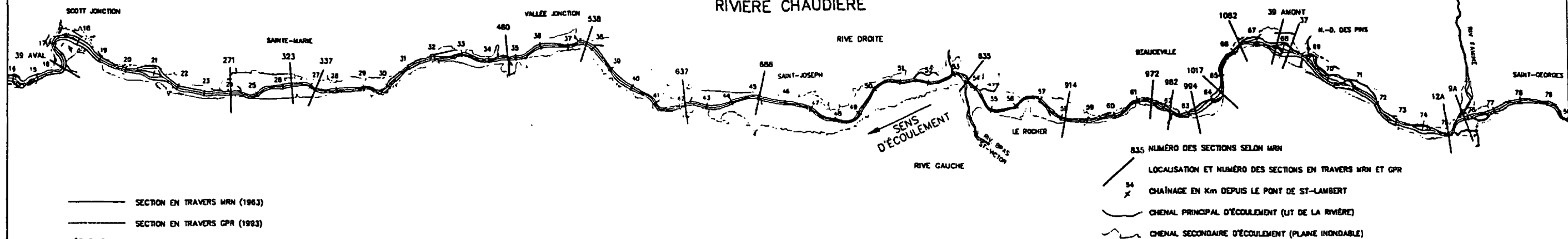
SECTION #972 : Km 61+450

RÉF.: MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC
GPR INT. L.T.E.: JUILLET 1993 PROJET M-92352

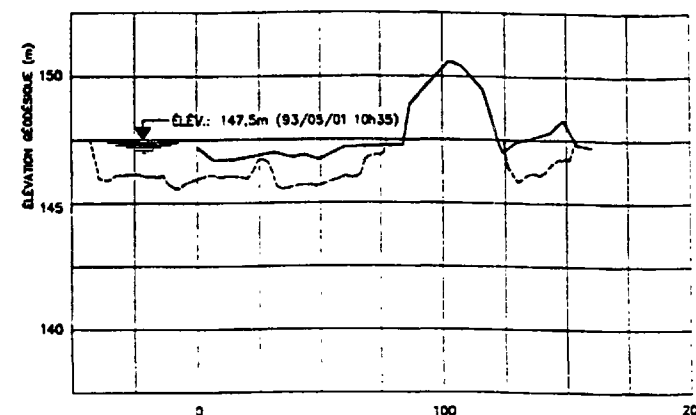
ÉCHELLE VISUELLE 500 1000m		RAPPORT 1 : 5 000	
Gouvernement du Québec Ministère de la Sécurité Publique Direction Générale de la Sécurité Civile			
TECUT Tecut Inc.			
ÉTUDE DE MODÉLISATION DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE			
RIVIÈRE CHAUDIÈRE SECTIONS EN TRAVERS SELON RELEVÉS BATHYMÉTRIQUES MRN (1963) ET GPR (1993) Km 16.03 À Km 61.45			
PROJETÉ PAR P.R.T.	PROJETÉ PAR P.C.	PROJETÉ PAR P.R.T.	PROJETÉ PAR P.R.T.
DATE OCTOBRE 93	DATE 4777	DATE 7 OCTOBRE 93	DATE 7 OCTOBRE 93

FIGURE 2.2

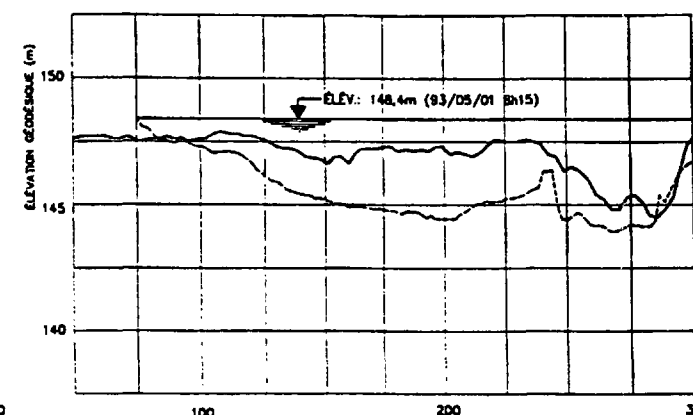
PLAN DE LOCALISATION DES LEVÉS BATHYMÉTRIQUES RIVIÈRE CHAUDIÈRE



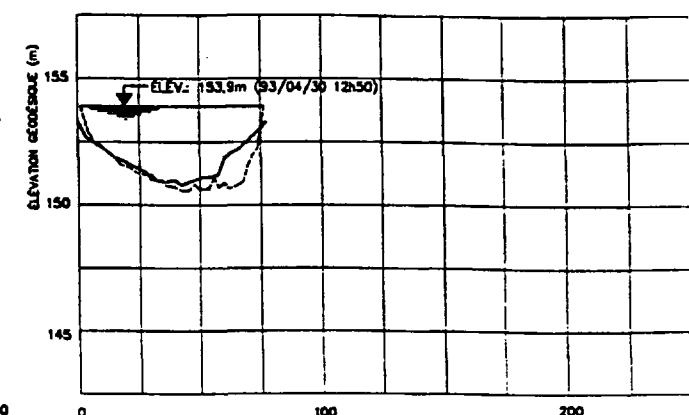
SECTION #982 : Km 62+310



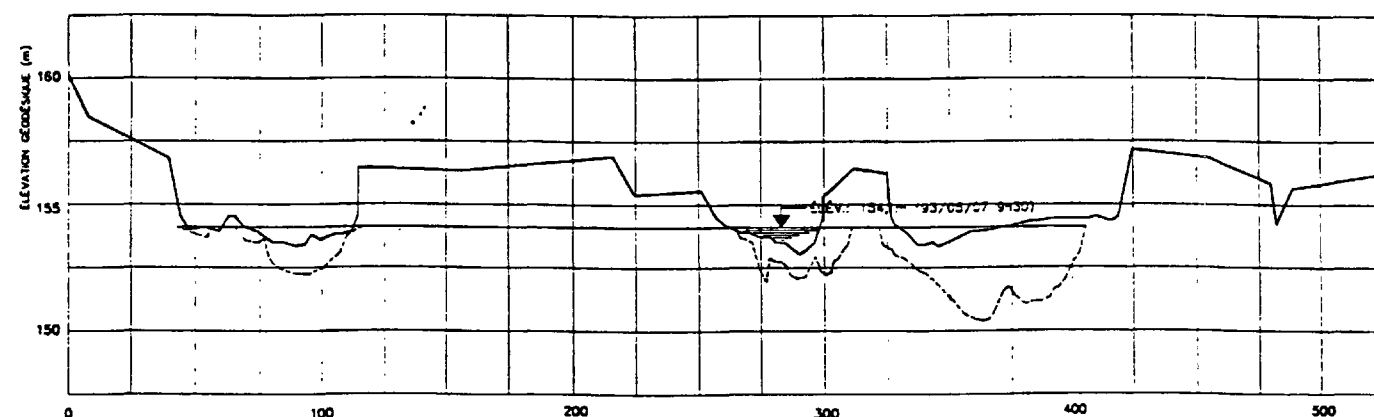
SECTION #994 : Km 63+160



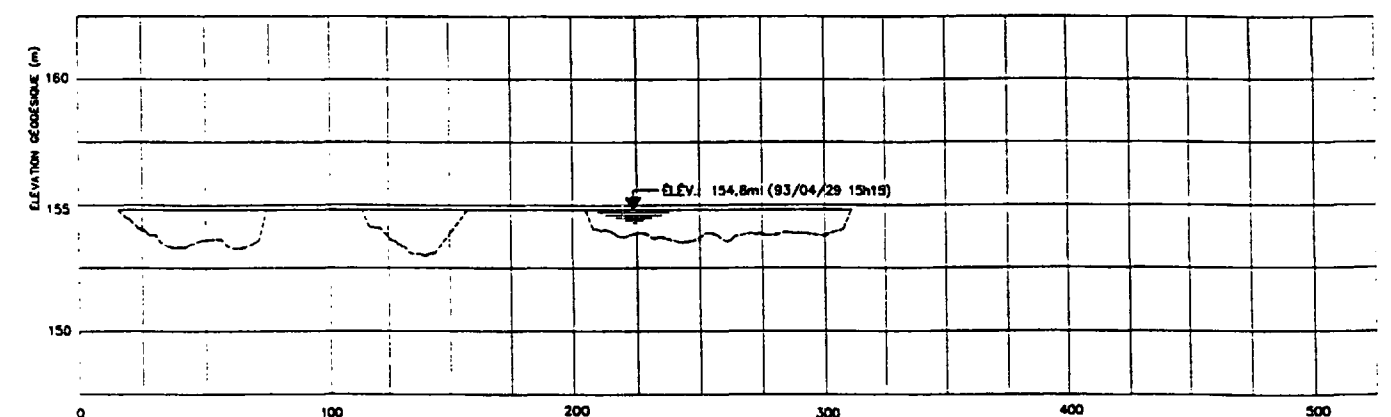
SECTION #1017 : Km 64+325



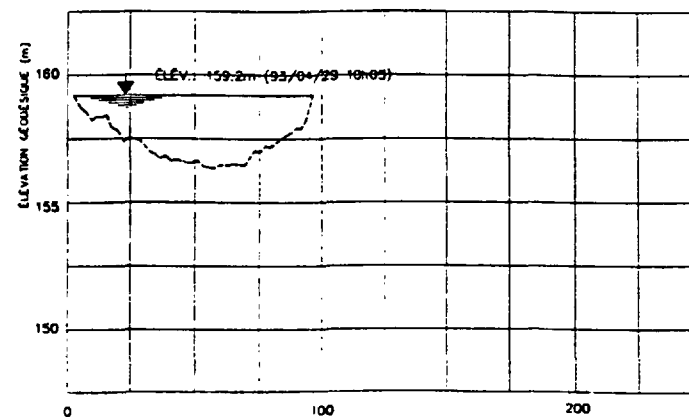
SECTION #1062 : Km 66+380



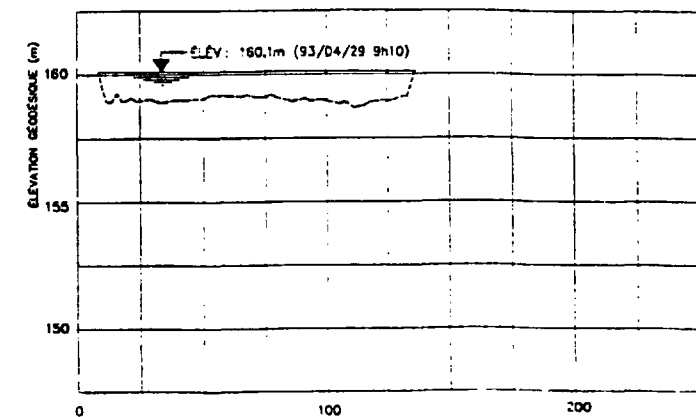
SECTION #39 AMONT : Km 67+700



SECTION #37 : Km 68+300



SECTION #12A : Km 75+000



SECTION #9A : Km 75+650

RÉF.: MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC
 GPR INT. LÉE : 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 BATHYMÉTRIQUES MRN (1963) ET GPR (1993) Km 62.31 À Km 75.85			
PROJET	P.R.T.	PROJET	P.C.
DATE	OCTOBRE 93	DATE	4/93

FIGURE 2.3

Par contre on note, entre Vallée Jonction et Saint-Joseph (km 39 à 43), d'importantes zones d'accumulation. Ces dépôts, probablement constitués de sable et de silt, proviennent de l'érosion des terres agricoles. Finalement, on remarque d'importantes zones de remaniement de matériel à partir du km 57 et en remontant vers Notre-Dame-des-Pins. Ces remaniements résultent de l'extraction du gravier. À cet effet, un secteur important, aux environs du km 58 à l'aval de Beauceville, démontre un fond de rivière approfondi de plus de 1,5 m par rapport à l'élévation du chenal excavé par le MRN dans les années soixante. Cet approfondissement, on le verra à la section 2.3.3.1, a un effet notable sur la problématique des embâcles dans ce secteur.

On peut également mentionner que le MRN, dans les années 1960 et 1970, a procédé à divers travaux de canalisation, de profilage de berge, d'aménagement d'une fosse à sédiments à l'embouchure de la rivière Bras Saint-Victor, d'enlèvement des matériaux alluvionnaires dans les embouchures de tributaires (ex. rivières Nadeau et Lessard). Les travaux de canalisation et d'enlèvement de matériaux ont particulièrement 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. Cependant, 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.

2.2.3 Les solutions en eau libre

Pour toutes les solutions analysées dans le rapport d'étape n° 2, l'objectif ultime est de diminuer le risque d'inondation pour les secteurs habités, ceci dans les villes où les inondations se produisent habituellement en eau libre. La ville de Beauceville n'apparaît pas dans cette analyse, parce que les inondations qui s'y produisent sont causées par des embâcles de glace. Cette question est traitée dans le rapport d'étape n° 3 dont les principaux résultats sont résumés à la section suivante. Pour ce qui est des inondations en eau libre, trois solutions ont été retenues, soit :

- **réduire les débits de crue par l'aménagement de quatre barrages-réservoirs dans le secteur amont de la rivière Chaudière et sur ses principaux tributaires ;**
- **améliorer le chenal d'écoulement entre Scott et Sainte-Marie, par des travaux d'excavation ;**
- **protéger les zones inondables habitées, le long du tronçon des eaux mortes, par des mesures d'endiguement et d'imperméabilisation.**

Deux critères principaux ont été utilisés dans l'identification des 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. Celle-ci doit être la même pour toutes les solutions étudiées afin que leur niveau de protection soit comparable et qu'il soit donc possible de choisir la meilleure solution au moindre coût. Dans notre cas, la crue de conception retenue est la crue centennale. Rappelons aussi que la variante retenue pour chaque type de solution est celle qui présente l'efficacité hydraulique la plus élevée ou celle qui permet de réduire le niveau de la crue centennale à celui de la crue vicennale à Sainte-Marie.

Le tableau 2.1 indique les informations suivantes, sur les niveaux de crue nécessaires pour la définition des solutions aux inondations en eau libre, dans chaque localité le long du tronçon des eaux mortes :

- 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 MEF/DGSC.

Tel que mentionné au rapport d'étape n° 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.

Le tableau 2.2, pour sa part, présente une synthèse des principaux résultats pour les variantes retenues de chaque type de solution. On y retrouve les informations suivantes :

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

Tableau 2.1**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 de la DGSC ⁽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 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- Niveau en eau libre établis d'après les cartes du risque d'inondation, sauf à Beauceville où il s'agit du seuil d'inondation avec embâcles
 - 4- Niveau arbitraire convenu entre la DGSC et la municipalité marquant le début de la période d'alerte d'inondation

TECSULT															
Tableau 2.2															
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	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)						
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 2.2 (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 : Tecslut, 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 2 . 2(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 2.2 (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.	

L'examen des coûts et des répercussions sur l'environnement a été fait en se basant sur la conception préliminaire des ouvrages requis pour la variante retenue. Il faut cependant noter que les coûts mentionnés **n'incluent pas** les montants requis pour les déboursés suivants :

- les coûts des terrains expropriés ou des servitudes ;
- les honoraires pour services professionnels (arpenteurs, notaires, ingénieurs, etc.) ;
- les frais d'intérêt pendant la construction ;
- les mesures de remédiation des répercussions sur l'environnement ;
- les taxes applicables ;
- les frais annuels d'opération et d'entretien.

Il faut également remarquer que 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 fonction des données disponibles. Ces données ne sont pas suffisantes pour optimiser les solutions, mais on peut tout de même estimer les coûts avec une précision de $\pm 15 - 20 \%$.

Notons toutefois que la solution de l'endiguement à Sainte-Marie, basée sur les rapports d'études plus poussées effectuées par le MENVIQ (réf. 2) et par Roche et Associés (réf. 1) en 1985, est du niveau de l'avant-projet. Ceci implique que des données additionnelles ont été recueillies, sur le site même de l'ouvrage projeté, ce qui permet d'estimer les coûts avec une meilleure précision, généralement de l'ordre de $\pm 10 \%$.

2.3 Synthèse de l'étude des solutions structurales aux inondations avec glace - Rapport n° 3, Avril 1994

2.3.1 Détermination des zones d'embâcles problématiques

L'examen de rapports d'études antérieures, ainsi que les observations réalisées au cours des débâcles de 1992 et 1993, révèlent que le secteur compris entre Saint-Joseph et Beauceville en est un où se produisent des embâcles créant des inondations appréciables. En particulier, le tronçon compris entre les km 58 et 61 est celui où se forme, presque à chaque année, un embâcle pouvant produire des inondations très dommageables à Beauceville. Les observations des débâcles de 1992 et 1993 semblent confirmer une modification du régime des glaces dans le secteur de Beauceville, en ce qui concerne les zones de formation d'embâcles. Rappelons que notre analyse des conditions d'écoulement en eau libre a démontré que le seuil d'inondation à Beauceville, qui est de 152,4 m, correspond à un débit de 1 600 m³/s, soit à une crue d'une période de retour de 200 ans.

Cependant, les embâcles de glace créent des rehaussements de niveau d'eau dont l'ampleur ne peut être prédite uniquement par la connaissance du débit de la rivière, comme c'est le cas pour les inondations se produisant en eau libre. À titre d'exemple, la crue d'avril 1993 a atteint un débit de pointe de 1 300 m³/s à Saint-Lambert, ce qui correspond à une récurrence de 3 ans et le débit maximum à Beauceville a été estimé à 1 120 m³/s, en se basant sur les débits mesurés à Sartigan et sur la rivière Famine. Par contre, à cause de l'embâcle de glace, le niveau d'eau maximum a atteint l'élévation de 153,7 m à Beauceville, soit un rehaussement de 2,4 m (8.7 pi) par rapport au niveau en eau libre pour le même débit.

Les conditions d'écoulement avec glace sur le tronçon de la rivière Chaudière à l'endroit de la ville de Beauceville méritent donc une attention particulière dans la recherche d'une solution aux inondations pour cette ville.

2.3.2 Principes des solutions

Les études antérieures et les observations réalisées en 1992 et 1993 démontrent que les embâcles à Beauceville sont formés par la glace provenant de la débâcle du tronçon amont compris entre Beauceville (km 60) et Saint-Georges (km 78). Une bonne partie du couvert de glace de ce tronçon, soit celui situé entre les km 66 et 78 (12 km de long), se déplace en bloc vers l'aval, passe dans le Rapide-du-Diable où il est brisé en glaçons pouvant atteindre 3 à 5 m de côté et s'accumule à l'aval de Beauceville entre les km 58 et 60, soit sur une distance de 2 km seulement. L'épaisseur du couvert peut donc facilement y atteindre 4 à 5 m d'épaisseur. La glace bloque alors la section d'écoulement et forme un embâcle.

La définition des solutions possibles en vue d'éliminer les rehaussements du plan d'eau causés par les embâcles et les inondations à Beauceville est basée sur l'un ou l'autre des deux principes suivants :

- **Principe n° 1 :** Faciliter la débâcle du couvert de glace et des embâcles en aval de Beauceville ;
- **Principe n° 2 :** Retenir la glace et les embâcles en amont de Beauceville.

Quelque soit la solution définie, l'intervention choisie ne doit pas contribuer à augmenter les risques d'inondations dans d'autres secteurs.

2.3.3 Les solutions

Pour résoudre le problème des embâcles dans le secteur de Beauceville, deux des solutions examinées ont été retenues dans le cadre du rapport no. 3 :

- le profilage du chenal en aval de Beauceville et la construction de deux ouvrages de rétention de la glace sur le bras Saint-Victor ;
- la construction d'un barrage à glace en amont de Beauceville.

2.3.3.1 Solution de profilage et d'ouvrages de rétention de glace

L'examen des conditions d'écoulement avec glace indique que les embâcles se forment en aval immédiat de Beauceville, là où les vitesses d'écoulement sont les plus faibles. Historiquement, de telles conditions existaient au droit du Rocher, entre les km 55 et 57 tel que rapporté par Triquet (réf. 3). La présence d'un méandre de la rivière à cet endroit peut contribuer à retenir le couvert de glace et à stabiliser les embâcles. Les relevés bathymétriques récents ont révélé la présence d'une fosse entre les km 58 et 59. À cet endroit, on constate donc une augmentation de la section transversale de la rivière et une diminution des vitesses d'écoulement. Ces conditions favorisent la stabilité du couvert de glace et la formation d'embâcles.

L'examen des dossiers du MEF révèle que des travaux importants de profilage du chenal ont été réalisés par le MRN entre les km 56 et 61 dans les années soixante. Cependant, les relevés bathymétriques récents indiquent que le fond du chenal a été abaissé de 0,5 à 2,0 m par rapport au radier du chenal réalisé par le MRN entre les km 58 et 59, tel que montré à la figure 2.4. Selon les informations recueillies auprès de la direction régionale du MEF, cet abaissement résulterait de travaux d'extraction du gravier.

Objectif de la solution

L'objectif principal de la solution présentée ici est double, soit :

1. de modifier le profil du chenal principal d'écoulement, pour rendre la pente hydraulique relativement uniforme et pour augmenter la vitesse d'écoulement entre les km 55,94 et 59,57 ;
2. de retarder la descente de la glace, en provenance de la rivière Saint-Victor, dans la Chaudière jusqu'au moment où la débâcle se termine sur celle-ci en aval du Rocher. De cette façon il est possible d'éviter qu'une accumulation de glace formée à son embouchure dans la rivière

Chaudière ne cause d'augmentation du niveau d'eau et une réduction des vitesses d'écoulement en amont, deux conditions qui retardent la débâcle du couvert de glace en aval de Beauceville.

La première partie de cet objectif peut être atteinte en remblayant le fond du chenal sur ce tronçon et en profilant les berges en aval de Beauceville. Cette solution implique aussi l'excavation des îlots et des zones de rétrécissement du chenal entre les km 58,6 et 59,2 de façon à enlever les obstacles contribuant physiquement à stabiliser les embâcles ou à favoriser leur formation. Enfin, des travaux pour enlever les bourrelets de terre ainsi que les arbres et arbustes sont aussi recommandés le long des rives, entre Beauceville et Saint-Joseph afin de libérer les berges du chenal principal de toute obstruction pouvant retenir le couvert de glace en place.

En général, le profil moyen du terrain devrait rester le même qu'actuellement, de façon à minimiser les coûts des travaux et l'impact sur l'utilisation agricole de ces terrains. La localisation précise des zones d'intervention, devra être délimitée après des observations détaillées de la débâcle sur ce tronçon.

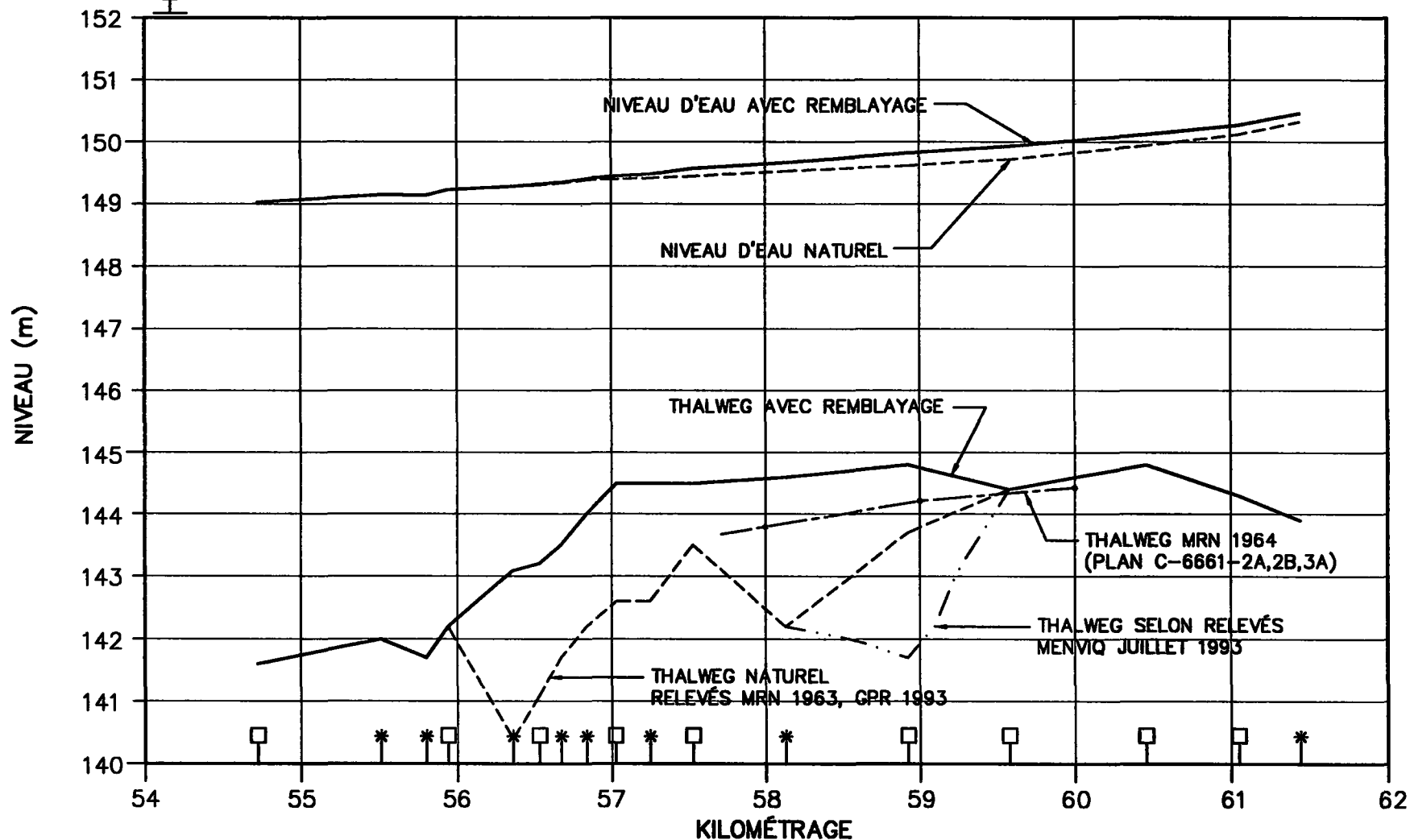
La deuxième partie de cette solution implique la construction de deux ouvrages simples pour retenir la glace sur la rivière Saint-Victor. Ces ouvrages sont constitués de pieux tubulaires en acier de 900 mm de diamètre remplis de béton armé. Deux sites ont été prévus afin de retenir temporairement la glace venant de la débâcle sur la Saint-Victor. Le premier est au km SV-0,5³ et le deuxième est en amont des rapides au km SV-10,4.

Il est à noter que l'ouvrage au site 2 (km SV-10,4) sert à retenir les glaçons qui pourraient venir du tronçon amont caractérisé par une pente d'écoulement assez faible. La nécessité de cet ouvrage devra être ré-évaluée au moyen d'observation et de calculs additionnels faisant appel à des relevés bathymétriques sur cette rivière.

³ SV-05 veut dire au km 0,5 de la rivière Saint-Victor. Le chaînage est compté à partir de la rivière Chaudière (km 0,0).

NOTATION POUR L'ANNÉE DE RELEVÉ DES SECTIONS:

- * - SECTION TRANSVERSALE RELEVÉS PAR GPR EN 1993
- - SECTION TRANSVERSALE RELEVÉS PAR LE MRN EN 1963



RIVIÈRE CHAUDIÈRE
ÉTUDE DE PROFILAGE DU CHENAL
EN AVAL DE BEAUCEVILLE

PROFILS D'ÉCOULEMENT EN EAU LIBRE
AVEC ET SANS REMBLAYAGE
DÉBIT = 800 m³/s



PROJET: 4727

DATE: DÉCEMBRE 1993

FIGURE: 2.4

L'étude effectuée démontre qu'avec ces travaux, la rivière débâclera systématiquement du Rocher vers l'amont. Pour atteindre ce but, la débâcle doit d'abord se produire en aval ce qui provoque un abaissement du niveau d'eau au Rocher et entraîne une débâcle subséquente vers l'amont jusqu'à Beauceville. Une fois le couvert débâclé à l'aval de Beauceville, l'arrivée des glaçons provenant de l'amont ne peut causer d'embâcles et de rehaussements importants des niveaux d'eau.

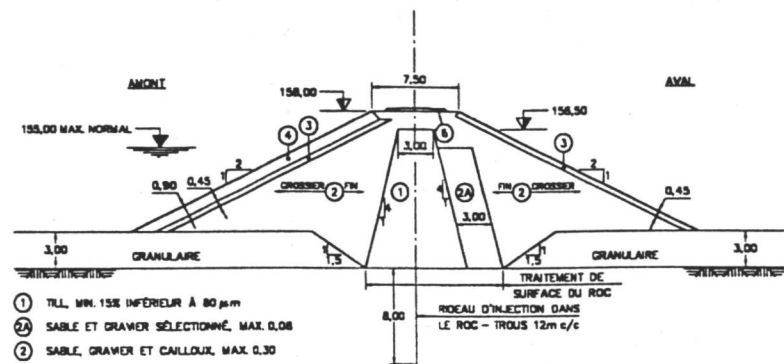
2.3.3.2 Solution par barrage de rétention de la glace en amont de Beauceville

Les embâcles responsables des inondations à Beauceville résultent de l'accumulation, contre le couvert en place, des glaçons (blocs de glace) provenant principalement de la débâcle du tronçon compris entre le Rapide du Diable (km 64) et Saint-Georges ($\pm$ km 79).

La débâcle sur ce tronçon précède toujours celle du tronçon en aval de Beauceville, parce que la pente hydraulique de la rivière y est supérieure à celle sur le tronçon en aval de Beauceville et que les autres conditions (largeur, profondeur) y sont également moins favorables pour le maintien d'un couvert stable sous l'effet d'une augmentation du débit. Cette situation est d'ailleurs semblable à celle qui prévalait à Saint-Georges avant la construction du barrage de Sartigan. Le rôle de cet ouvrage est justement de retenir la glace provenant de la rivière Chaudière en amont de Saint-Georges pour éviter la formation d'embâcles en aval et les inondations qu'elles peuvent provoquer. Depuis la construction du barrage de Sartigan, ce problème n'existe plus à Saint-Georges.

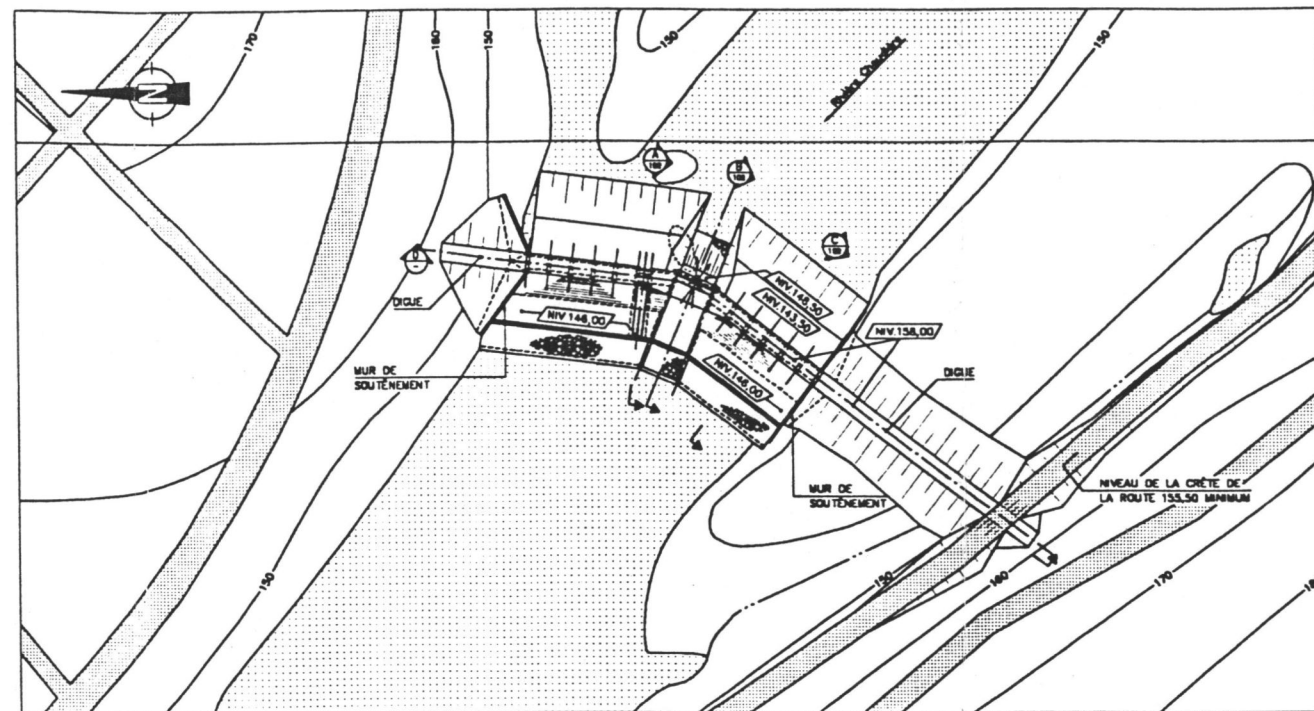
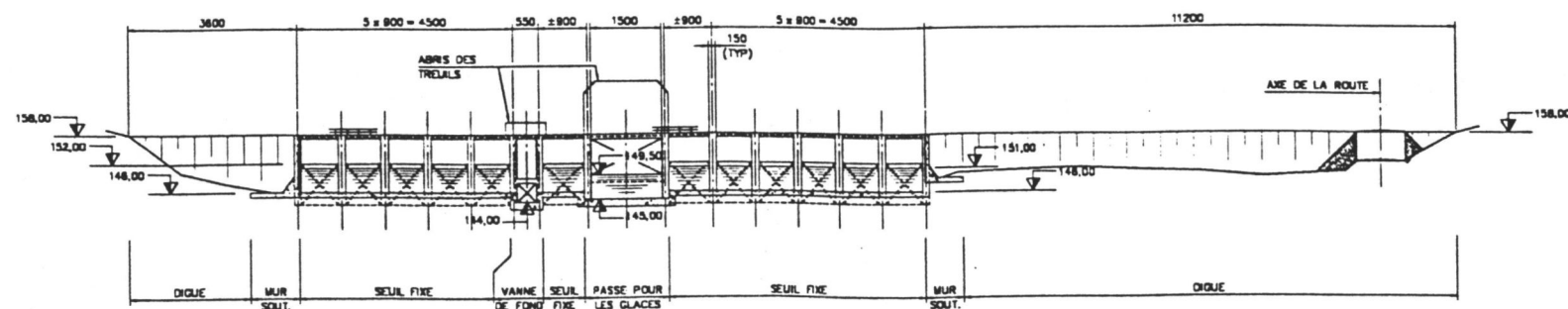
La solution décrite dans cette section, présente l'aménagement d'un barrage, au km 63,11 (1 km en amont du pont de Beauceville), constitué d'une section centrale déversante en béton, flanquée de digues, pour retenir les glaçons, jusqu'à un débit de 1 400 m³/s (figures 2.5 et 2.6). Au-delà de cette valeur, les glaçons sont relâchés progressivement vers l'aval, sans la possibilité de former un embâcle, compte tenu du fait qu'à ce débit, la débâcle du couvert de glace existant en aval de Beauceville s'est déjà produite.

SITE BEAUCEVILLE

PLAN CLÉ
1:10000

- 1 TILL. MIN. 15% INFÉRIEUR À 80 µm
2A SABLE ET GRAVIER SÉLECTIONNÉ, MAX. 0.08
2 SABLE, GRAVIER ET CAILLOUX, MAX. 0.30
3 ENROCHEMENT DU CAILLOUX, 0.08 À 0.30
4 ENROCHEMENT 0.30 À 0.90
5 GRANULAIRE DE ROULEMENT, CALIBRE 20-04 DU C.C.O.Q.

NOTE: TOUTES LES DIMENSIONS SONT EN MÈTRES, SAUF TEL QU'INDIQUÉ

COUPE TYPE DE LA DIGUE
1:200VUE EN PLAN DE L'AMÉNAGEMENT
1:1000COUPE D (DÉVELOPPÉE)
1:500

QUANTITÉS PRINCIPALES: (APPROX.)

EXCAVATION (m³)	COFFRAGE (m²)	BÉTON (m³)	ACIER D'ARMATURE (kg)	DIGUE (m³)	ENROCHEMENT (m³)
21 800	11 500	14 100	1 020	88 400	3 150

N°	REMARKS
1	LOCALISATION EXACTE BARRAGE DE TERRAIN DANS LE STAGE FINAL DES ÉTUDES
2	BÉTON: RÉSISTANCE EN COMPRESSION (f _c) = 28 MPa @ 28 JOURS CIMENT TYPE 30 AGRÉGAT MAXIMUM Ø 80mm
3	LES COTES SONT EN CENTIMÈTRES ET LES NIVEAUX SONT EN MÈTRES SAUF INDICATION CONTRAIRE
4	UTILISER DE DRAIN POUR LE BORD DES QUANTITÉS SEULEMENT, NE PAS UTILISER POUR CONSTRUCTION
5	LA QUANTITÉ D'ACIER D'ARMATURE À ÊTRE CALCULÉE AVEC DES DONNÉES DIFFÉRENTES (kg/m³), DÉPENDANT DES ÉLÉMENTS DE LA STRUCTURE
6	Voir notes du dessin n° 41-2

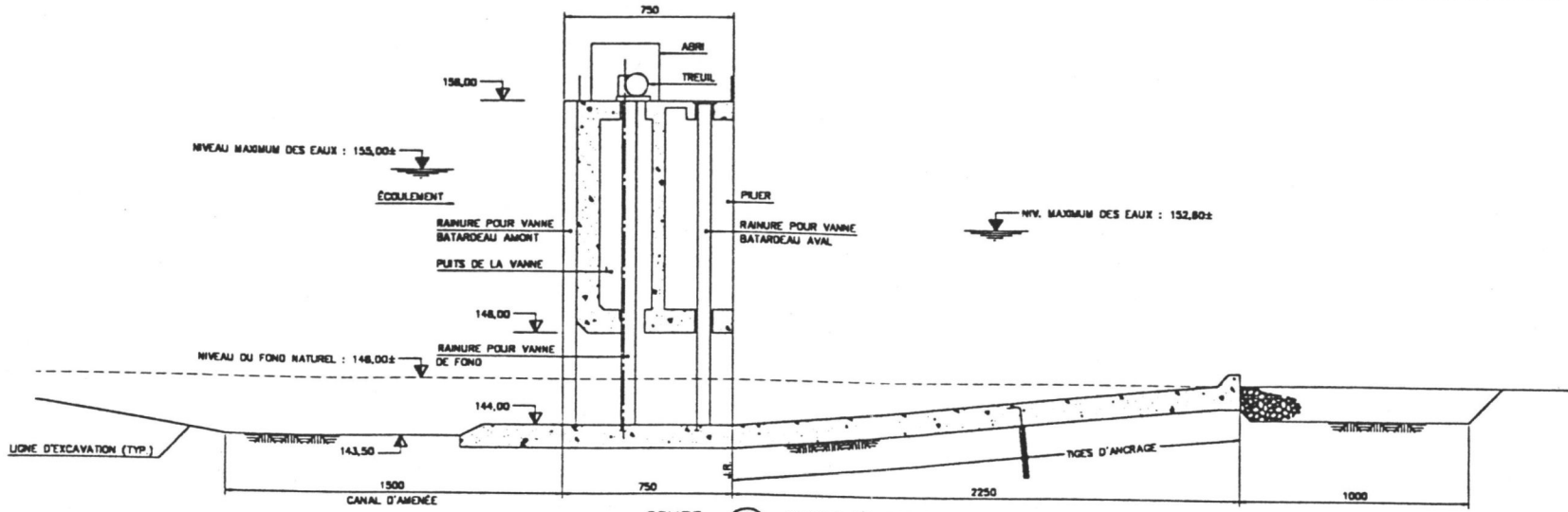
N°	RÉFÉRENCES	N° DESSIN
1	CARTE TOPOGRAPHIQUE BEAUCEVILLE 711.02-108-0201 1:20000, GOUVERNEMENT DU QUÉBEC MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES, SERVICES DE LA CARTOGRAPHIE	711.02-108-0201
2	CARTE DU RISQUE D'INONDATION BEAUCEVILLE 1:2000, MINISTÈRE DES RICHESSES NATURELLES DU QUÉBEC	711.02-211

N°	DATE	MODIFICATION	REP.	PAR	APP.
01	01.04.94	ÉLÉMENTS POUR RAPPORT D'ÉTAPE N°3			F.M.
02		SOLUTIONS AUX INONDATIONS AVEC GLACE			

GOVERNEMENT DU QUÉBEC
Ministère de la Sécurité Publique
Direction Générale de la Sécurité Publique

TECSULT Inc.
ÉTUDE DE MODÉLISATION DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE
BARRAGE DE RÉTENTION DE LA GLACE À BEAUCEVILLE
PLANS ET COUPES

PROJETÉ PAR: R.A./S.P. RÉVISÉ PAR: F. Monson APPR. PAR: A. Battaglia
APProuvé PAR: P.R. Tremblay
DATE: Avril 1994 N° DESSIN: 4727 N° ÉCHELLE: 2.5 N° 01

[illegible][illegible][illegible]

00	01.94	DEBUT POUR RAPPORT D'ETAPE N° 3	F.M.
		SOLUTIONS AIDE INORDINATIONS	
		AVEC GLACE	
N°	DATE	MODIFICATION	REF. PAR APP.

DEBUT

	EDICELLE VISUELLE	RAPPORT
---	-------------------	---------

 Gouvernement du Québec

Ministère de la Sécurité Publique
Direction Générale de la Sécurité Publique

TECSULT Tecsult Inc.
1000 Avenue du Parc
Montreal, Canada

ÉTUDE DE MODÉLISATION DU BASSIN
VERSANT DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE

BARRAGE DE RÉTENTION DE LA GLACE
À BEAUCEVILLE

[illegible]

R.A./S.P.		F. Moisan		A. Battaglia	
APPROVED FOR P.R. Tramblay			APPROVED BY DIRECTOR OF POLICE		
DATE		BY SIGNATURE		BY SIGNATURE	

Nov. 1993	4727	2.6	00
-----------	------	-----	----

2.3.3.3 Synthèse des solutions aux embâcles

Le tableau 2.3 présente un résumé des répercussions, impacts et coûts associés aux deux solutions retenues. Il faut cependant noter que les coûts mentionnés n'incluent pas les montants requis pour les déboursés suivants :

- les achats de terrain ;
- les servitudes, droits de passage, etc. ;
- les honoraires pour services professionnels (arpenteurs, notaires, ingénieurs, etc.) ;
- les frais d'intérêt pendant la construction ;
- les mesures de remédiation des répercussions sur l'environnement;
- les taxes applicables ;
- les frais annuels d'opération et d'entretien.

Malgré le fait que la solution de barrage de rétention de glace en amont de Beauceville présente des coûts supérieurs à ceux de la solution de profilage et d'ouvrages de rétention de glaces, 13.5 M\$ versus 9,5 M\$, il nous apparaît souhaitable de la privilégier. Ainsi, la solution de barrage est, à prime abord, plus fiable, et, surtout, elle présente beaucoup moins d'impacts sur le milieu, y compris sur les zones agricoles. En effet, le volet profilage de la rivière implique un remaniement notable du fond et des berges de la rivière, ce qui peut avoir, comme effet secondaire important, de briser l'équilibre dynamique de la rivière et entraîner une érosion subséquente appréciable du fond et des berges de la rivière sur un tronçon beaucoup plus long que celui où les travaux auront lieu. En ce sens, les impacts à moyen et long terme de tels travaux dans la rivière sont difficiles à prévoir.

Tableau 2.3 Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière Synthèse des solutions aux inondations avec embâcles		
Partie 1.	Description des solutions	
	Profilage du chenal en aval de Beauceville et ouvrages de rétention de la glace sur la rivière Saint-Victor	Barrage de rétention de la glace en amont de Beauceville
1. Profilage	<u>km 55,94 à 59,57:</u> rehaussement du fond hauteur du rehaussement: maximum de 3 m volume de remblai: 365 000 m³ <u>km 58,6 à 59,2:</u> excavation but: enlever îlots et grosses roches volume enlevé: 5 000 m³ <u>km 48,00 à 59,00:</u> profilage des rives but: enlever bourrelets de terre, arbres et arbustes volume de terrassement: 250 000 m³	<u>au km 63,11</u> (1 km en amont du pont de Beauceville) Barrage constitué de : • 2 sections de digues (149 m de longueur en crête); • 3 sections de seuils déversants en béton (128,5 m de longueur, incluant les piliers), pour retenir les glaces et, en même temps, évacuer le gros du débit de crue; • vanne de fond pour évacuer les débits normaux d'hiver; • passe pour les glaces, avec vanne wagon, pour évacuer les glaces dans les conditions extrêmes de crue. longueur totale: 276 m hauteur de la crête: 158 m volume de glace retenu: 2,15 X 10⁶ m³
2. Ouvrages de rétention	<u>km SV-0,5 et km SV-10,4</u> type: forme en L pieux circulaires en acier remplis de bétons et espacés de 5 m volume d'enrochement: 3 000 m³ volume d'excavation: 4 500 m³	<u>Autres travaux</u> <u>au km 63,11:</u> dynamitage, excavation du lit et des abords (zone de 150 m de long et 300 m de large). <u>dans la retenue du barrage</u> (sous le niveau de 160 m): 15 bâtiments à endiguer ou immuniser 2 km de route à surélever (3 m. max.).
Partie 2.	Répercussions et impacts	
	Profilage du chenal en aval de Beauceville et ouvrages de rétention de la glace sur la rivière Saint-Victor	Barrage de rétention de la glace en amont de Beauceville
Zone touchée	Secteur compris entre les km 48 et 60, sur la rivière Chaudière ainsi que les secteurs autour des km 0,5 et 10,4 sur la rivière Saint-Victor.	Propriétés et routes riveraines du site du barrage, ainsi que celles situées dans la retenue du barrage.
Pendant les travaux	<u>Milieu biophysique</u> • perturbations des milieux aquatiques et riverains; • bris de la végétation riveraine; • perte temporaire d'habitats. <u>Milieu humain</u> • répercussions faibles, surtout liées au bruit, à la poussière et à la circulation des véhicules.	<u>Milieu biophysique</u> • perte d'habitats permanente pour la faune aquatique. <u>Milieu humain</u> • perturbations par le bruit, la poussière et la circulation de véhicules lourds.

Tableau 2.3
Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière
Synthèse des solutions aux inondations avec embâcles

Présence des ouvrages	<u>Profilage</u> • modification des conditions d'écoulement en eau libre et avec couvert de glace; • augmentation des vitesses d'écoulement (15 à 20 %) des km 56 à 58,5 et diminution (10 %) entre les km 58,5 et 61,5; • hausse des niveaux d'eau (10cm/4 po) sur ce tronçon, mais sans causer d'inondation en eau libre à Beauceville; • diminution des profondeurs d'eau entre les km 56 et 59, mais augmentation en amont du km 59. <u>Ouvrages de rétention</u> • rehaussement du niveau d'eau en amont des ouvrages: faibles répercussions sur les quelques résidences en bordure de la rivière.	• 15 bâtiments situés dans la zone de retenue du barrage pourraient être endommagés par l'eau et les glaces; ils devront être immunisés ou endigués. • sur les 2 rives du bief du barrage, les 2 routes longeant la rivière (pour une longueur totale de 2 km) pourraient être inondées. On devra les rehausser, jusqu'à une hauteur maximale de 3 m. • à Notre-Dame-des-Pins, 7 bâtiments pourraient être touchés par le rehaussement des niveaux d'eau; 3 d'entre-eux devront être endigués et, les 4 autres, immunisés.																																						
Partie 3.	Coûts des solutions																																							
	Profilage du chenal en aval de Beauceville et ouvrages de rétention de la glace sur la rivière Saint-Victor	Barrage de rétention de la glace en amont de Beauceville																																						
Coûts regroupés	<u>Profilage</u>: tronçon km 48 à 60 <table><tr><td>mobilisation/démobilisation:</td><td>150 000 \$</td></tr><tr><td>excavation et reprofilage:</td><td>1 275 000 \$</td></tr><tr><td>remblayage du fond:</td><td>5 475 000 \$</td></tr><tr><td>contingences (15 %):</td><td>1 035 000 \$</td></tr><tr><td>total:</td><td>7 935 000 \$</td></tr></table> <u>Ouvrages de rétention</u>: km SV-0,5 et SV-10,4 <table><tr><td>mobilisation/démobilisation:</td><td>50 000 \$</td></tr></table> site 1 (km SV-0,5) <table><tr><td>excavation:</td><td>70 000 \$</td></tr><tr><td>enrochement:</td><td>90 000 \$</td></tr><tr><td>pieux:</td><td>536 000 \$</td></tr><tr><td>total:</td><td>696 000 \$</td></tr></table> Site 2 (km SV-10,4) <table><tr><td>excavation:</td><td>45 000 \$</td></tr><tr><td>enrochement:</td><td>60 000 \$</td></tr><tr><td>pieux:</td><td>400 000 \$</td></tr></table> total: 1 251 000 \$ contingences (15 %): 188 000 \$ Grand total: 9 374 000 \$	mobilisation/démobilisation:	150 000 \$	excavation et reprofilage:	1 275 000 \$	remblayage du fond:	5 475 000 \$	contingences (15 %):	1 035 000 \$	total:	7 935 000 \$	mobilisation/démobilisation:	50 000 \$	excavation:	70 000 \$	enrochement:	90 000 \$	pieux:	536 000 \$	total:	696 000 \$	excavation:	45 000 \$	enrochement:	60 000 \$	pieux:	400 000 \$	<table><tr><td><u>mobilisation/démobilisation:</u></td><td>250 000 \$</td></tr></table> <u>Travaux préparatoires et terrassement</u> <table><tr><td>batardeaux, pompage, etc.:</td><td>250 000 \$</td></tr><tr><td>excavation:</td><td>513 000 \$</td></tr><tr><td>remblayage et digue:</td><td>1 446 000 \$</td></tr><tr><td>nettoyage du roc:</td><td>185 500 \$</td></tr><tr><td>empierrement:</td><td>63 000 \$</td></tr></table> <u>Travaux de bétonnage</u> coffrages, armatures, accessoires pour béton, ancrage, bétonnage, injection dans le roc: 4 798 500 \$ <u>Métaux</u> vannes, treuils et moteurs: garde-corps: 3 200 000 \$ 39 000 \$ <u>Mesures de protection en amont</u> (endiguement et immunisation) 1 000 000 \$ total: 11 845 000 \$ contingences (15 %): 1 626 750 \$ Grand total: 13 471 750 \$	<u>mobilisation/démobilisation:</u>	250 000 \$	batardeaux, pompage, etc.:	250 000 \$	excavation:	513 000 \$	remblayage et digue:	1 446 000 \$	nettoyage du roc:	185 500 \$	empierrement:	63 000 \$
mobilisation/démobilisation:	150 000 \$																																							
excavation et reprofilage:	1 275 000 \$																																							
remblayage du fond:	5 475 000 \$																																							
contingences (15 %):	1 035 000 \$																																							
total:	7 935 000 \$																																							
mobilisation/démobilisation:	50 000 \$																																							
excavation:	70 000 \$																																							
enrochement:	90 000 \$																																							
pieux:	536 000 \$																																							
total:	696 000 \$																																							
excavation:	45 000 \$																																							
enrochement:	60 000 \$																																							
pieux:	400 000 \$																																							
<u>mobilisation/démobilisation:</u>	250 000 \$																																							
batardeaux, pompage, etc.:	250 000 \$																																							
excavation:	513 000 \$																																							
remblayage et digue:	1 446 000 \$																																							
nettoyage du roc:	185 500 \$																																							
empierrement:	63 000 \$																																							

3.0 SOLUTIONS NON STRUCTURALES ET ADMINISTRATIVES

3.1 Généralités

De par les méthodes utilisées, l'étude de modélisation a surtout permis d'étudier des solutions dites structurales au problème des inondations en eau libre et avec glace. Les solutions structurales sont celles qui impliquent la construction d'ouvrages nécessitant des efforts de planification et de conception majeurs, un processus d'approbation formel impliquant, dans certains cas, plusieurs paliers de gouvernement et des investissements importants. Ces solutions structurales s'appliquent en général dans des milieux développés et sont de nature curative, ce qui correspond à la situation qui prévaut sur la rivière Chaudière.

Certains des outils utilisés peuvent être incorporés dans la mise en place de solutions dites non structurales. Celles-ci impliquent des mesures techniques de faible envergure qui, généralement, sont de nature préventive mais peuvent également s'avérer de nature correctrice. Elles regroupent également des mesures liées à la surveillance et au suivi des conditions hydrauliques de la rivière.

En plus des solutions structurales et non structurales, des solutions administratives peuvent être considérées pour réduire les dommages dans les zones inondables. Elles réfèrent, essentiellement, à la mise en place de règles de gestion du territoire en zone inondable.

La section 3.2 présente une brève description de mesures non structurales pouvant faire partie d'une solution intégrée, à cause de leur pertinence dans le contexte de la rivière Chaudière et parce qu'elles peuvent être implantées facilement, grâce aux modèles développés dans le cadre de l'étude ainsi qu'aux travaux réalisés au cours des trois dernières années. Les mesures administratives liées à la gestion du territoire en zone inondable sont présentées à la section 3.3. De plus, comme il est difficile de gérer ce qui se passe dans la plaine inondable, sans également considérer ce qui se passe à l'extérieur de cette zone, nous examinerons cette question à la section 3.4.

3.2 Les mesures non structurales

3.2.1 Implantation d'un système d'alerte de crues

Le but d'un système d'alerte de crues est de réduire les dommages, les perturbations aux activités et les menaces à la vie et à la santé des résidents affectés par une inondation. Le système d'alerte, en informant les résidents de la menace imminente d'une inondation, permet la mise en place de mesures de protection temporaires (ex. sac de sable, transfert du mobilier à des étages supérieurs) ou d'évacuation. Un tel système repose sur un réseau de stations d'observations qui permet de mesurer :

- l'épaisseur du couvert de neige ;
- les températures et les précipitations ;
- les débits sur les principaux tributaires ;
- les niveaux d'eau au droit des zones inondées.

Ce réseau existe sur le bassin de la rivière Chaudière et il permet aux responsables du MEF et de la DGSC d'aviser les municipalités et de procéder à des évacuations préventives, pour éviter les pertes de vie et les menaces à la sécurité.

Le réseau d'information local est bien développé et permet aux propriétaires et aux autorités municipales de mettre en place rapidement les mesures individuelles de protection pour les crues d'une période de retour inférieure à 20 ans. Nous pouvons donc conclure que, pour les tronçons affectés principalement par les inondations en eau libre (Scott Jonction à Saint-Joseph, Notre-Dame-des-Pins à Saint-Georges), un système d'alerte existe et fonctionne bien.

Ce système pourrait toutefois être amélioré, pour le secteur de Beauceville, par l'installation de limnimètres (appareil automatique qui mesure les niveaux d'eau) sur le tronçon compris entre la tête du rapide du Diable et Saint-Georges. Ces limnimètres permettraient de connaître avec plus de précision les conditions de débâcle du couvert de glace sur ce tronçon et l'ampleur des embâcles à Beauceville. Deux stations

limnimétriques devraient être installées, l'une au pont de Notre-Dame-des-Pins et l'autre entre cette localité et Saint-Georges. Cette dernière devrait être équipée d'un thermomètre pour mesurer la température de l'eau et évaluer l'effet de l'érosion thermique (fonte du couvert) sur la débâcle et les embâcles à Beauceville. Également, la station 023419, inopérante depuis 1965 et localisée à 4,3 km en amont de Beauceville, devrait être remise en service.

La présence d'un bon réseau de stations d'observations et le temps de parcours relativement court (2-3 jours) entre la tête du bassin et Saint-Lambert, permettent de prédire avec suffisamment de précision la date de la pointe de la crue. Par contre, dans le cas où des ouvrages de barrages réservoirs seraient mis en place, il serait nécessaire, pour optimiser l'opération des réservoirs, d'avoir recours à un modèle de prévision en temps réel, comme celui utilisé sur le bassin de la rivière des Outaouais qui fait appel au logiciel SSARR⁴. Un tel modèle permet de prévoir, 2 à 3 jours d'avance, le débit de pointe de la crue dans les zones susceptibles d'être inondées, ainsi que le mode d'opération souhaitable des barrages.

Finalement, il est important de souligner qu'un bon système d'alerte permet la surveillance des cours d'eau non seulement au printemps, mais à toute autre période de l'année. Il est donc un outil précieux pour prédire les inondations en eau claire, avec glace et aussi celles engendrées par des pluies diluviennes (inondations d'été et d'automne).

3.2.2 Les mesures de protection contre les inondations

Lors d'une inondation en eau libre, c'est beaucoup plus le contenu de la maison que la structure elle-même qui est touché. L'idée de maintenir l'eau à l'extérieur des bâtiments est donc le premier concept de protection puisque, de cette façon, on

⁴

Logiciel SSARR (Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation) : C'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.

élimine presque tous les dommages causés par l'inondation. Cependant, éliminer complètement le risque d'avoir des dommages par l'eau est très coûteux et, il peut s'avérer plus réaliste de seulement réduire le plus possible ces dommages.

Pour la protection individuelle des bâtiments, on peut considérer quatre principales méthodes d'immunisation contre les inondations, soit : le rehaussement des fondations, l'imperméabilisation du niveau inférieur des bâtiments, la construction de murets ou remblais de protection et la protection partielle des bâtiments par confinement des dégâts au sous-sol. Cette liste n'est, bien sûr, pas exhaustive.

Il faut cependant noter que la zone inondable 0-20 ans, dite de grand courant, est généralement peu propice aux techniques d'immunisation, parce que les vitesses et les hauteurs d'eau sont importantes. La zone 20-100 ans se prête mieux à la plupart de ces techniques. De plus, la majorité de ces techniques sont plus faciles à appliquer dans le cas de nouvelles constructions que pour celles déjà en place. On peut cependant mentionner que, pour la rivière Chaudière, ces méthodes pourraient tout de même présenter certains avantages, puisque l'eau ne monte pas à des niveaux excessifs et que, généralement, elle ne demeure pas à des niveaux élevés pendant une longue période de temps.

Le tableau 3.1 présente un aperçu des principales mesures de protection, leurs avantages et inconvénients ainsi qu'un estimé de leurs coûts (pour une résidence unifamiliale). Pour plus de détails sur les différentes mesures présentées, les lecteurs auraient intérêt à consulter le document « Politique intégrée de lutte contre les inondations et annexes » (Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement, 1981). De même, pour plus de renseignements sur le nombre de bâtiments à imperméabiliser par municipalité, le lecteur peut consulter le rapport n° 2 de la présente étude, qui porte sur les solutions aux inondations en eau libre.

Tableau 3.1

Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière

Mesures de protection contre les inondations

Techniques	Avantages	Inconvénients	Coûts
1. rehaussement des fondations a) sur remblai b) par l'emploi de piliers, pieux, colonnes ou murs porteur	- le type d'immunisation le plus simple et facile à appliquer dans le cas de structures importantes (commerces, industries, etc.) - permet de protéger un bâtiment seul ou tout un lotissement - ne nécessite pas de modifications spéciales aux bâtiments - méthode efficace qui ne provoque pas d'augmentation des crues et ne pose pas d'obstacles appréciables au flux de l'eau	- méthode plus difficile à appliquer et très coûteuse pour les bâtiments déjà construits - un volume important le remblai dans la plaine inondable peut réduire la capacité de transport de la plaine et faire monter l'eau d'avantage - les structures de soutien peuvent être endommagées par les débris flottants, si elles ne sont pas bien conçues	- coût d'un sous-sol conventionnel pour les nouveaux bâtiment et de l'ordre de xx xxx \$ pour ceux déjà construits
2. Imperméabilisation du niveau inférieur d'un bâtiment	- applicable aux bâtiments neufs comme anciens - efficace si toutes les ouvertures sous le niveau de la crue nominale sont bien scellées et si l'eau d'égout ne reflue pas dans le sous-sol (donc nécessite l'installation de vannes anti-reflux dans les drains d'égouts)	- technique complexe qui demande des modifications structurelles importantes - exige que les murs des fondations soient en assez bon état pour résister aux pressions exercées par l'eau, et ce, sans se fissurer - une inondation de longue durée peut grandement diminuer l'étanchéité de la membrane perméable	
3. Construction de murets ou de remblais de protection autour de la structure	- méthode facilement adaptable aux structures existantes, sans considération du type, de la condition ou de la dimension - garde un bâtiment au sec sans qu'il ne faille modifier sa structure - méthode efficace s'il n'y a pas de rupture dans le système et si l'eau d'égout ne reflue pas dans les sous-sol (donc nécessite d'installer des vannes anti-reflux dans les drains d'égouts et, parfois, un système de drainage et de pompes additionnel)	- nécessite passablement de terrain sur la construction des murets ou remblais - même impact négatif que rehaussement sur remblai (voir 1a) - nécessite des études particulières pour évaluer la stabilité des pentes, la capacité portante du sol, le contrôle de l'infiltration et le type de sous-sol (comme pour un petit barrage) - nécessite une pompe et une source d'alimentation électrique sûre - nécessite que les avis d'inondation soient donnés suffisamment à l'avance pour qu'on ait le temps de sceller toutes les ouvertures	
4. Protection partielle des bâtiments par confinement des dégâts au sous-sol	- facilement applicable pour les bâtiments existants - technique qui demande le moins d'investissement - permet un équilibre de la pression de l'eau entre les parois extérieurs et intérieurs des bâtiments	- coûts indirects imputables à la perte d'espace occupable - efficace seulement si la partie habitable de la structure est au-dessus du niveau de la crue nominale	- les seuls coûts directs, si besoin est, sont ceux associés à l'imperméabilisation des services (réservoir d'eau chaude, fournaise, boîte électrique etc.) - coûts de nettoyage et de séchage des lieux après une inondation

Il faut cependant retenir que le degré d'efficacité et d'applicabilité des différentes méthodes est fonction de facteurs d'ordre hydrologiques comme la hauteur du niveau d'eau et la durée de la crue, la fréquence des inondations, la vitesse du courant, le taux de variation du niveau d'eau, la présence de glaces et la vague, ainsi que des conditions physiques du bâtiment et de son emplacement.

3.2.3 Le bris des couverts de glace

Dans le tronçon des eaux-mortes de la rivière Chaudière, des inondations peuvent se produire à l'eau libre et sous des conditions d'embâcles de glace. Dans ces derniers cas, il est possible de diminuer fortement le risque d'inondation, en effectuant des travaux de bris du couvert de glace dans les secteurs connus de ralentissement ou d'arrêt du mouvement des glaces lors de la débâcle. De tels travaux ont déjà démontré leur efficacité et ils présentent, comme principal avantage, d'être beaucoup moins dispendieux que des ouvrages de rétention de glaces.

Ces travaux ont d'ailleurs déjà été expérimentés sur la rivière Chaudière lors des printemps 1992, 1993 et 1994, avec comme résultat qu'il n'y a pas eu de formation d'embâcle majeur en 1992 et 1994. Il est bien entendu que ces travaux ne sont pas une garantie totale qu'il n'y aura aucun problème d'embâcle et d'inondation subséquente, comme on l'a vu à Beauceville en 1993. Dans ce cas précis, on a pu observer que des facteurs autres qu'un couvert de glace solide peuvent nuire à la descente des glaces, en l'occurrence la présence de batardeaux et de fosses d'extraction de gravier.

Également, il ne faut pas perdre de vue que ce type de travaux, que l'on réalise au printemps, ne peuvent éliminer les problèmes d'inondations avec embâcle qui pourraient survenir au cours de l'hiver. Au printemps, toutefois, les travaux de bris du couvert de glace peuvent améliorer la situation, en autant qu'ils soient faits correctement et au moment le plus opportun.

La situation qui prévaut sur la rivière Chaudière nous amène à suggérer que de tels travaux de bris du couvert de glace soient effectués, au moins pour le secteur de

Beauceville, à tous les printemps en l'absence d'un ouvrage permanent de rétention des glaces. Ces travaux, dont les coûts annuels estimés sont de l'ordre de 50 000 \$, sont bien décrits dans le « Rapport sur la réalisation des mesures d'intervention - Sainte-Marie juin 1992 » qui a été présenté au Comité consultatif relatif au problème des inondations de la rivière Chaudière.

3.3 La gestion du développement dans les plaines inondables

Plusieurs des agglomérations urbaines de la Beauce se sont développées considérablement, au cours des 25 dernières années, le long de la rivière Chaudière et ce, malgré la fréquence élevée des inondations et une bonne connaissance des problèmes que causent ces zones à risque. Les figures 7.6, 7.7 et 7.8 du rapport d'étape n° 1 montrent les niveaux d'eau maximum annuels à Scott Jonction, Sainte-Marie et Saint-Joseph observés depuis le début du siècle, en relation avec le seuil d'inondation dans chacune de ces localités. Dans les municipalités riveraines de la Chaudière, les inondations occasionnent des dommages aux bâtiments et aux infrastructures installés dans la plaine inondable. Les terres agricoles sont également touchées par les crues.

La gestion d'une plaine inondable est une approche intégrée qui vise à éviter les dommages dans cette plaine. Elle comprend principalement la détermination des zones à risque d'inondation dans un secteur, puis un contrôle de la construction et du développement dans ces zones. Le long de la rivière Chaudière, un meilleur contrôle du développement dans les zones inondables a été rendu possible grâce : à la réalisation des cartes du risque d'inondation (1979), dans le cadre des travaux de la Convention Canada-Québec ; à l'adoption progressive, à partir de 1986, de schémas d'aménagement par les MRC riveraines, lesquelles y ont intégré l'essentiel des dispositions de la Convention ; à la prise en compte des zones à risque dans les règlements d'urbanisme par les municipalités.

Cependant, les mesures basées sur la seule cartographie des plaines inondables sont insuffisantes, puisque cette dernière ne tient pas compte des niveaux atteints par les crues d'embâcles qui, particulièrement dans le secteur de Beauceville,

entraînent des pertes considérables. De plus, la cartographie des zones de risque ne peut être pleinement efficace que si la gestion des plaines inondables se fait en parfaite concordance avec cette dernière. Enfin, ces mesures ne peuvent pas améliorer la situation pour les constructions qui étaient en place dans la plaine inondable, avant même qu'elles ne soient mises en application.

La mise en place de mesures de gestion des plaines inondables nécessite une bonne connaissance des niveaux d'eau partout le long des zones inondées ainsi que des dommages correspondant à chaque fréquence de crue. Le modèle d'écoulement permanent en eau libre, mis au point pour cette étude, constitue un outil utile pour obtenir ces informations. Pour sa part, le logiciel HEC-2, également utilisé pour l'étude, permet même d'incorporer les relations niveaux-dommages et d'évaluer les dommages correspondant à chaque crue.

Cependant, dans les zones affectées par les inondations dues aux embâcles, comme à Beauceville, les niveaux d'eau et les dommages ne peuvent être calculés uniquement au moyen des débits de crue. Pour de tels secteurs, la meilleure mesure de protection demeure le contrôle des glaces.

Dans le cas des bâtiments en place, qui ne peuvent être immunisés à un coût raisonnable par les méthodes décrites à la section 3.2.2, que ce soit à cause de contraintes physiques des terrains ou des bâtiments eux-mêmes, les seules mesures qui peuvent être considérées pour réduire l'ampleur des dommages annuels, particulièrement dans la zone de grand courant (0-20 ans) sont la **relocalisation** ou la **démolition**.

Les coûts associés aux mesures de relocalisation sont élevés, soit de l'ordre de 50 000 \$ pour une résidence unifamiliale, mais une telle pratique, utilisée entre autres aux États-Unis (ex. Rapid City au Dakota), a démontré sa rentabilité à long terme, laquelle s'accroît si l'on considère tous les impacts sociaux et psychologiques qu'entraînent des inondations graves ou à répétition dans un secteur donné. Un projet de même nature est d'ailleurs présentement en cours le long de la rivière Saint-Jean au Nouveau-Brunswick.

En Beauce, il est à noter que les agriculteurs ont bénéficié, pour la relocalisation, d'incitatifs financiers offerts par le gouvernement du Québec à différentes époques depuis le début du siècle, avec pour conséquence que tous les bâtiments de fermes sont maintenant implantés au-dessus du niveau de la crue centennale le long du tronçon des eaux mortes.

Lorsqu'un bâtiment ne peut pas être relocalisé, étant de dimension trop grande ou dans un trop mauvais état pour le déplacer, la solution alternative peut être la démolition. Cette mesure peut entraîner des coûts d'environ 5 000 \$ pour une résidence unifamiliale, auxquels il faut nécessairement ajouter les coûts associés à la construction d'un nouveau bâtiment dans une zone sécuritaire (non inondable) ou ceux liés à la réinstallation du propriétaire.

3.4 La gestion de l'utilisation des sols en dehors de la plaine inondable

L'étude des effets du développement anthropique a permis de déterminer que les changements à l'utilisation des sols depuis le début du siècle ont eu un effet sur le ruissellement et l'érosion sur le bassin versant. La comparaison de l'indice global de ruissellement du bassin avec un couvert forestier à 100 % indique qu'il serait inférieur d'environ 5 % à l'indice actuel (réf. figure 4.1-P, rapport d'étape n° 1).

Les activités de développement dans les secteurs agricoles, industriels et forestiers, de même que le développement des villes et des infrastructures routières se sont traduits par un accroissement considérable du réseau de drainage, ce qui favorise une augmentation des débits en période de crue (réf. tableau 7.2, rapport d'étape n° 1). Ces changements au régime hydrologique justifient amplement que l'on se préoccupe davantage de la gestion de l'utilisation des terres dans l'ensemble du bassin versant, dans la recherche d'une solution au problème des inondations sur la rivière Chaudière.

L'ensemble des modalités de gestion du ruissellement et de l'érosion, dans le cadre d'un plan intégré de l'utilisation des sols, doit viser les objectifs suivants :

- 1- à court terme, mettre un frein à des pratiques défavorables contribuant aux inondations ;
- 2- à moyen terme, modifier les habitudes et les pratiques de développement vers des méthodes mieux adaptées aux conditions du bassin versant de la rivière Chaudière ;
- 3- à long terme, réduire les volumes de ruissellement et les débits de pointe lors des crues de printemps.

Un tel plan de gestion se doit de ne pas interrompre le développement mais plutôt de s'assurer qu'il se fasse en tenant compte des contraintes naturelles du milieu physique. Si les modalités de gestion ne peuvent être respectées à l'endroit où le développement prend place, un échange de droit de ruissellement pourrait être consenti, moyennant le versement de redevances permettant la mise en place, ailleurs sur le bassin, de mesures compensatrices comme la création de marais ou de réservoirs. La même règle pourrait s'appliquer en ce qui concerne les mesures de contrôle de l'érosion.

Une gestion de l'utilisation des terres qui tient compte des effets des changements sur le ruissellement est basée sur le principe suivant :

« Tout développement d'infrastructure ou tout changement dans l'utilisation des terres ne doit pas entraîner d'augmentation des volumes de ruissellement sur le bassin et de débit dans la rivière Chaudière ».

Une telle gestion peut se faire à l'aide de cartes d'indice de ruissellement, à plus petite échelle que celles réalisées dans le cadre de la présente étude, mais basée sur une approche semblable. De cette façon, on pourrait évaluer avec précision ce que toute nouvelle modification dans les différentes utilisations du sol, à l'intérieur du bassin versant, aurait comme effet sur les volumes de ruissellement qui se rendent à la rivière.

4.0 ÉVALUATION DES DOMMAGES DUS AUX INONDATIONS ET DES COÛTS MAXIMUM DES SOLUTIONS

4.1 Généralités

L'étude de modélisation a permis de déterminer des solutions structurales en vue de réduire les dommages dus aux inondations tant en eau libre qu'avec couvert de glace. Tel que prévu au mandat d'étude, le choix des éléments devant faire partie de la solution intégrée recommandée, doit tenir compte de l'efficacité hydraulique des ouvrages étudiés, de leur coûts et de leurs répercussions sur l'environnement. Ce choix doit aussi reposer sur les avantages découlant de chaque ouvrage. Ces avantages correspondent normalement aux dommages évités une fois que l'ouvrage est construit. La somme des dommages évités pour la durée de vie des ouvrages, actualisée à l'année de leur réalisation, représente normalement la limite supérieure de l'investissement acceptable pour se protéger des inondations. En d'autres termes les coûts des ouvrages ne doivent pas être supérieurs aux avantages qui en découlent dans le temps. Mathématiquement, cela s'exprime par les équations suivantes :

$$VAN\ A = VAN\ C \quad (1)$$

$$\frac{VAN\ A}{VAN\ C} = 1 \quad (2)$$

Dans lesquels :

$$VAN\ A = \sum_{t=1}^n \frac{A_t}{(1+i)^t} \quad (3)$$

$$VAN\ C = C_0 + \left(\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t} \right) \quad (4)$$

Avec :

VAN A : Valeur actuelle nette des avantages (\$)

VAN C : Valeur actuelle nette des coûts (\$)

Co : Coût d'investissement (\$)

Ct : Coût annuel d'opération et d'entretien (\$)

At : Avantages annuels (dommages évités) (\$)

i : Taux d'actualisation (%)

t : Durée de vie des ouvrages

et, pour pouvoir choisir une solution, il est donc nécessaire de connaître le montant des dommages évités et de procéder à une analyse avantages-coûts.

Le mandat de l'étude de modélisation ne comprenait pas la réalisation d'une telle analyse avantages-coûts. Cependant, l'examen des documents et données sur les dommages, disponibles à la DGSC, nous a permis d'élaborer deux méthodes pour déterminer l'ordre de grandeur des dommages moyens annuels (D.M.A.) dans les municipalités touchées par les inondations en eau libre. Ces méthodes et les résultats obtenus seront présentés à la section 4.2. Il faut cependant noter, à la suite de l'examen des documents disponibles, qu'il n'existe pas de données complètes sur l'évaluation du coût des inondations. Il s'est donc avéré difficile d'estimer avec précision les dommages réels engendrés par les inondations sur le tronçon des eaux mortes de la rivière Chaudière. Cette lacune est particulièrement marquée en ce qui concerne les inondations dues aux embâcles de glace à Beauceville (section 4.3). C'est d'ailleurs la raison pour laquelle nous avons dû nous limiter à n'établir qu'un ordre de grandeur pour les dommages résultants des inondations, à l'eau libre et avec embâcles.

4.2 Inondations en eau libre

4.2.1 Données disponibles

Les données disponibles sur les dommages dus aux inondations en eau libre comprennent, par ordre chronologique :

- une compilation faite par le ministère des Richesses naturelles en 1965 (réf. 5). Le tableau 4.1 présente cette compilation. Nous supposons que les coûts apparaissant sur ce tableau sont en dollars de 1965 ;
- une étude avantage-coût complète réalisée en 1984 (réf. 6) pour analyser la rentabilité de la solution d'endiguement à Sainte-Marie. Cette étude est intéressante parce qu'elle présente une courbe dommages-fréquence pour les inondations en eau libre à Sainte-Marie ;
- une compilation, pour les inondations en Beauce, des montants des indemnisations versées pour les biens essentiels, par la DGSC, pour la période 1974-1991. Cette compilation en dollars constants de 1993 apparaît au tableau 4.2 ;
- une compilation, pour les municipalités le long du tronçon des eaux mortes, des dommages réclamés et des montants accordés par la DGSC pour l'inondation de 1991 (\$ 1993). Cette compilation apparaît au tableau 4.3.

TABLEAU 4.1 ESTIMATION (EN \$) DES DOMMAGES À LA DÉBÂCLE
(source: Ministère des Richesses naturelles, 1965 c)

Années	St-Georges	Beauceville	St-Joseph	Vallée-Jonction	Ste-Marie	Scott-Jonction
1912	-	200 000	30 000	30 000	30 000	30 000
1913	-	-	15 000	-	-	-
1914	-	-	-	-	-	-
1915	-	-	-	-	-	-
1916	-	-	-	-	-	-
1917	-	-	-	-	-	-
1918	-	-	-	-	-	-
1919	-	-	-	-	-	-
1920	20 000	-	-	-	-	-
1921	20 000	45 000	14 500	-	-	-
1922	20 000	40 000	-	-	-	-
1923	-	45 000	15 000	-	-	-
1924	-	-	-	-	-	-
1925	20 000	75 000	15 000	15 000	15 000	15 000
1926	20 000	35 000	15 000	-	-	-
1927	20 000	25 000	-	-	-	-
1928	32 000	400 000	30 000	30 000	30 000	30 000
1929	20 000	40 000	-	-	-	-
1930	20 000	35 000	14 500	-	-	-
1931	-	-	-	-	-	-
1932	20 000	80 000	15 000	15 000	15 000	15 000
1933	20 000	25 000	15 000	-	-	-
1934	20 000	25 000	-	-	-	-
1935	-	-	-	-	-	-
1936	-	140 000	15 000	15 000	-	-
1937	-	-	-	-	-	-
1938	-	-	-	-	-	-
1939	35 000	-	-	-	-	-
1940	-	-	-	-	-	-
1941	-	-	-	-	-	-
1942	-	-	-	-	-	-
1943	-	35 000	15 000	-	-	-
1944	-	-	-	-	-	-
1945	-	25 000	-	-	-	-
1946	-	-	-	-	-	-
1947	-	130 000	15 000	15 000	15 000	15 000
1948	-	30 000	-	-	-	-
1949	-	30 000	-	-	-	-
1950	-	30 000	-	-	-	-
1951	-	30 000	-	-	-	-
1952	-	-	-	-	-	-
1953	-	-	15 000	15 000	15 000	15 000
1954	-	-	-	-	-	-
1955	-	30 000	-	-	-	-
1956	-	-	-	-	-	-
1957	30 000	1 250 000	-	-	-	-
TOTAL	337 000	2 800 000	239 000	135 000	120 000	120 000
MOYENNE	22 466	121 739	17 071	19 285	20 000	20 000
COÛT TOTAL POUR L'ENSEMBLE DE LA BEAUCE					3 751 000 \$	
COÛT MOYEN PAR ANNÉE D'INONDATION DANS L'ENSEMBLE DE LA BEAUCE					220 561 \$	

**Tableau 4.2 Inondations en Beauce (1974-1991): indemnités versées par la DGSC
aux municipalités les plus touchées (\$ 1993)**

Année	Beauceville	Ste-Clothilde	Ste-Marie	St-Georges	St-Joseph	St-Joseph des-Érables	Scott	Vallée Jonction
1974 ⁽¹⁾	207 866	-	309 034	98 353	118 639	-	-	65 647
1976 ⁽¹⁾	104 907	28 106	399 688	32 007	140 675	-	-	51 492
1981	-	-	13 017	-	8 294	-	-	1 498
1982	8 829	-	71 645	-	35 826	-	-	316 809
1983	-	265 751	86 968	-	43 000	-	-	-
1986	99 048	-	60 495	500 744	-	-	-	-
1987	-	-	142 368	-	22 100	-	-	48 050
1988	-	-	-	-	10 801	-	-	-
1989	-	-	-	-	-	-	-	2 792
1990	-	-	-	57 565	-	-	-	-
1991	2 363 899	-	632 689	-	13 308	6 155	54 202	79 880
TOTAL	2 784 549	293 857	1 715 904	688 669	392 643	6 155	54 202	566 168
GRAND TOTAL pour les municipalités les plus touchées:								6 502 147

⁽¹⁾ Lors de ces années, le gouvernement fédéral a participé aux programmes d'assistance financière pour une part équivalente à 40 % des montants versés en 1974 et à 37 % en 1976.

Tableau 4.3

Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière

P.A.F. - Inondations printemps 1991 - Beauce
Montants des dommages réclamés et versés

TYPE RÉCLAM./ VILLE	St-François Ouest (23400)		St-Joseph-des-Érable (23560)		St-Joseph-de-Beauce (23580)		Scott (22650)		Beauceville (23380)		Sainte-Marie (23680)		Vallée-Jonction (23630)		Total	
	Versé	Réclamé	Versé	Réclamé	Versé	Réclamé	Versé	Réclamé	Versé	Réclamé	Versé	Réclamé	Versé	Réclamé	Versé	Réclamé
Hébergement (A)	0	0	0	0	480	480	1 456	1 456	29 120	29 120	16 566	16 566	1 747	1 747	49 369	49 369
Dommages part.(E)	158	1 275	1 647	3 594	12 456	15 162	27 523	51 200	676 910	1 013 785	300 016	590 566	38 417	48 926	1 057 127	1 724 508
Municipalités(H)	0	0	0	0	0	0	21 577	29 377	147 992	323 921	28 071	67 704	7 500	28 088	205 140	449 090
Immeubles locatifs(I)	0	0	0	0	357	4 281	0	0	564 037	1 203 490	181 145	489 237	10 147	31 271	755 686	1 728 279
Entreprise(J)	805	25 625	4 508	38 459	15	35 599	3 646	18 100	870 840	3 385 663	106 891	486 070	22 069	97 945	1 008 774	4 087 461
O.S.B.L.(K)	0	0	0	0	0	0	0	0	75 000	186 149	0	0	0	0	75 000	186 149
Totaux	963	26 900	6 155	42 053	13 308	55 042	54 202	98 677	2 363 899	6 113 008	632 689	1 633 577	79 880	206 230	3 151 096	8 175 487

Les données les plus récentes sont celles qui nous apparaissent les plus utiles pour évaluer les dommages moyens annuels parce qu'elles reflètent plus fidèlement l'état actuel du développement des ville touchées.

Il est à noter que les données disponibles à la DGSC ne comprennent pas les dommages au milieu agricole et aux routes provinciales, ni les salaires du personnel des différents ministères impliqués dans l'évaluation des dommages (MAPAQ, MTQ, MEF, MAM) ou dans la protection de la population en cas d'inondation (MEF, DGSC, Sûreté du Québec). Les préjudices additionnels, associés à ces salaires, devraient également être pris en compte pour évaluer la rentabilité d'une solution.

4.2.2 Méthodologie d'évaluation des dommages moyens annuels (D.M.A.)

4.2.2.1 Méthode 1 : basée sur la relation dommages-fréquence à Sainte-Marie

Cette première méthode d'évaluation des dommages moyens annuels dans les municipalités touchées par les inondations en eau libre, repose sur l'utilisation des dommages réclamés à la DGSC pour l'inondation de 1991 (crue d'une période de retour de 30 ans à Sainte-Marie) et sur l'utilisation de la relation dommages-fréquence élaborée pour la ville de Sainte-Marie en 1984 (réf. 6).

Les étapes des calculs sont les suivantes :

- étape 1 : Actualisation à 1991 de la relation dommages-fréquence à Sainte-Marie au moyen de l'indice des prix à la consommation pour la période 1984-1991. L'accroissement des dommages est, pour la région de Québec (réf. 7), de :

$$37,28 \% \cdot \frac{IPC\ 91}{IPC\ 84} = \frac{125,2}{91,2}$$

- **étape 2 :** Détermination du montant annuel moyen des dommages à Sainte-Marie en 1991, pour les inondations d'une fréquence de moins de 100 ans. Cette période de retour est celle choisie pour la conception des différentes solutions étudiées.
- **étape 3 :** Détermination d'une relation adimensionnelle dommages-fréquence à Sainte-Marie, en divisant les dommages totaux (directs + indirects) (D) par le dommage moyen annuel (D.M.A.).
- **étape 4 :** Détermination de la fréquence de l'inondation de 1991 dans chacune des municipalités, au moyen des niveaux maximum mesurés et des relations niveaux-fréquence montrées sur les figures 7.12 (Scott Jonction), 7.13 (Sainte-Marie) et 7.14 (Saint-Joseph) du rapport d'étape n° 1. Ces fréquences, ainsi que les périodes de retour de crues correspondantes, apparaissent au tableau 4.4.
- **étape 5 :** Au moyen de la courbe dommages-fréquence, calculée à partir des données de l'étude de Roche (figure 4.1), et de la fréquence de l'inondation de 1991 à Sainte-Marie, détermination des dommages totaux pour la crue de 1991, puis détermination du ratio entre les dommages totaux à Sainte-Marie et les dommages réclamés à la DGSC pour l'inondation de 1991. Ce ratio donne une valeur de 9,8.
- **étape 6 :** En appliquant le ratio de 9,8 calculé pour Sainte-Marie, détermination des dommages totaux dans les autres villes pour l'inondation de 1991. Les résultats apparaissent au tableau 4.5.

Tableau 4.4**Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière**

**Fréquence de l'inondation de 1991, période de
retour et niveaux atteints dans les villes
touchées par les inondations en eau libre**

Localité	Niveau d'eau max. 1991 (m)	1-Fréquence	Période de retour (ans)
Scott Jonction	145,0	0,028	36
Sainte-Marie	146,6	0,033	30
Vallée Jonction	149,0	0,033	30
Saint-Joseph	149,7	0,050	20
Saint-Joseph-des-Érables	149,7	0,050	20

Tableau 4.5**Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière**

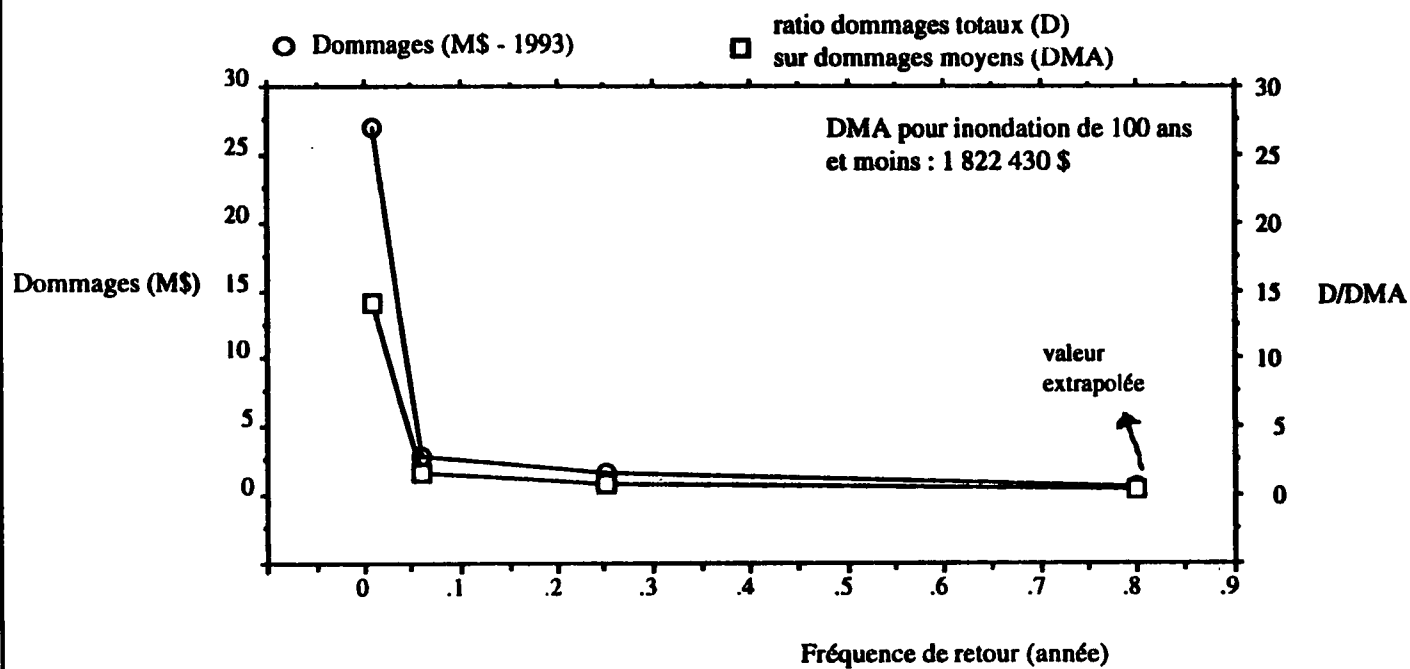
**Montants de dommages réclamés à la DGSC pour la crue de 1991,
dommages totaux et dommages moyens annuels (DMA) évalués
pour les villes touchées par les inondations en eau libre**

Localité	Montants réclamés à la DGSC (\$ 1991)	1/ D/D.M.A. ⁽¹⁾	Dommages totaux 1991 (\$ 1993) ⁽²⁾	DMA (\$ 1993)
Scott Jonction	98 677	0,10	996 696	99 670
Sainte-Marie	1 633 577	0,12	15 186 917	1 822 430
Vallée Jonction	206 230	0,12	2 083 044	249 965
Saint-Joseph	55 042	0,25	555 956	138 989
Saint-Joseph-des-Érables	42 053	0,25	424 760	106 190
Total	2 035 579		19 247 373	2 417 244

⁽¹⁾ D = dommages totaux (dommages directs + dommages indirects)
D.M.A. = dommages moyens annuels

⁽²⁾ Les dommages totaux sont calculés en multipliant les dommages réclamés à la DGSC par le ratio de 9,8 calculé à l'étape 5.

Figure 4.1 Courbe dommages-fréquence à Sainte-Marie



source: modifié de Roche (1984)

- étape 7 : En utilisant la fréquence de l'inondation de 1991 et la relation adimensionnelle (D/D.M.A) développée pour la ville de Sainte-Marie, détermination du ratio entre les dommages totaux et les dommages moyens annuels dans les autres villes.
- étape 8 : Détermination des dommages moyens annuels, en multipliant l'inverse du ratio obtenu à l'étape 7 par les dommages totaux annuels dans chaque ville obtenus à l'étape 6.
- étape 9 : Actualisation du coût des dommages moyens annuels en dollars d'août 1993, en multipliant les valeurs de 1991 par le rapport de l'IPC (fin août 1993) à l'IPC (fin 1991). Les estimations des coûts des solutions et des coûts des dommages moyens annuels sont ainsi tous exprimés en dollars d'août 1993. Le ratio est de :

$$\frac{IPC\ 8/1993}{IPC\ 12/1991} = \frac{129,0}{125,2} = 1,0304$$

Les résultats apparaissent au tableau 4.5.

La détermination des dommages moyens annuels, dans les villes touchées par les inondations en eau libre, dont le total est estimé à 2.4 M \$ (tableau 4.5), repose sur plusieurs hypothèses qu'il convient de discuter.

- Hypothèse 1

La relation dommages-fréquence pour la ville de Sainte-Marie représente l'ensemble des dommages et inconvénients reliés aux inondations dans cette ville. Cette hypothèse apparaît valable à première vue à cause de la méthodologie appliquée. Cependant, tel que mentionné précédem-

ment, les salaires des spécialistes des gouvernements impliqués chaque année dans l'opération « inondation » ne sont pas inclus. Également, ne sont pas inclus dans les coûts indiqués sur la courbe dommages-fréquence, les coûts des mesures d'intervention d'urgence sur le couvert de glace pour favoriser la débâcle ainsi que les coûts de réparation aux routes provinciales. L'ensemble de ces coûts peut représenter pour la ville de Sainte-Marie une augmentation d'environ 10 % des dommages moyens annuels. Par conséquent, cet estimé nous apparaît raisonnable.

- Hypothèse 2

Le ratio de 9,8 établi pour Sainte-Marie entre les dommages totaux annuels et les montants réclamés à la DGSC est valable pour toute les fréquences d'inondation et toutes les municipalités, puisque les fréquences d'inondation des autres municipalités sont très semblables à celle de Sainte-Marie. En appliquant ce ratio aux autres villes, il faut supposer que la répartition entre les dommages dans les secteurs résidentiels, commerciaux, industriels et institutionnels est la même qu'à Sainte-Marie.

- Hypothèse 3

La relation adimensionnelle dommages-fréquence développée pour Sainte-Marie est valable pour les autres villes. Cette hypothèse est, encore une fois, basée sur une répartition équivalente de l'évaluation des propriétés dans la zone d'inondation.

4.2.2.2 Méthode 2 : basée sur l'évaluation municipale des propriétés dans la zone 0-100 ans

La méthode décrite à la section précédente repose sur l'hypothèse que les dommages à Sainte-Marie sont représentatifs des dommages potentiels dans les autres municipalités. Or, la valeur des dommages varie selon la catégorie de propriétés touchées : les dommages moyens aux industries et aux bâtiments institutionnels, sont plus élevés que ceux aux résidences ou aux commerces. Une autre méthode, qui tient compte de la répartition des différentes catégories de propriétés dans chacune des municipalités, a donc été élaborée pour tenir compte de cette réalité. Les étapes de cette méthode sont les suivantes :

- étape 1 : Recueillir les évaluations municipales des propriétés (en \$ 1993) par catégorie (résidentiel, commercial-mixte, industriel, institutionnel, autre), dans la plaine inondable 0-100 ans montrée sur les cartes du risque d'inondation. La seule exception est pour Beauceville, où l'évaluation est donnée pour la zone inondée lors de l'embâcle de 1991, ce qui correspond environ, pour une inondation en eau libre, à la zone 0-200 ans.
- étape 2 : Actualiser à 1993, par catégorie, les dommages totaux établis par l'étude de Roche pour la ville de Sainte-Marie en 1984, pour les inondations de 1976 (fréquence de retour de 17 ans), 1982 (fréquence de retour de 4 ans) et l'inondation centennale.
- étape 3 : Déterminer le ratio dommages (\$)/valeur de l'évaluation (\$) par catégorie, pour chacune de ces inondations (1/17, 1/4 et 1/100 ans) à Sainte-Marie.

- **étape 4 :** Déterminer les dommages, par catégorie, pour chacune de ces inondations et dans chacune des municipalités, en multipliant le ratio par la valeur de l'évaluation, puis faire la somme pour obtenir les dommages totaux.
- **étape 5 :** Tracer la relation dommages-fréquence pour chacune des municipalités et déterminer la valeur des dommages totaux annuels moyens en calculant l'aire sous la courbe.

Le tableau 4.6 indique les valeurs de l'évaluation des propriétés en \$ 1993, par catégorie, dans la zone d'inondation 0-100 ans de chaque municipalité (0-200 ans pour Beauceville). Le tableau 4.7 indique la valeur des dommages en \$ 1993 pour les inondations de récurrence 4 ans, 17 ans et 100 ans, à partir des chiffres tirés de l'étude de Roche (réf. 6) pour la ville de Sainte-Marie. Les dommages totaux (en \$ 1993) pour ces mêmes inondations, dans chacune des villes, calculés à partir des étapes 3 et 4, apparaissent au tableau 4.8. On peut également y voir que le montant total des dommages moyens annuels (D.M.A.), calculé à l'étape 5, s'établit autour de 2,5 M \$ pour l'ensemble des municipalités du tronçon des eaux mortes touchées par les inondations en eau libre.

Suite à un examen de la méthode utilisée par Roche dans son étude de 1984, il est apparu que certains dommages, à Sainte-Marie, ont pu être surestimés. Entre autres, les auteurs indiquent des dommages, lors des inondations de 1976 (1/17 ans) et 1982 (1/4 ans), pour les propriétés situées dans la zone 20-100 ans alors que ces deux inondations ont des périodes de retour inférieures à 20 ans. Les évaluations de l'étude de Roche ont donc été réajustées en retirant les dommages aux propriétés dans la zone 20-100 ans et en ajustant les valeurs de dommages calculés pour la crue centennale. Le tableau 4.9 indique, pour Sainte-Marie, les valeurs ajustées (\$ 1993) pour les dommages survenus lors des inondations de 1976, 1982 et l'inondation centennale. Le tableau 4.10 présente, pour sa part, les dommages par catégorie foncière et par municipalité, en fonction de la récurrence de l'inondation en \$ 1993. La valeur totale des dommages annuels s'établit alors autour de 1,2 M \$ pour l'ensemble des municipalités.

Tableau 4.6											
Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière											
Valeur des immeubles en plaine inondable 0-100 ans (\$ de 1993)											
Municipalités/ catégories	Résidentiel	% de valeur totale	Commercial	% de valeur totale	Industriel	% de valeur totale	Institutionnel	% de valeur totale	Autres	% de valeur totale	Total
Beauceville	5 323 000	30,72	7 554 700	43,60	1 921 300	11,09	2 527 500	14,59	φ	φ	17 326 500
Sainte-Marie	40 355 915	46,87	11 042 635	12,82	16 704 190	19,40	14 849 440	17,25	3 152 975	3,66	86 105 155
St-Joseph	3 463 640	53,20	1 364 130	20,95	1 338 750	20,56	344 470	5,29	φ	φ	6 510 990
Scott	3 794 665	74,96	508 870	10,05	φ	φ	574 030	11,34	184 580	3,65	5 062 145
Taschereau/ Fortier	2 366 355	83,12	130 755	4,60	89 185	3,13	260 600	9,15	φ	φ	2 846 899
Vallée Jonction	15 710 870	69,75	991 975	4,40	3 402 850	15,11	1 750 285	7,77	666 435	2,97	22 522 419
Total	71 014 445		21 593 065		23 456 275		20 306 325		4 003 990		140 374 100

Tableau 4.7 Dommages à Sainte-Marie, en fonction de diverses récurrences d'inondation, en \$ 1993 (basés sur l'évaluation de Roche, 1984)

CATÉGORIE	Inondation de 1982	Inondation de 1976	
	Récurrence 4 ans	Récurrence 17 ans	Récurrence 100 ans
Résidentiel	821 315 \$	1 231 206 \$	12 412 238 \$
Commercial & mixte	488 172 \$	878 710 \$	4 915 388 \$
Industriel	250 932 \$	321 193 \$	7 779 750 \$
Institutionnel	61 418 \$	530 438 \$	1 768 125 \$
TOTAL	1 621 837 \$	2 961 547 \$	26 875 500 \$

**Tableau 4.9 Dommages à Sainte-Marie en fonction de diverses
réurrences d'inondation, en \$ 1993, (valeurs de Roche (1984) réajustées)**

CATÉGORIE	Inondation de 1982	Inondation de 1976	
	Réurrence 4 ans	Réurrence 17 ans	Réurrence 100 ans
Résidentiel	433 092 \$	649 637 \$	5 254 822 \$
Commercial & mixte	54 677 \$	88 490 \$	1 424 952 \$
Industriel	204 395 \$	261 626 \$	7 839 317 \$
Institutionnel	0 \$	0 \$	536 791 \$
TOTAL	692 164 \$	999 753 \$	15 055 883 \$

4.2.3 Valeur des dommages moyens annuels (D.M.A.)

Les résultats obtenus par les deux méthodes utilisées indiquent que les dommages moyens annuels sont de l'ordre de 1,2 million \$ (méthode 2 réajustée) à 2,5 millions \$ (méthode 1 et méthode 2 selon Roche) sur le tronçon des eaux mortes. Ces valeurs ne couvrent que les dommages directs et indirects⁵ dans les agglomérations urbaines et ne tiennent pas compte des dommages aux terres agricoles ni aux infrastructures de transport comme les routes, les ponts, les voies ferrées localisées dans la zone d'inondation 0-100 ans. Compte tenu des deux méthodes utilisées, et des données à notre disposition, il semble probable que les dommages réels puissent se situer quelque part entre ces deux valeurs.

4.2.4 Détermination du coût maximum de la solution

Le coût maximum d'une solution, pour un rapport avantage/coût = 1, peut être calculé au moyen des équations (3) et (4) en isolant Co et en exprimant le coût annuel d'opération et d'entretien Ct en fonction du coût initial de l'investissement Co.

La relation suivante permet donc de calculer Co en fonction du taux d'actualisation et du rapport entre Co et Ct :

$$Co = \frac{A \left[\frac{1 - (1+i)^{-n}}{i} \right]}{\left[1 + Ct * \left(\frac{1 - (1+i)^{-n}}{i} \right) \right]} \quad (5)$$

⁵

Dommages directs: correspondent aux dommages physiques tangibles tels que les dommages causés aux bâtiments et leur contenu, aux terrains, amélioration au sol, etc.

Dommages indirects: représentent les pertes de toute nature rattachées indirectement aux inondations, par exemple, les pertes de salaire.

Dans laquelle :

A : Avantage annuel moyen (\$)

n : Durée de vie des ouvrages en année

Ct* : Rapport entre le coût annuel moyen d'opération et d'entretien des ouvrages et leur coût initial, soit Ct/Co

i : Taux d'actualisation (%)

Le taux d'actualisation peut être pris égal au taux d'intérêt moyen des obligations à long terme des gouvernements.

En remplaçant la valeur de A par les avantages annuels moyens et en considérant des valeurs de 1 %, 2,5 % et 5 % pour Ct*, il est possible de déterminer la fourchette des coûts maximum.

Si nous considérons que le taux actuel d'intérêt (mai 1994) des obligations à long terme est de 9 % et que les coûts annuels d'entretien et d'opération représentent 1 %, 2,5 % ou 5 % du coût initial, les montants maximum qu'il est possible d'investir sur l'ensemble du tronçon des eaux mortes, dans chaque ville et pour une protection totale contre les inondations en eau libre, sont indiqués au tableau 4.11. Ces montants seraient plus faibles si on voulait des ouvrages assurant une protection pour des inondations d'une récurrence inférieure à 100 ans.

En principe, ces montants ne seraient valables que pour les solutions d'imperméabilisation et d'endiguement, parce que les solutions par barrage-réservoir ou par excavation n'éliminent pas entièrement les inondations de 0 à 100 ans, tel qu'indiqué aux tableaux 5.5 et 5.10 du rapport d'étape n° 2.

Les dommages encourus pour les inondations résiduelles, avec des solutions par barrage-réservoir ou par excavation, sont cependant suffisamment faibles pour être ignorés. À titre d'exemple, la solution avec quatre barrages-réservoirs permet de réduire l'inondation centennale à Sainte-Marie à une inondation d'une période de retour de moins de 10 ans. Les dommages maximum d'une crue centennale, calculés selon Roche (tableau 4.7 et figure 4.1), sont alors ramenés de 26 millions \$ à 2,6 millions \$. Compte tenu de la fréquence de cette inondation (1/100 ans), les dommages résiduels moyens annuels sont de l'ordre de 26 000 \$.

Tableau 4.11

Étude de modélisation du bassin versant de la rivière Chaudière

**Coût maximum d'une solution d'ensemble aux inondations
en eau libre sur le tronçon des eaux mortes
pour un taux d'actualisation de 9 %**

Avantages annuels	Coût d'opération et d'entretien annuel en % du coût initial		
	1 %	2,5 %	5 %
1 200 000 \$	10 733 000 \$	9 463 000 \$	7 905 000 \$
2 600 000 \$	23 255 000 \$	20 504 000 \$	17 127 000 \$

Dans ce contexte, il est clair qu'une solution intégrée dont le coût total dépasse 23 millions \$, pour l'ensemble des municipalités inondées en eau libre dans le tronçon des eaux-mortes, ne peut être rentable que si cette solution entraîne des avantages additionnels à la valeur des dommages évités provenant des inondations en eau libre.

4.3 Inondations dues aux embâcles de glace à Beauceville

4.3.1 Évaluation des dommages moyens annuels (D.M.A.)

Dans les zones affectées par les inondations dues aux embâcles, comme à Beauceville, les niveaux d'eau dépendent des débits et de plusieurs autres facteurs qui agissent sur les caractéristiques du couvert de glace, de sorte qu'il n'y a pas une relation unique entre la fréquence des inondations et celle des crues. De plus, les données disponibles de niveaux d'eau à Beauceville sont insuffisantes pour établir une relation niveau (dommages)-fréquence. Une autre méthode doit donc être utilisée pour évaluer les dommages moyens annuels résultant des inondations dues aux embâcles. Rappelons que, selon nos calculs, le tronçon de Beauceville n'est pas affecté par les inondations en eau libre, car le seuil d'inondation correspond à un débit de crue d'une période de retour d'environ 200 ans. Par contre, les niveaux d'eau atteints lorsqu'il y a un embâcle peuvent dépasser, et de loin, les niveaux en eau claire.

L'examen des données disponibles à la DGSC permet cependant de déterminer l'ordre de grandeur des dommages moyens annuels à Beauceville. Ainsi, selon les témoignages recueillis, l'inondation qui a causé le plus de dommages à Beauceville est survenue en 1957. L'inondation de 1991 serait la seconde en importance. Si nous supposons que ces deux inondations ont la même période de retour, celle-ci serait de 35 ans, soit une fréquence de 0,02857 (1/35).

Les dommages rapportés pour l'inondation de 1957 (tableau 4.1) sont de 1 250 000 \$ (\$ 1965), ce qui représente un montant actualisé de 6 650 000 \$ en 1991, si on considère seulement l'accroissement des coûts dû à l'inflation. Pour leur part, les dommages réclamés à la DGSC suite à la crue de 1991, de 6 113 008 \$ (tableau 4.3), sont des dommages directs seulement, les dommages indirects n'étant pas admissibles à l'aide gouvernementale. A ce sujet, il faut noter que nous ignorons si les montants rapportés en 1957 sont seulement liés à des dommages directs ou s'ils incluent également des dommages indirects. Par mesure de comparaison, nous supposons que les dommages rapportés en 1957 sont, tout comme ceux réclamés en 1991, des dommages directs.

La comparaison entre les montants des dommages pour les inondations de 1957 et 1991, pour des dommages exprimés en dollars de 1991, nous montre que les montants sont semblables. Ceci indiquerait donc qu'il n'y a pas eu d'accroissement réel du nombre de bâtiments dans la zone inondable entre 1957 et 1991. Après examen de cartes et de l'âge des propriétés indiqué dans le rôle d'évaluation foncière de la ville de Beauceville, cette hypothèse s'avère fondée. En effet, entre 1957 et 1991, il y a eu peu de développement immobilier dans la zone inondable 0-200 ans de Beauceville, à l'exception d'un secteur, au sud de la ville et du côté ouest de la rivière et, encore là, ce secteur est situé dans le haut de la zone inondable.

Malgré le peu de développement dans la zone inondable, on peut tout de même supposer que les bâtiments ont pris de la valeur entre 1957 et 1991. La raison selon laquelle les dommages pour les deux inondations nous donnent des chiffres comparables, pourrait être expliquée par le fait que les dommages réclamés à la DGSC, pour l'inondation de 1991, ne représentent qu'une portion des dommages directs totaux, puisque les dommages admissibles aux programmes d'aide financière ne réfèrent qu'aux biens dits essentiels. Il est donc plausible d'assumer que les dommages directs lors de l'inondation de 1991 aient été supérieurs aux montants réclamés à la DGSC. On peut également considérer que les critères d'admissibilité à l'aide financière aient évolué au cours des années, mais il nous a été impossible de trouver les critères utilisés en 1957.

Si, pour le calcul des dommages totaux en 1991 à Beauceville on utilise le ratio de 9,8 utilisé pour les autres municipalités (section 4.2.2.1), on en arrive à un total de (6 113 008 \$ X 9,8), soit environ 60 millions \$. Ce montant nous apparaît nettement exagéré et cela peut sans doute être expliqué principalement par les deux raisons suivantes.

Premièrement, le ratio de 9,8 ne serait pas applicable pour Beauceville, compte tenu des montants réclamés pour les dommages qui sont beaucoup plus élevés que pour les autres municipalités, lorsque l'on compare ces montants avec l'évaluation municipale des propriétés en zone inondable. Ainsi, les montants réclamés à Beauceville représentent en fait 35,3 % ($6\,113\,000 \$ / 17\,326\,500 \$$) de l'évaluation municipale de la zone inondable, comparativement à des pourcentages qui varient entre 1 et 2 % pour les autres municipalités étudiées. Une telle différence s'explique par le fait que la majorité des dommages à Beauceville ont été causés par la glace, alors que les autres municipalités n'ont subi des dommages que par l'eau.

Deuxièmement, l'examen de la répartition de la valeur des propriétés dans la plaine inondable à Beauceville révèle un profil complètement différent de celui des autres villes de la Beauce touchées par les inondations, tel que montré au tableau 4.6. Ainsi, les propriétés touchées sont principalement des commerces, qui représentent 48 % du total de la valeur foncière de la zone inondée, et des industries qui représentent 23 % du total de la valeur foncière de cette zone. L'examen des dossiers de la DGSC montrent que ce sont ces catégories qui, lors d'une inondation, ont les réclamations de dommages les plus élevées, à la fois parce que les dommages directs aux bâtiments peuvent être supérieurs à ceux d'un bâtiment résidentiel, mais aussi parce que ces catégories peuvent réclamer pour des dommages aux équipements et aux inventaires.

Si l'on tient compte des dommages indirects, en plus des dommages directs, on peut donc s'attendre à ce que les dommages totaux, pour la crue de 1991, soient beaucoup plus élevés que les 6 millions \$ réclamés, mais tout de même bien en deçà des 60 millions calculés avec le ratio de 9,8. Une hypothèse qui nous semble réaliste est que les dommages totaux à Beauceville, pour l'inondation de 1991, représentent le double des dommages réclamés, soit environ 12 millions \$.

Les données sur les dommages à Beauceville, compilées par le MRN en 1965, indiquent que pour la période 1912 à 1957, le coût moyen annuel des dommages s'établit à 121 739 \$, et à 67 391 \$ lorsque l'on ne prend pas en considération les dommages de l'inondation de 1957 (tableau 4.1). Actualisé en dollars de 1991, le montant de 67 391 \$ s'établit à 358 520 \$. En considérant notre hypothèse selon laquelle les dommages totaux représentent le double des dommages rapportés, cette valeur atteint 717 040 \$. En utilisant les chiffres de la moyenne des dommages (717 040 \$) comme valeur médiane ($P = 50 \%$) et ceux des dommages totaux pour l'inondation de 1991 (12,2 M\$) on peut tracer une courbe dommages-fréquence pour Beauceville (figure 4.2). À partir de cette courbe, on peut calculer le coût moyen annuel des dommages, qui s'établit à 917 031 (\$ 1991), soit 944 910 \$ en dollars 1993.

Ce chiffre constitue un ordre de grandeur réaliste pour les dommages à Beauceville. À ce coût, il faudrait normalement ajouter la valeur des dommages survenant dans la municipalité de Saint-François-Ouest. La valeur des dommages moyens annuels (D.M.A.) obtenus par cette méthode est donc d'environ 1 million \$, en dollars de 1993, pour Beauceville et le secteur environnant.

4.3.2 Évaluation du coût maximum de la solution

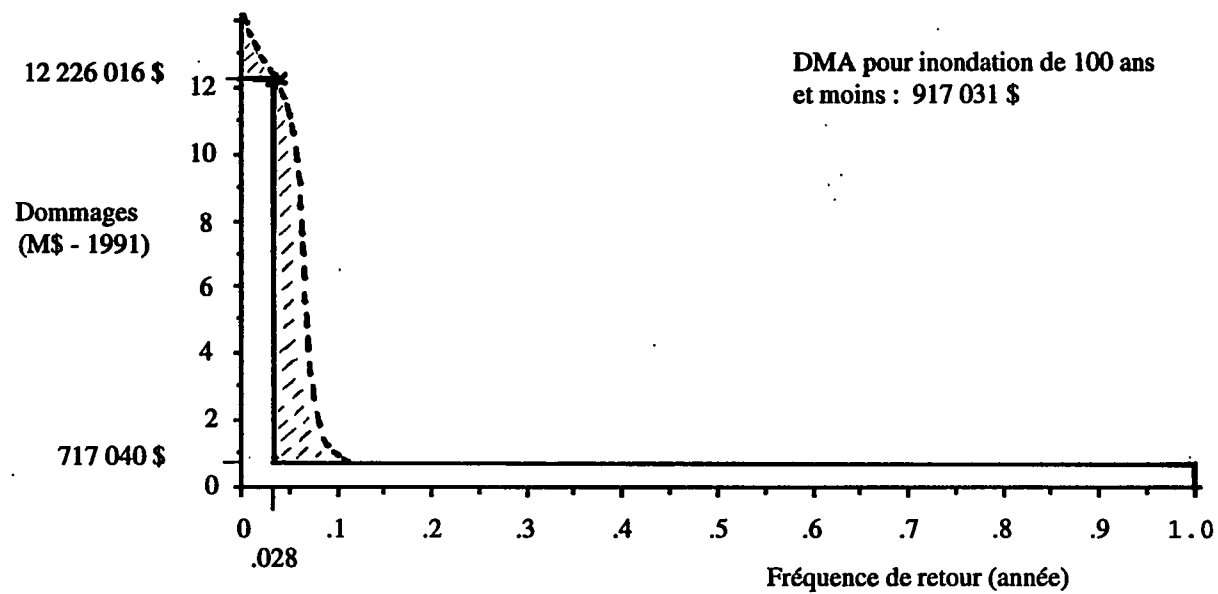
Le coût maximum de la solution a été calculé au moyen de l'équation (5). Le tableau ci-dessous présente les résultats en fonction du taux d'actualisation et du coût annuel pour l'opération et l'entretien qui est exprimé en pourcentage du coût initial. Pour un taux d'actualisation de 9 % sur 25 ans et un coût annuel d'opération et d'entretien de 1 % du coût initial, le montant maximal de la solution s'établit à environ 9 millions \$. Une analyse de sensibilité indique que le coût maximum serait compris dans la fourchette suivante pour une variation de $\pm 50 \%$ du montant des dommages moyens annuels (D.M.A.) :

Avantages annuels	Coût maximum (période d'actualisation)
1 500 000 \$ (+ 50 %)	13 400 000 \$ (25 ans)
1 000 000 \$ ⁽¹⁾	9 000 000 \$ (25 ans)
500 000 \$ (- 50 %)	4 500 000 \$ (25 ans)
1 000 000 \$	9 900 000 \$ (50 ans)

(1) La valeur de 1 000 000 \$ représente le coût des dommages moyens annuels (D.M.A.) à Beauceville.

Le dernier tableau nous permet de voir que si on considère des bénéfices sur une période de 25 ans et des D.M.A. de 1 M\$, le coût maximum d'une solution rentable est de 9 M\$. Si on considère les bénéfices pour une période longue de 50 ans, ce qui correspond à la durée de vie d'un barrage de rétention de glace, le coût maximum d'une solution augmente à peine de 10 %, pour atteindre une valeur de 9.9 M\$.

Figure 4.2 Courbe dommages-fréquence à Beauceville (\$ 1991)



5.0 LES INONDATIONS DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE, LA SOLUTION : UNE APPROCHE INTÉGRÉE

5.1 Bases et principes d'une solution intégrée

Les travaux réalisés dans le cadre de cette étude ont permis de démontrer :

- que les inondations de la rivière Chaudière sont, avant tout, un problème d'origine naturelle lié aux caractéristiques physiques du bassin versant. On peut mentionner l'orientation de la rivière, qui coule du sud vers le nord, sa pente très faible dans le tronçon des eaux mortes, alors que ses tributaires ont une pente prononcée, ainsi que les fortes pentes des versants, couvertes de minces dépôts de surface peu perméables.

Ces caractéristiques font en sorte que l'eau qui parvient à la surface du bassin versant s'écoule rapidement vers la rivière, alors que celle-ci n'a pas la capacité de l'évacuer. Le tronçon des eaux mortes agit alors comme un réservoir, en se remplissant lors des crues, ce qui provoque des inondations en eau libre de Scott à Saint-Joseph.

Pour sa part, la présence d'un méandre prononcé et d'une alternance de fosses et de hauts-fonds explique, en bonne partie, la présence d'embâcles en aval de Beauceville et les inondations subséquentes qui affligent cette municipalité.

- que certaines pratiques anthropiques, en particulier le drainage du réseau routier, l'aménagement (redressement et sur-creusement) de cours d'eau agricole, la coupe à blanc sur des versants à fortes pentes ainsi que l'exploitation de gravières dans le lit de la rivière, sont des facteurs aggravants dans la problématique des inondations, par leurs effets potentiels négatifs sur le ruissellement et l'érosion du bassin versant.

A cela, on peut ajouter l'effet de rehaussement des niveaux d'eau en période de crue, que provoquent les ponts et leurs approches.

- que les solutions structurales possibles pour diminuer les inondations sont, compte tenu de la situation de développement actuelle, coûteuses et d'une rentabilité marginale, en termes strictement économique.

Les mesures préventives de types système d'alerte et bris du couvert de glace sont moins dispendieuses, mais elles n'offrent qu'une solution partielle au problème des inondations, alors que celles de type immunisation peuvent représenter, par bâtiment individuel, des coûts considérables.

Finalement, les solutions de « gestion du territoire » sont, à priori, peu coûteuses, mais elles ne semblent pas toujours faciles à implanter et ne sont pas suffisantes pour améliorer la situation pour les structures et bâtiments déjà en place dans la zone inondable.

Pour essayer de résoudre la problématique des inondations de la rivière Chaudière, plusieurs solutions ont été regardées, soit des mesures structurales, des mesures non structurales et des mesures dites administratives. Les mesures structurales incluent les ouvrages qui peuvent empêcher les inondations, alors que celles dites non structurales n'empêchent pas les inondations de se produire mais cherchent à réduire les dommages qui résultent de tels événements. Quant aux mesures administratives, elles visent à identifier les zones à risques et à y instaurer des règles de gestion du territoire pour éviter la construction d'ouvrages ou de structures vulnérables aux crues et empêcher l'augmentation de la valeur des dommages.

À travers l'examen des différentes solutions, plusieurs faits importants sont également ressortis, soit :

- la cartographie des zones inondables le long de la rivière Chaudière existe, officiellement, depuis 1979. Malgré cette identification des zones à risques, un nombre important de bâtiments et structures sont toujours, aujourd'hui, vulnérables aux inondations. La gestion des plaines inondables, telle que pratiquée le long de la Chaudière, apporte peu aux installations déjà en place, si ce n'est d'exiger, pour toute rénovation ou agrandissement, des mesures d'immunisation. Elle peut toutefois, si bien appliquée, empêcher le développement de nouvelles structures dans les zones désignées ;
- la cartographie officielle de la plaine inondable n'indique que les zones affectées par les inondations en eau libre le long de la rivière Chaudière. Aucune cartographie ne touche les affluents qui occasionnent aussi des problèmes. Une autre lacune importante existe donc en ce qui concerne les zones affectées par des inondations dues aux embâcles (particulièrement le secteur de Beauceville) ;
- les dommages moyens annuels sur la rivière Chaudière entraînent des coûts estimés entre 1,2 million \$ et 2,5 millions \$ pour les inondations en eau libre et autour de 1,0 million \$ pour celles avec embâcles. L'analyse des diverses solutions structurales étudiées indique que les moins coûteuses pourraient être marginalement rentables sur le plan économique, selon les municipalités concernées. Cependant, il nous apparaît important, dans les analyses de rentabilité des solutions (analyses coûts/bénéfices), de considérer les impacts sociaux associés au caractère répétitif des inondations sur la rivière Chaudière.

L'ensemble des faits énoncés plus haut ainsi que diverses solutions et combinaisons de solutions analysées nous amènent à proposer, en conclusion de cette étude, deux différentes approches intégrées pour aider à résoudre la problématique des inondations dans le tronçon des eaux mortes de la rivière Chaudière, soit :

1. une approche locale, à but unique ;
2. une approche régionale, à buts multiples.

5.2 Solution à but unique

Cette solution regroupe des mesures d'endiguement et d'imperméabilisation pour les municipalités situées le long du tronçon des eaux-mortes, telles que détaillées dans le rapport d'étape n° 2 (section 4), ainsi que la construction d'un barrage de rétention des glaces en amont de Beauceville (rapport d'étape n° 3 - section 4).

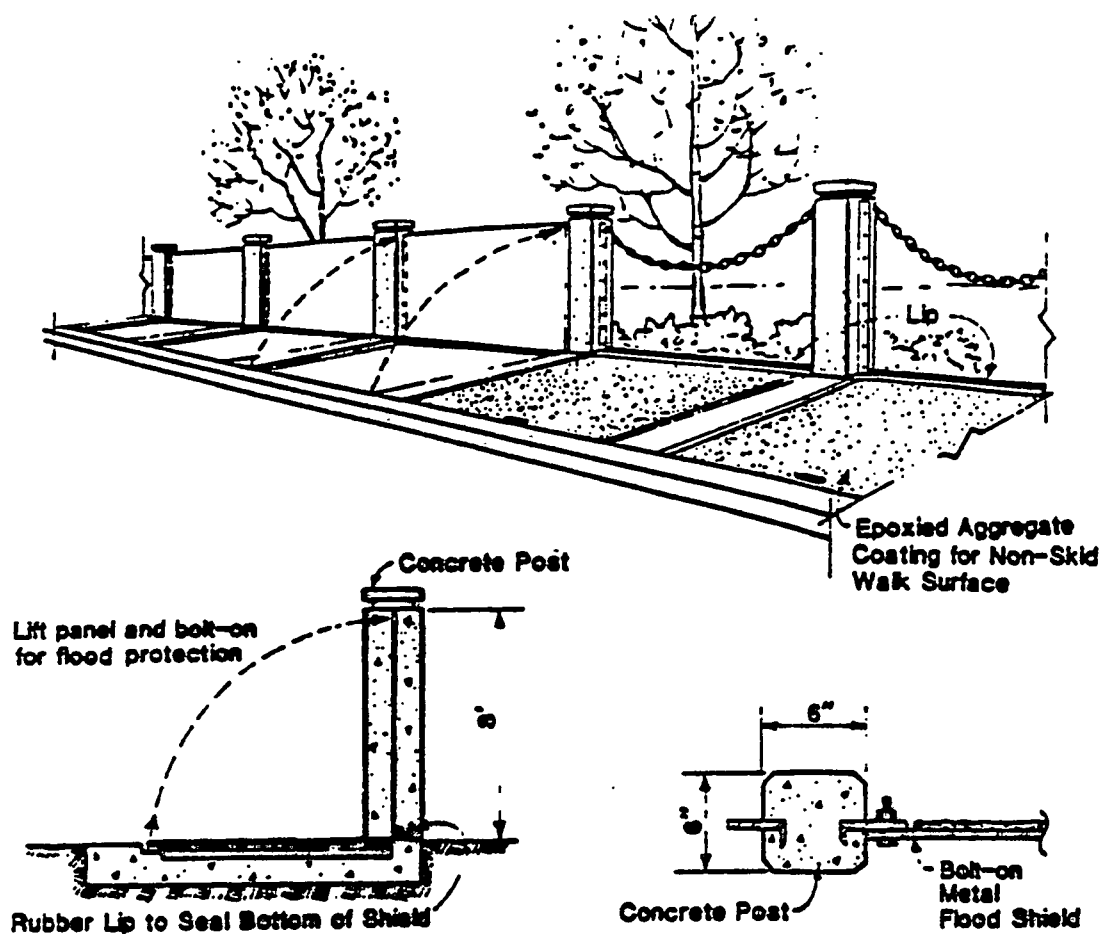
Compte tenu des caractéristiques du régime d'écoulement de la rivière Chaudière et de la protection maximale recherchée, c'est-à-dire une protection totale contre les inondations en eau libre pour une période de retour de 100 ans et élimination du problème d'embâcles à Beauceville, cette solution, malgré des **coûts de l'ordre de 40 millions \$** (coûts qui, rappelons-le, n'incluent pas les coûts des terrains expropriés ou des servitudes, les honoraires pour services professionnels, les frais d'intérêt pendant la construction, les mesures de remédiation des répercussions sur l'environnement, les taxes applicables ainsi que les frais annuels d'opération et d'entretien), présente plusieurs avantages, dont les principaux sont :

- elle offre le moindre coût de toutes les solutions structurales analysées ; et au moins pour Sainte-Marie et Beauceville, elle démontre un certain niveau de rentabilité ;
- elle présente, de toutes les solutions structurales, le moins d'impacts environnementaux ;
- elle offre la plus grande efficacité sur le plan hydraulique, car elle permet de régler le problème des inondations en eau libre pour une période de récurrence centenaire ou moins, y compris les inondations soudaines résultant de pluies diluviennes ;

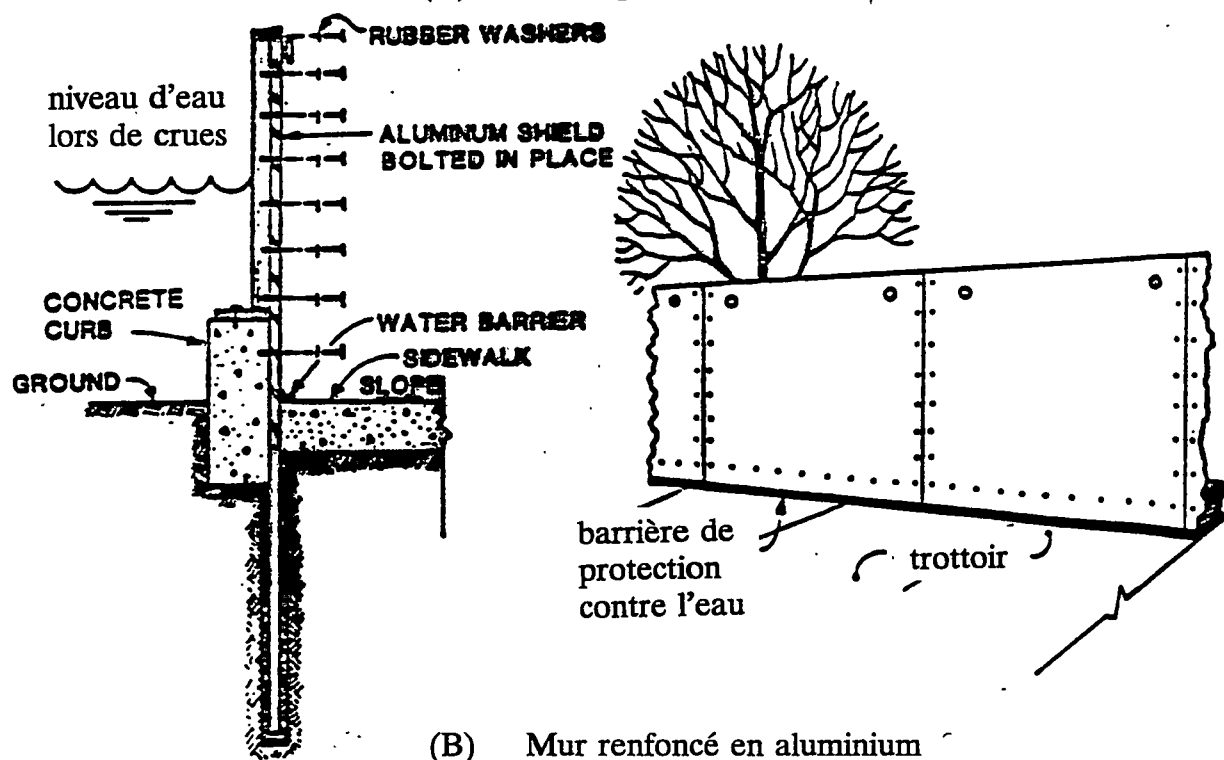
- elle permet de régler de façon permanente les problèmes d'embâcles à Beauceville.

Par contre, cette solution comporte également plusieurs inconvénients :

- elle ne peut assurer une protection que pour les secteurs endigués ou les bâtiments imperméabilisés, soit essentiellement dans les agglomérations urbaines ; ailleurs, il n'y a aucune protection ;
- les mesures d'immunisation sont moins efficaces dans la zone 0-20 ans, ainsi que lors d'une crue prolongée ;
- la protection n'est plus efficace au delà d'une crue centenaire et les dégâts qui pourraient survenir seraient supérieurs à ceux qu'il y aurait s'il n'y avait aucun ouvrage, en raison, notamment, des investissements accrus qui pourraient être faits dans la zone protégée qui serait alors perçue comme sécuritaire ;
- les mesures d'endiguement présentent un impact visuel et esthétique important, bien qu'il serait possible d'y remédier par l'installation de murs amovibles au lieu de murs fixes (figure 5.1). Une telle alternative exige cependant un peu plus d'entretien (coûts additionnels), un réseau d'alerte sans faille et la participation des propriétaires de terrains où se retrouvent ces murs ;
- tous les secteurs endigués nécessitent l'installation de systèmes de pompes pour évacuer les eaux pluviales, lors des inondations, ce qui implique des coûts supplémentaires en termes d'entretien ;
- la construction du barrage de rétention à Beauceville implique des inondations dans la retenue du barrage, donc des mesures de mitigation pour les bâtiments et les structures qui y sont présents.



(A) Mur repliable en métal



(B) Mur renforcé en aluminium

Figure 5.1 Murs amovibles (source: Federal Emergency Management Agency, 1986)

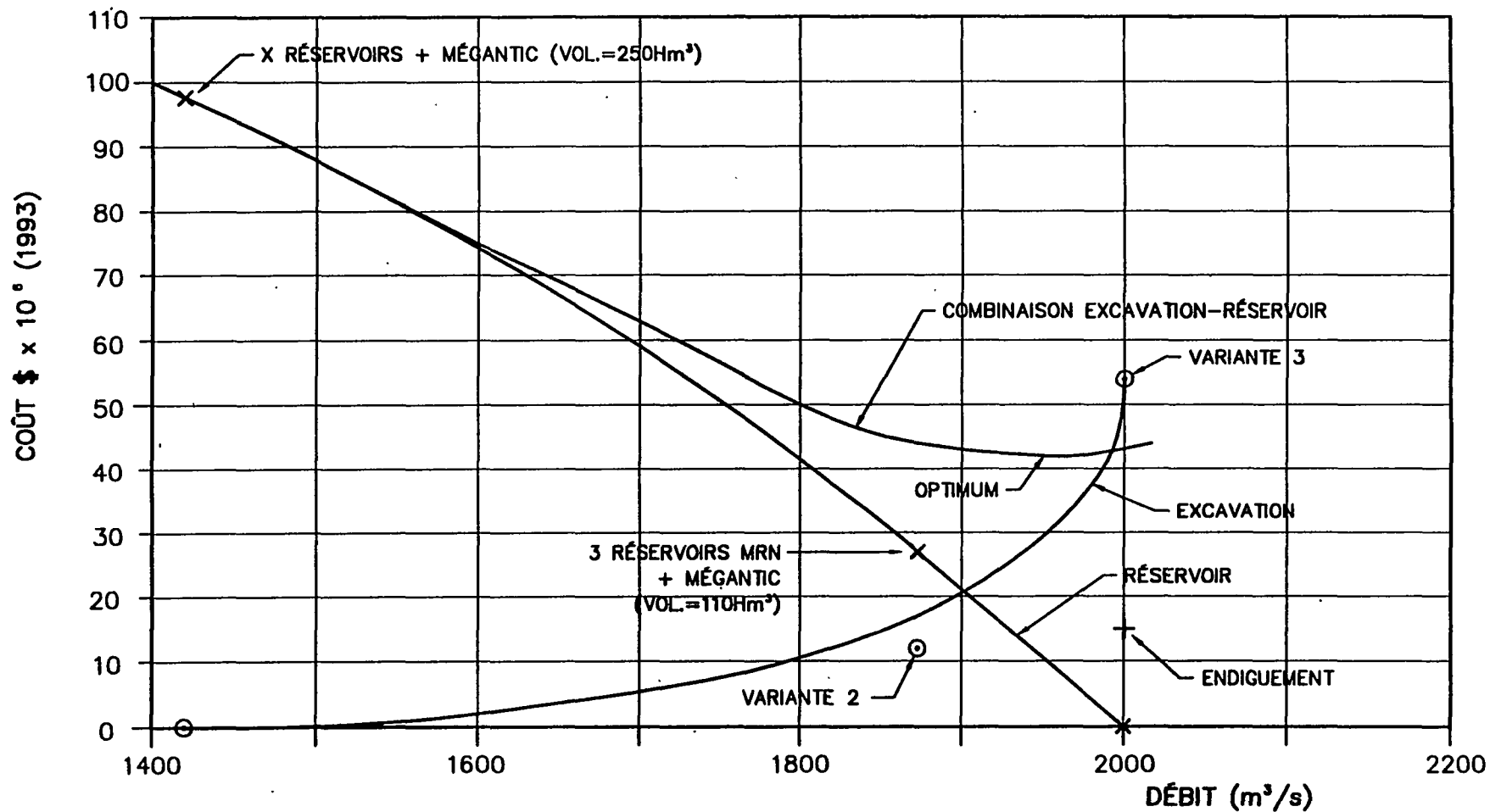
5.3 Solution à buts multiples

Analyse économique de la combinaison de différentes solutions

L'analyse des coûts démontre que l'endiguement et l'imperméabilisation sont les deux méthodes les moins coûteuses et les plus efficaces pour apporter une solution au problème des inondations en eau libre. Cependant, les bénéfices résultant d'une solution intégrée uniquement basée sur ces deux méthodes ne peuvent profiter qu'à la protection des inondations. Nous avons également examiné l'effet sur les coûts, de la combinaison d'autres solutions structurales analysées dans le cadre de l'étude. Cette analyse a été faite pour la ville de Sainte-Marie qui est le centre de gravité de la zone affectée par les inondations en eau libre. La figure 5.2 présente les résultats de cette analyse qui démontre que toutes les combinaisons «excavation-réservoir» sont plus coûteuses, pour le même niveau de protection, que ne l'est l'endiguement. L'utilisation d'une autre méthode de protection contre les inondations doit donc être justifiée économiquement, par des bénéfices provenant d'autres utilisations.

Dans cette optique, la solution que nous proposons de retenir est celle de la mise en place des quatre (4) barrages-réservoirs étudiés dans le rapport d'étape n° 2 (section 5). De toutes les solutions analysées c'est la plus dispendieuse, avec des **coûts de l'ordre de 100 millions \$** (voir déboursés non inclus à la section précédente - 5.2), mais elle offre plusieurs avantages, dont :

- elle est la seule à permettre un « contrôle » des débits en tout temps, y compris en période de crue ;
- elle présente des réductions de dommages de Saint-Georges à Scott Jonction, ce qui en fait une solution «régionale» ;
- elle permet d'autres utilisations que la seule protection des crues, donc une possibilité accrue de partage des coûts et de revenus (tourisme, loisir, production électrique, alimentation en eau, soutien aux étiages).



L'ENDIGUEMENT PROTÈGE À 147.3m SOIT À Q=2000m³/s
 LES COURBES MONTRENT LA RELATION ENTRE LE COÛT DE LA PROTECTION
 PAR LES SOLUTIONS D'EXCAVATION ET DE RÉSERVOIRS EN FONCTION DU DÉBIT
 MAXIMUM ATTEINT POUR UN NIVEAU D'EAU DE 146.1 m AU PONT

ÉTUDE DE MODÉLISATION
 DU BASSIN VERSANT
 DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE

COMBINAISON DE SOLUTIONS
 POUR LA PROTECTION
 CONTRE LES INONDATIONS EN EAU LIBRE
 VILLE DE STE-MARIE



PROJET: 4727

DATE: AOÛT 1994

FIGURE: 5.2

Par contre, cette solution comporte également certains inconvénients :

- c'est la plus coûteuse de toutes les solutions structurales ;
- l'inondation des terrains par les réservoirs entraîne des pertes de territoire, notamment dans les zones agricoles, des dommages accrus aux infra-structures routières, il faut donc exproprier des bâtiments et rehausser ou relocaliser des tronçons de route ;
- elle ne protège pas à 100 % , pour des crues supérieures à 20 ans, les municipalités de Scott et Sainte-Marie, ce qui se traduit par des dommages résiduels ;

5.4 Solutions partielles

Les solutions permanentes analysées et présentées dans cette étude présentent toutes un même inconvénient majeur, compte tenu du contexte économique, elles sont coûteuses. Cependant, si on veut intervenir efficacement sur la problématique des inondations le long du tronçon des eaux-mortes de la rivière Chaudière, il faut une approche intégrée et cela implique des coûts élevés . Après tout, il faut être conscient que la rivière Chaudière débordera toujours, à moins qu'on ne contrôle son écoulement.

À défaut de pouvoir mettre en place rapidement des ouvrages (digues ou barrages-réservoirs) ou d'immuniser correctement les bâtiments vulnérables, d'autres moyens peuvent permettre de réduire (et non d'éliminer) les dommages. Voici les principaux :

- effectuer, chaque printemps, des travaux de bris du couvert de glace dans le secteur de Beauceville. Les frais associés à ces travaux sont minimes, de l'ordre de 50 000 \$, comparé à ce qu'il en coûte lorsque des inondations par embâcle se produisent. Il ne faut cependant pas

perdre de vue que de tels travaux ne prémunissent que contre les inondations printanières, associées au dégel ;

- empêcher toute construction, rénovation, agrandissement dans la zone 0-20 ans et exiger des mesures d'imperméabilisation pour toute nouvelle construction permise dans la zone 20-100 ans ;
- considérer également, dans l'identification des zones inondables, celles qui sont affectées par les embâcles et requérir, dans ces zones, les mêmes contraintes de construction que pour les zones 0-20 ans. Il faut être conscient qu'une inondation par embâcle ne pardonne pas et que, bien souvent, elle peut durer plus longtemps qu'une inondation en eau libre. Ceci fait en sorte que des mesures d'immunisation, dans de telles zones, sont souvent peu efficaces, en plus de ne protéger aucunement contre l'attaque par des glaces flottantes ;
- instaurer un programme cible de relocalisation et/ou de démolition pour les bâtiments les plus fortement atteints, que ce soit en termes de fréquence (régulièrement inondé) ou de gravité des dommages (dommages supérieurs à 50 % de leur valeur foncière).

5.5 Le projet pilote d'agence de bassin pour la gestion intégrée de l'eau

En juin 1993, lors d'une table ronde réunissant les intervenants du milieu de l'eau au Québec, ceux-ci convenaient que la gestion intégrée par bassin versant apparaissait pour tous le meilleur moyen de favoriser la conservation et la mise en valeur de la ressource EAU. Sous la maîtrise d'oeuvre du ministère de l'Environnement et de la Faune (MEF) et de l'Association Québécoise des techniques de l'eau (AQTE) un projet pilote de gestion par bassin a été lancé.

Le bassin de la rivière Chaudière a été sélectionné pour expérimenter ce mode de gestion qui doit tenir compte de tous les aspects reliés à l'eau et notamment des impacts environnementaux, économiques, administratifs sociaux, politiques et scientifiques.

Un comité régional de bassin a été formé en 1993 et la production d'un plan de travail pour l'expérimentation de ce projet est en cours. La gestion du territoire et la problématique des inondations seront examinées dans le cadre de ce projet. Parmi les autres aspects de la gestion de l'eau qui seront examinés, on peut mentionner :

- la dégradation de la qualité de l'eau de la Chaudière (partie aval) et de ses tributaires, causée principalement par la pollution reliée aux activités agricoles ;
- les usages récréatifs de l'eau dans les différentes sections de la rivière, notamment au parc des chutes de la Chaudière, mais aussi à différents autres endroits, en amont dans le tronçon des eaux mortes et près du pôle de population que constitue le secteur de St-Georges ;
- la pêche sportive des espèces qui ont déjà été abondantes sur la rivière ;
- la production hydroélectrique, grâce au développement d'une petite centrale aux chutes de la Chaudière à Charny.

À travers son mandat, le comité de l'agence de bassin aura à se pencher sur la problématique des inondations et sur l'ensemble des solutions proposées dans le cadre de cette étude. Compte tenu des aspects qui seront examinés, la solution de création de barrages-réservoirs nous apparaît comme celle qui permet le mieux de dégager des bénéfices dans le cadre d'une gestion intégrée de l'eau, tel que préconisé dans le projet pilote.

En effet, la solution retenue prévoit des barrages-réservoirs sur les rivières Famine et Linière ainsi que sur la Haute-Chaudière, à des endroits où la qualité de l'eau est la meilleure sur le bassin versant. Cette eau de bonne qualité, emmagasinée lors de la crue du printemps, pourrait être relâchée dans la rivière au cours des mois de juillet, août et septembre, soit au moment de l'étiage, de façon à en augmenter le débit. Cette augmentation de débit permettrait une élévation des niveaux d'eau en rivière et une amélioration de la qualité de l'eau. Ces deux facteurs pourraient ainsi contribuer à rétablir des usages récréatifs sur certains tronçons, par exemple le canotage et la baignade. Les plans d'eau que constituent les réservoirs pourraient aussi permettre ces usages à certains moments de l'été, notamment dans la région de Saint-Georges.

La crue d'automne, pour sa part, permettrait de rétablir des réserves qui pourraient être utilisées, en hiver, pour augmenter la production à la centrale hydroélectrique des Chutes de la Chaudière. Les réservoirs seraient ainsi vides à la fin du mois de mars, en prévision de la crue de printemps qui arrive, en moyenne, vers le 10 avril.

Les avantages économiques directs et indirects découlant des multiples usages doivent être comptabilisés et imputés à l'investissement majeur consenti pour la mise en place d'une telle solution. Une étude pourrait être effectuée pour valider le concept des réservoirs comme solution à buts multiples. Cette étude devrait: traiter des objectifs de performance reliés aux différents usages et des aspects techniques de cette solution; définir les impacts environnementaux et les coûts des impacts résiduels; quantifier les bénéfices reliés à chaque usage et les coûts des solutions complémentaires requises pour satisfaire les objectifs techniques fixés pour chaque usage.

6.0 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'objectif de la présente étude de modélisation était de trouver des solutions au problème des inondations en effectuant, entre autres, une mise à jour des solutions techniques déjà étudiées dans le passé et en proposant de nouvelles solutions qui soient, autant que possible, efficaces, rentables et respectueuses du milieu.

Afin de pouvoir juger du volet «économique» des solutions, nous avons également réalisé, à partir des quelques données dont nous disposions, une analyse sommaire du coût des dommages ainsi que du montant des «dommages moyens annuels» dans les différentes municipalités sises le long du tronçon des eaux mortes (chapitre 4). Les chiffres obtenus nous ont permis d'établir un «seuil de rentabilité approximatif» pour faciliter le choix parmi les solutions. Ainsi, nous avons estimé que les dommages annuels moyens, pour l'ensemble des municipalités du tronçon des eaux mortes touchées par les inondations en eau libre, se situent, selon la méthode de calcul employée, entre 1,2 M\$ et 2,5 M\$, alors qu'ils sont de l'ordre de 1 M\$ pour la région de Beauceville. Le seuil de rentabilité du coût des solutions se situe à 9,9 M\$ pour Beauceville et, pour l'ensemble des autres municipalités, autour de 23 M\$.

L'étude a permis de démontrer que pour éliminer le risque d'inondation pour une période de retour de crue de 100 ans et moins 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. L'augmentation de la capacité d'écoulement implique de creuser, sur de longues distances, la rivière, ce qui entraîne des coûts élevés et des impacts environnementaux considérables. Toutes les solutions de ce type ont donc été rejetées. Diminuer les débits de pointe implique de retenir 150 millions de mètres cube d'eau, soit l'équivalent de 4 réservoirs de la dimension du lac Mégantic (rapport d'étape no.2). Cette solution, plus coûteuse, comporte certains impacts sociaux, notamment liés à la relocalisation de certaines habitations, mais s'avère acceptable en termes environnementaux. Elle pourrait être réalisée de différentes façons, soit:

1. Par l'entremise d'une multitude de petits bassins de rétention (capacité de rétention autour de 2 millions de mètres cube) dissimulés à la grandeur du bassin versant, particulièrement en amont de Saint-Georges. Notre analyse a cependant permis d'évaluer que cette solution pourrait difficilement être mise en pratique et, compte tenu de divers aléas, pourrait s'avérer insuffisante.
2. Par l'entremise d'un réseau de quatre barrages-réservoirs situés sur la rivière Linière, la rivière Chaudière (à 5 km en amont de la confluence du ruisseau Drolet) et la rivière Famine (deux ouvrages). Cette solution, avec des coûts estimés à environ 100 M\$, a l'avantage de régler également le problème des embâcles de glaces dans la région de Beauceville. En effet, le contrôle des débits, possible à l'aide de tels ouvrages, empêche le déplacement inopiné de couverts de glace à la débâcle et, par conséquent, la formation d'embâcles.

À défaut de retenir comme solution la réduction des débits de pointe, des solutions alternatives sont possibles, mais elles impliquent des impacts socio-économiques qui peuvent parfois être plus difficilement acceptables par les populations concernées. Ce sont:

1. L'endiguement de tous les secteurs présentement inondés à l'eau libre et l'imperméabilisation des bâtiments isolés. Solution structurale la moins coûteuse, environ 25 M\$, elle n'agit que localement et ne protège que les secteurs et bâtiments qui en bénéficient. À même cette solution il faut ajouter la construction d'un ouvrage de rétention de glaces, à un coût de l'ordre de 15 M\$, pour protéger Beauceville. L'analyse démontre que c'est la solution la plus économique et la plus acceptable au point de vue environnemental.

2. L'imperméabilisation de certains bâtiments et la relocalisation et/ou démolition de ceux que l'on ne peut imperméabiliser, soit parce que l'immunisation s'avèrerait peu efficace (zone de trop fort courant ou inondée sur de longues périodes de temps), soit parce que les bâtiments en question sont dans un état tel que l'on ne peut les déplacer d'aucune façon. Cette solution, de nature totalement différente des autres, doit également être considérée, notamment si l'on tient compte des coûts associés aux autres solutions, car les résultats obtenus sont les mêmes: on élimine ou réduit considérablement le problème des inondations.

Dans une optique de développement durable, en plus de ces solutions et selon ce qui sera retenu, il est également primordial d'établir une gestion des plaines inondables qui soit cohérente avec les démarches entreprises. Le projet pilote d'agence de bassin, présentement en cours, fait partie d'une étape importante en vue de choisir et de mettre en oeuvre, notamment à la lueur des conclusions de cette étude, la solution la plus valable au problème des inondations de la rivière Chaudière. Les représentants du milieu pourront ainsi décider et prendre en charge la solution qui convient le mieux.

Tenant compte de ce projet d'agence de bassin, les éléments suivants d'une solution intégrée au problème des inondations de la rivière Chaudière nous apparaissent, au même titre que les moyens plus structuraux déjà proposés, fortement recommandables:

- Mettre en place un plan de gestion concerté pour mettre un frein aux pratiques qui favorisent le ruissellement et l'érosion et ceci à la grandeur du bassin versant.
- Procéder à une étude détaillée des dommages et des bénéfices reliés aux différents types de solutions proposées, afin d'en arriver à une analyse bénéfices/coûts qui permette de déterminer la solution la plus rentable à long terme.

- Mettre à jour la cartographie du risque d'inondation le long de la rivière Chaudière, en considérant également les zones soumises aux inondations par embâcles.
- Empêcher tout développement, implantation ou rénovation de bâtiments dans les zones inondables, y compris celles avec secteurs d'embâcles reconnus.
- Mettre en place des stations limnimétriques à Beauceville, au Rapide-du-Diable et en amont du pont à Notre-Dame-des-Pins, afin de connaître et de bien suivre les conditions de la débâcle.
- Poursuivre les travaux de bris du couvert de glace au printemps, particulièrement dans le secteur de Beauceville, jusqu'à la mise en place de solutions permanentes.
- Planter la ou les solutions retenues.

Au terme de cette étude, la solution d'endiguement / imperméabilisation / barrage de glace (Beauceville) nous apparaît la plus acceptable. D'un autre côté, la solution de barrages-réservoirs, bien que plus coûteuse, ne doit pas être négligée, car elle offre l'avantage de protéger l'ensemble du tronçon des eaux-mortes et de permettre des usages autres que ceux strictement liés à la protection contre les inondations. De même, l'alternative que constitue la solution d'immunisation / relocalisation / démolition mérite d'être regardée plus en détails. Cependant, compte tenu des coûts élevés inhérents à chacune des solutions et en l'absence d'une véritable analyse bénéfices / coûts, il nous est difficile d'en favoriser une en particulier. Selon l'analyse préliminaire réalisée, on peut cependant noter que le seuil de rentabilité pourrait être atteint pour la solution de barrage de glace à Beauceville et pour celle d'endiguement / imperméabilisation à Sainte-Marie.

Afin d'évaluer avec précision la rentabilité des projets, nous recommandons une «analyse coûts-bénéfices» plus élaborée pour chacune des trois solutions retenues, soit:

- les quatre barrages-réservoirs;
- l'endiguement / imperméabilisation (municipalités affectées par les inondations à l'eau libre) + barrage de glace à Beauceville
- l'immunisation / relocalisation / démolition

Une fois en main tous les éléments économiques et sociaux, la meilleure solution pourra alors être identifiée et les intervenants impliqués pourront prendre une décision éclairée.

LISTE DES RÉFÉRENCES

- 1- Groupe-Conseil ROCHE, (1985), *Étude d'impact du projet de protection contre les inondations à Sainte-Marie*, rapport final, Québec.
- 2- Caron, N., (1985), *Protection contre les inondations à ville de Sainte-Marie - Rivière Chaudière*, Note de service, dossier 23906/1913, ministère de l'Environnement du Québec, direction de l'hydraulique.
- 3- Triquet, Claude, (1965), *Plan d'ensemble des travaux remédiateurs de la rivière Chaudière - Contrôle des inondations à la débâcle. Annexe A : Observations cryologiques sur la rivière Chaudière*, Rapport R-1A, Ministère des Richesses Naturelles du Québec, Québec.
- 4- Lacroix, J., et al., (1992), *Rivière Chaudière, rapport sur la réalisation des mesures d'intervention*, rapport du groupe de travail sur les mesures d'intervention sur la rivière présenté au comité consultatif relatif au problème des inondations de la rivière Chaudière, Sainte-Marie.
- 5- Harvey, B., et al, (1968), *Rivière Chaudière - Étude de l'atténuation des crues*, Rapport R-5, ministère des Richesses naturelles du Québec, Québec.
- 6- Groupe-conseil ROCHE, (1984), *Estimation des dommages dus aux inondations à Sainte-Marie (Beauce) - Étude de rentabilité des solutions proposées*, Dossier 3799.0000, Québec.
- 7- Catalogue 62-010 - *Prix à la consommation et indices des prix - Juillet-septembre 1993*.

ANNEXE 1

**LE COMITÉ CONSULTATIF
RELATIF AU PROBLÈME DES INONDATIONS
DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE**

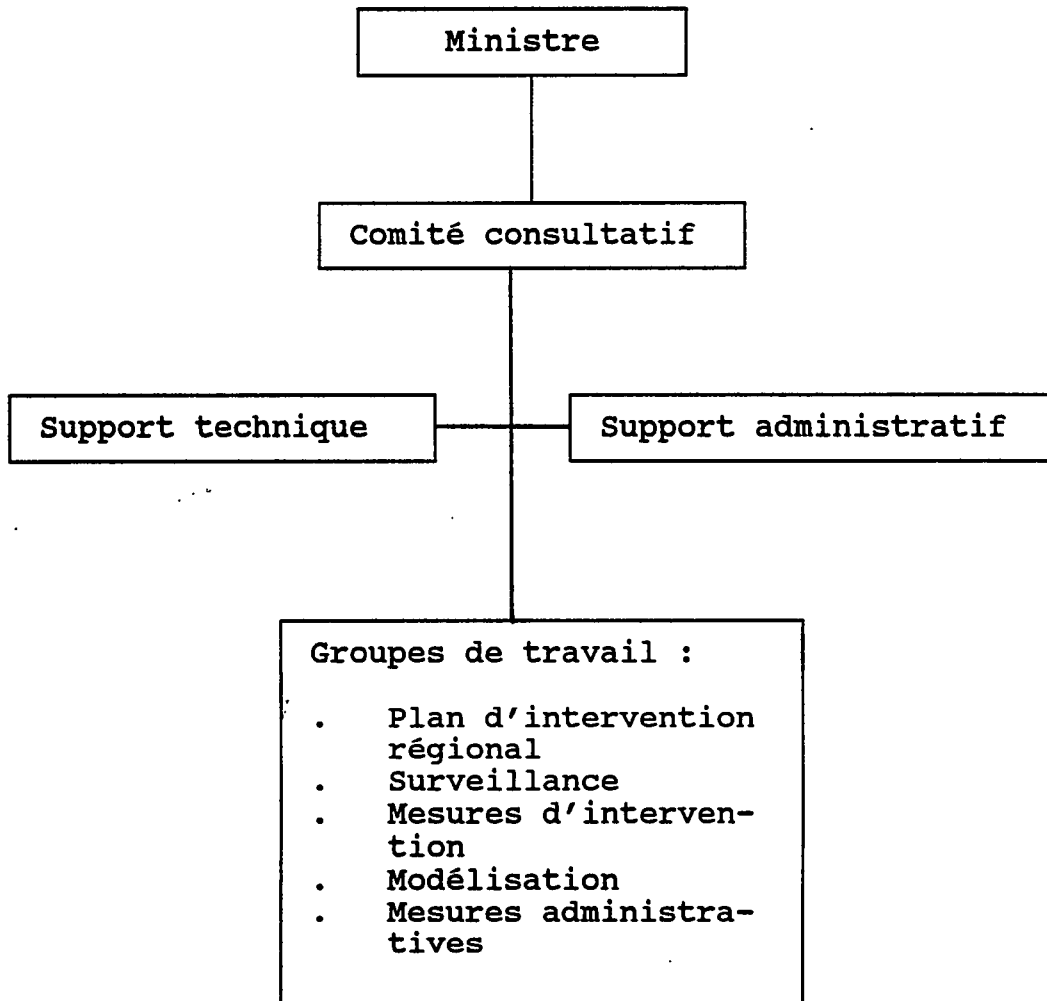
**COMITÉ CONSULTATIF
RELATIF AU PROBLÈME DES INONDATIONS
DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE**

**Document préparé par: Direction générale de la sécurité civile
Ministère de la Sécurité publique**

28 janvier 1992

TABLE DES MATIÈRES

	Page
Structure	1
Mandat et responsabilités du comité consultatif	2
Rôle et responsabilités des membres du comité consultatif	4
Mandat et responsabilités du groupe de travail sur le plan d'intervention régional	6
Mandat et responsabilités du groupe de travail sur la surveillance du débit de la rivière	8
Mandat et responsabilités du groupe de travail sur les mesures d'intervention sur la rivière	9
Mandat et responsabilités du groupe de travail sur l'étude de modélisation	10
Mandat et responsabilités du groupe de travail sur les mesures administratives	11

STRUCTURE

MANDAT ET RESPONSABILITÉS DU COMITÉ CONSULTATIF

Mandat

Le mandat du comité consultatif proposé par le ministre de la Sécurité publique gravite autour de trois grands blocs de fonctions:

- A) - Soumettre des avis aux ministres et aux autorités concernés au sujet des mesures devant être adoptées à court terme, dans l'objectif d'éviter les débordements et la création d'embâcles au printemps prochain et, le cas échéant, d'en minimiser les conséquences.
- B) - Soumettre des avis aux ministres concernant les paramètres de l'étude de modélisation.
- C) - Après le dépôt de l'étude de modélisation, recommander au gouvernement, le cas échéant, la réalisation de mesures visant l'atteinte de solutions à caractère permanent.

Responsabilités

- . Proposer un plan d'intervention à court terme;
 - . Proposer un plan d'intervention régional (mesures d'urgence) à court terme;
 - . Proposer des mesures d'intervention à court terme sur la rivière dans le but de favoriser son écoulement;
 - . Proposer des moyens d'exercer une surveillance accrue du débit et du niveau de la rivière;
- . Assurer l'implication de chacun des représentants participant aux travaux;
- . Donner les orientations générales aux différents groupes de travail;

- . Apprécier la nature globale des interventions opérationnelles mises en place à court terme;
- . Assurer le suivi de la réalisation des travaux;
- . Proposer des paramètres pour l'étude de modélisation;
- . Recommander, le cas échéant, des solutions à caractère permanent suite au dépôt de l'étude de modélisation.
- . Dresser le portrait des mesures administratives en vigueur et, le cas échéant, proposer des mesures complémentaires;

Composition du comité consultatif

- ♦ Président du Comité
et député de Beauce-Nord
- ♦ Vice-président et préfet
de la MRC Robert-Cliche
- ♦ Représentant de la MRC
Beauce-Sartigan
- ♦ Représentant de la MRC
Nouvelle-Beauce
- ♦ Député de Beauce-Sud
- ♦ Représentant de l'UPA
- ♦ Représentant des citoyens
- ♦ Représentant du ministère de
l'Environnement du Québec
(MENVIQ)
- ♦ Représentant du ministère de
la Sécurité publique (MSP)
- ♦ Secrétaire du comité (représentant
du ministère de la Sécurité publique)

**RÔLE ET RESPONSABILITÉS DES MEMBRES
DU COMITÉ CONSULTATIF**

- Président** :
- dirige les réunions;
 - agit à titre de porte parole du Comité;
 - oriente et supervise les travaux du Comité;
 - assume la responsabilité de la réalisation du mandat du Comité;
 - assure la collaboration de tous les membres;
- Membres** :
- représente leur organisme au sein du Comité;
 - s'assure de la collaboration et de l'implication de leur organisme dans les différents groupes de travail.
- Secrétaire** :
- assure le soutien administratif aux différents groupes de travail ainsi qu'au Comité consultatif;
 - effectue le suivi permanent de l'échéancier et y apporte les correctifs requis;
 - prépare les documents de travail des membres du Comité consultatif;
 - s'assure que le M.S.P rencontre les modalités d'organisation relatives à l'étude de modélisation;
 - rédige les procès-verbaux, les ordres du jour des réunions et tous les autres documents officiels du Comité.
 - s'adjoit les ressources nécessaires au fonctionnement du comité;

- Expert technique :**
- détermine les objectifs de chacun des groupes de travail technique;
 - élabore le plan des travaux techniques à réaliser et l'échéancier de ceux-ci;
 - s'adjoit les compétences internes et externes nécessaires à leur réalisation;
 - assure la concertation de ces intervenants et coordonne leurs activités;
 - formule des propositions techniques au Comité;
 - s'assure de répondre adéquatement aux questions techniques éventuelles du Comité;
 - fait rapport au Comité consultatif du degré d'avancement des travaux.

**MANDAT ET RESPONSABILITÉS DU
GROUPE DE TRAVAIL SUR LE PLAN
D'INTERVENTION RÉGIONAL**

Mandat

Proposer des mesures d'intervention régionales (mesures d'urgence) à court terme afin de prévenir les débordements et d'en diminuer les conséquences, le cas échéant.

Responsabilités

- . Identifier les zones d'intervention;
- . Identifier les types d'intervention;
- . Identifier les intervenants;
- . Produire un plan d'intervention régional à court terme;
- . S'assurer du caractère fonctionnel des plans d'intervention municipaux visés par le plan régional;
- . Préparer un plan d'information;
- . Soumettre le plan d'intervention au comité consultatif;
- . Assurer la concertation de tous les intervenants opérationnels;
- . Coordonner les activités de ces intervenants;

Composition du groupe de travail

♦ Représentants par agglomération vulnérable:

Scott-Jonction et Taschereau/Fortier
Sainte-Marie
Vallée-Jonction
Saint-Joseph
Beauceville
Saint-Georges et N.-D. des Pins
Saint-Lambert

- ♦ Représentant du MENVIQ
- ♦ Représentant du MSP
- ♦ Représentants des membres
du comité de sécurité civile
du Québec, de la région de
Québec:
 - MAPAQ
 - CRSSS
 - MENVIQ
 - MTQ
 - MCQ
 - FORETS
 - MAM
 - SQ
- ♦ Experts techniques (selon le besoin)

**MANDAT ET RESPONSABILITÉS DU GROUPE
DE TRAVAIL SUR LA SURVEILLANCE
DU DÉBIT DE LA RIVIÈRE**

Mandat

Proposer des moyens d'exercer une surveillance accrue du débit de la rivière.

Responsabilités

- . Identifier les points d'observation;
- . Identifier les moyens d'observation;
- . Produire des normes et des méthodes;
- . Proposer un plan de surveillance;
- . Informer le groupe de travail chargé du plan régional;
- . Soumettre le plan de surveillance au comité consultatif.

Composition du groupe

- ♦ Représentant de la MRC Robert-Cliche
- ♦ Représentant de la MRC Beauce-Sartigan
- ♦ Représentant de la MRC Nouvelle-Beauce
- ♦ Représentant du MENVIQ
- ♦ Représentant du MSP
- ♦ Représentant d'Environnement-Canada

- ♦ Experts techniques (selon le besoin)
- ♦ Représentants de municipalités (selon le besoin)

**MANDAT ET RESPONSABILITÉS DU GROUPE
DE TRAVAIL SUR LES MESURES
D'INTERVENTION SUR LA RIVIÈRE**

Mandat

Proposer des mesures d'intervention à court terme sur la rivière dans le but de favoriser son écoulement.

Responsabilités

- . Identifier les lieux propices à la création d'embâcles;
- . Identifier les moyens pour y remédier;
- . Proposer les moyens retenus et en évaluer les coûts;
- . Produire un plan d'opération;
- . Soumettre le plan au comité consultatif;

Composition du groupe

- ♦ Représentant de la MRC Robert-Cliche
- ♦ Représentant de la MRC Beauce-Sartigan
- ♦ Représentant de la MRC Nouvelle-Beauce
- ♦ Représentant du MENVIQ
- ♦ Représentant du MSP

- ♦ Experts techniques (selon le besoin)
- ♦ Représentants de municipalités (selon le besoin)

**MANDAT ET RESPONSABILITÉS DU
GROUPE DE TRAVAIL SUR L'ÉTUDE
DE MODÉLISATION**

Mandat

Initier le projet d'étude de modélisation de même qu'assurer le soutien à la réalisation et au suivi.

Responsabilités

- . Développer les paramètres de l'étude;
- . Déterminer le plan de financement local;
- . Soumettre le projet au comité consultatif;
- . Assurer le soutien à la réalisation de l'étude par l'inventaire des données disponibles et la recherche d'informations particulières selon le besoin.
- . Faire le suivi de l'étude par la réception, l'analyse de rapports d'étape;

Composition du groupe

- ♦ Représentants du MSP
- ♦ Représentant du MENVIQ
- ♦ Représentant municipal

NOTE: Dès le début de la réalisation de l'étude proprement dite, le groupe de travail s'est considérablement élargi. Les membres qui se sont ajoutés provenaient des organismes suivants:

- ♦ Représentant d'Environnement Canada
- ♦ Représentant du MAPAQ
- ♦ Représentant du MTQ
- ♦ Représentant du MLCP
- ♦ Représentant du MRN
(secteur forêt)

**MANDAT ET RESPONSABILITÉS DU
GROUPE DE TRAVAIL
SUR LES MESURES ADMINISTRATIVES**

Mandat

Évaluer et proposer divers types de mesures de nature administrative visant à prévenir les débordements et le cas échéant à diminuer les conséquences de ceux-ci.

Responsabilités

- Identifier les facteurs humains suscitant les débordements de la rivière et les solutions susceptibles d'être envisagées;
- Identifier les infrastructures du réseau routier favorisant les débordements;
- Identifier l'impact du drainage agricole et des installations des égoûts pluviaux;
- Identifier les effets du déboisement;
- Évaluer la cohésion des interventions sectorielles;
- Cibler les mesures en ces domaines susceptibles de minimiser le gonflement de la rivière et favoriser son écoulement continu;
- Identifier les secteurs (urbanisés) où les débordements sont les plus susceptibles de se produire et d'affecter les résidences et commerces;
- Dresser la liste de toutes les constructions et restaurations en zones inondables depuis l'établissement de ces zones, qu'elles aient été réalisées conformément ou non à l'entente Canada-Québec;

- Examiner les paramètres de l'entente Canada-Québec sur l'établissement des plaines inondables, vérifier les dérogations accordées au regard des constructions permises en pareilles zones le long de la rivière Chaudière et, le cas échéant, formuler des suggestions relatives à une amélioration des normes contenues à cette entente Canada-Québec;
- Identifier différentes mesures à caractère incitatif susceptibles de favoriser une relocalisation des riverains lorsque cette solution s'avère la plus souhaitable.
- Proposer différentes mesures municipales et d'aménagement du territoire visant à minimiser les conséquences des débordements;
- Proposer toute autre solution à caractère administratif susceptible de prévenir les débordements et, le cas échéant, d'en diminuer les conséquences.

Composition du groupe de travail

- ♦ Représentant du MSP
- ♦ Représentant du MENVIQ
- ♦ Représentant d'Environnement-Canada
- ♦ Représentant de MAM
- ♦ Représentant du MAPAQ
- ♦ Représentant du MTQ
- ♦ Représentants (3) municipaux
- ♦ Représentant de l'UPA

