



# GENIVAR

142  
La gestion de l'eau au Québec

SURF72.1

AUD6212-07-00

## ÉTUDE D'OPTIMISATION DE LA GESTION DE L'EAU DE LA RIVIÈRE SAINT-CHARLES

ISO 9001



5355, boulevard des Gradins, Québec (Québec) Canada G2J 1C8 - télécopieur : (418) 624-1857 - téléphone : (418) 623-2254

ÉTUDE D'OPTIMISATION DE LA  
GESTION DE L'EAU DE LA RIVIÈRE  
SAINT-CHARLES

Rapport final

*présenté à*

*La Ville de Québec*

*par*

*Groupe-conseil Génivar inc.*

DÉCEMBRE 1998

12027

## SOMMAIRE EXÉCUTIF

### ÉTUDE D'OPTIMISATION DE LA GESTION DE L'EAU DE LA RIVIÈRE SAINT-CHARLES

Le présent rapport fait état de l'étude de gestion de l'eau de la rivière Saint-Charles effectuée par le Groupe-conseil Génivar inc. pour la Ville de Québec. Cette étude avait comme objectifs principaux:

- de mettre à jour les données sur l'hydrologie de la rivière Saint-Charles, sur les caractéristiques biologiques de ce milieu et sur l'approvisionnement en eau;
- d'établir la diagnose écologique du lac Saint-Charles en fonction de la qualité de l'eau (cote trophique) et des espèces présentes;
- d'établir un débit écologique pour la rivière Saint-Charles dans le tronçon du cours d'eau compris entre la prise d'eau de la ville de Québec et la rivière Lorette;
- de vérifier la faisabilité d'exploiter la réserve du lac Saint-Charles pour le maintien d'un débit écologique dans la rivière en considérant les diverses composantes naturelles et humaines du lac Saint-Charles.

La première partie de l'étude livre une description générale des milieux physique, biologique et humain. Cette description collige les données et informations existantes auxquelles s'ajoutent les résultats des relevés de terrain requis pour mieux connaître les conditions d'habitat des poissons sous la glace en hiver, de même que les résultats des pêches effectuées dans la rivière et dans le lac pour évaluer la productivité de ces milieux.

Dans le tronçon de la rivière Saint-Charles que couvre cette étude, les caractéristiques hydrologiques ont été établies à partir des débits enregistrés à la station hydrométrique no 050904 opérée par le ministère de l'Environnement et de la Faune. Le débit annuel moyen enregistré à la station est de 8,5 m<sup>3</sup>/s, alors que le débit médian de la période estivale se situe aux environs de 3,2 m<sup>3</sup>/s et que le débit d'étiage estival moyen est de 0,36 m<sup>3</sup>/s. Le volume d'eau soustrait de la rivière Saint-Charles pour l'approvisionnement de l'usine d'eau potable de la Ville de Québec est relativement constant depuis les dix dernières années et varie de 160 000 m<sup>3</sup>/j à un peu plus de 200 000 m<sup>3</sup>/j lors de périodes de grandes demandes à l'été. D'autre part, la qualité de l'eau dans le tronçon à l'étude est bonne pour la vie aquatique et la productivité benthique y est élevée. Neuf espèces de poissons ont été recensées dans la rivière dont l'omble de fontaine. Les captures sportives réalisées dans la rivière ont d'ailleurs permis de récolter des spécimens juvéniles d'omble de fontaine, ce qui indique que cette espèce se reproduit dans la rivière.

En ce qui concerne le lac Saint-Charles, la Ville de Québec possède des pouvoirs découlant de la charte de 1929 relativement à l'utilisation de ce lac comme réservoir d'eau potable. De plus, depuis 1984, un décret adopté par le gouvernement du Québec régularise le niveau de retenue du lac (cote de 150,46 m) de même que le débit minimal à l'aval du barrage (0,09 m<sup>3</sup>/s).

Depuis près de 20 ans, la cote trophique du lac Saint-Charles se classe au stade de mésotrophe avancé. Les effets de l'urbanisation, tels que les apports en eaux usées, l'épandage d'engrais, la disparition graduelle de la bande de végétation riveraine, etc. contribuent à accélérer le processus d'eutrophisation en raison des apports en phosphore. Le marais situé dans la portion nord du lac contribue à ralentir le processus d'eutrophisation en filtrant les eaux provenant du lac Delage et de la rivière des Hurons. Le marais est caractérisé par une flore différente de celle du reste du lac ainsi que de la rivière. Celle-ci est adaptée à la gestion actuelle des niveaux du lac, laquelle comporte des périodes d'exploitation sous la cote normale de retenue, ainsi que des fluctuations graduelles du niveau de l'eau de l'ordre de 20 à 25 cm en moyenne. Par ailleurs, des mesures comme le programme instauré en 1995 par la Ville de Québec pour stabiliser et reboiser ses terrains en bordure du lac, permettent aussi de ralentir le processus d'eutrophisation de ce plan d'eau.

La seconde partie de l'étude porte sur l'évaluation du débit écologique à maintenir dans le tronçon à l'étude de la rivière Saint-Charles. Le débit écologique (ou débit réservé) se définit comme le débit minimal qui doit être maintenu dans un cours d'eau afin d'y assurer divers usages (i.e. faune aquatique, qualité de l'eau, esthétique, etc.). La méthode choisie pour établir ce débit en est une de type : IFIM (Instream Flow Incremental Methodology). Il s'agit d'une méthode hydrobiologique reconnue en Amérique du Nord pour ses capacités à prédire les changements en qualité et en quantité des habitats aquatiques découlant d'une modification ou d'une gestion des débits. Un tronçon de 300 m du cours d'eau localisé dans le parc Chauveau a été sélectionné pour la modélisation du débit écologique. Cette modélisation se fait en deux étapes. D'abord, un modèle hydrodynamique bidimensionnel sert à simuler les conditions hydrauliques retrouvées pour différents débits, puis les résultats de ce modèle sont couplés à des critères biologiques afin de calculer la quantité d'habitat disponible en fonction du débit. Les critères reliés à l'omble de fontaine ont été retenus, car il s'agit d'une espèce indicatrice quant à ses exigences pour la qualité de l'habitat et qu'elle est présente dans le milieu.

Les résultats des analyses ont permis d'identifier les débits écologiques suivants pour la rivière Saint-Charles soit : 0,9 m<sup>3</sup>/s pour la période estivale (1<sup>er</sup> juin au 30 septembre) pendant la croissance des ombles de fontaine juvéniles; 1,3 m<sup>3</sup>/s pendant la fraye ( 1<sup>er</sup> au 31 octobre); et 0,6 m<sup>3</sup>/s en période hivernale (1<sup>er</sup> novembre au 31 mai) pour assurer des conditions de survie des œufs et des poissons sous la glace. En condition d'étiages extrêmes, les débits à maintenir en périodes estivale et hivernale pourraient être ramenés à des valeurs respectives de 0,6 et 0,4 m<sup>3</sup>/s.

La faisabilité d'appliquer le débit réservé est analysée dans la troisième partie de l'étude. À l'aide des informations connues du débit enregistré dans la rivière Saint-Charles et ses tributaires, ainsi que de l'approvisionnement en eau au Château-d'Eau, la gestion de la réserve d'eau du lac Saint-Charles a été simulée pour un été sec, un été moyen et un été humide. Les résultats obtenus indiquent que pour les années d'hydraulicité moyenne et forte, il est faisable de maintenir le débit réservé de 0,9 m<sup>3</sup>/s dans la rivière Saint-Charles en utilisant un minimum d'eau du réservoir du lac Saint-Charles. Dans le cas de l'année type d'hydraulicité faible, il serait nécessaire de puiser plus largement dans le réservoir afin de suppléer au manque à gagner provenant des apports naturels. Ceci se traduirait, par exemple dans le cas de l'année 1989, par un marnage de 0,32 m du lac étalé sur 14 jours.

Depuis 1995, la Ville de Québec a réussi à maintenir un débit relativement près des recommandations de cette étude dans la rivière Saint-Charles et ce même si en réalité, elle n'est tenue par décret de conserver qu'un débit de 0,09 m<sup>3</sup>/s et que la région a connu des étiages estivaux particulièrement sévères en 1995 et 1997. Soulignons que cette gestion récente a pu être réalisée sans causer de problème à son système écologique.

En conclusion, les activités suivantes sont proposées afin de concrétiser les objectifs de cette étude:

- poursuivre l'application des débits réservés recommandés dans cette étude;
- poursuivre le programme de revégétalisation des berges autour du lac pour améliorer la stabilité des berges et la qualité écologique du milieu;
- élaborer un plan d'exploitation du réservoir du lac Saint-Charles;
- élaborer un programme de suivi de l'efficacité des mesures de gestion, tant au niveau du lac que de la rivière.

## ÉQUIPE DE RÉALISATION

---

### *Ville de Québec*

|                               |   |                  |
|-------------------------------|---|------------------|
| Directrice de l'Environnement | : | Madeleine Paulin |
| Service des travaux publics   | : | Jean Lavoie      |
| Usine de traitement d'eau     | : | Louise Labbé     |

### *Groupe-conseil Génivar inc.*

|                                     |   |  |
|-------------------------------------|---|--|
| Directeur de projet                 | : | André Boudreault   |
| Chargé de projet                    | : | Gilles Bourgeois, ing.   |
| Chargé de projet (volet biologique) | : | Jean Therrien, biol.   |
| Collaborateurs                      | : | Claude Lemieux, biol.<br>J.-François Mercier, B. Ing.<br>Éric McNeil, B. Ing.<br>Sylvie Asselin, biol.<br>Jean Boudreault, géom. |
| Activités de terrain                | : | Daniel Dussault<br>Pierre Hébert<br>Claude Lemieux<br>Jacques Mercier<br>Francis Rondeau   |
| Dessin et cartographie              | : | Johanne Boulanger<br>Francis Rondeau   |

---

### **Note**

*Nous tenons à remercier M. Michel Leclerc et son équipe à l'INRS-Eau pour leur collaboration et pour la permission d'utiliser le modèle Hydrosim dans le contexte de cette étude.*

### **Référence à citer:**

BOURGEOIS, G., J. THERRIEN, J.-F. MERCIER, E. McNEIL et A. BOUDREAU. 1998. Étude d'optimisation de la gestion de l'eau de la rivière Saint-Charles. Rapport réalisé par le Groupe-conseil Génivar inc. pour la Ville de Québec. 112 p. + annexes.

## TABLE DES MATIÈRES

|  | <i>Page</i> |
|--|-------------|
| SOMMAIRE EXÉCUTIF.....                                       | i           |
| ÉQUIPE DE RÉALISATION.....                                   | iii         |
| TABLE DES MATIÈRES.....                                      | iv          |
| LISTE DES TABLEAUX.....                                      | vi          |
| LISTE DES FIGURES.....                                       | viii        |
| LISTE DES ANNEXES.....                                       | x           |
| 1. INTRODUCTION.....   | 1           |
| 2. DESCRIPTION DU MILIEU.....                                | 3           |
| 2.1 Milieu physique.....                                     | 3           |
| 2.1.1 Zone à l'étude.....                                    | 3           |
| 2.1.2 Description générale du lac et de la rivière.....      | 3           |
| 2.1.2 Géologie et géomorphologie.....                        | 5           |
| 2.1.2.1 Géologie.....  | 5           |
| 2.1.2.2 Géomorphologie.....                                  | 7           |
| 2.1.3 Hydrologie.....  | 8           |
| 2.1.4 Conditions climatiques.....                            | 10          |
| 2.1.5 Régime des glaces.....                                 | 10          |
| 2.1.6 Qualité de l'eau.....                                  | 13          |
| 2.1.6.1 Lac Saint-Charles.....                               | 13          |
| 2.1.6.2 Rivière Saint-Charles.....                           | 18          |
| 2.2 Milieu biologique.....                                   | 19          |
| 2.2.1 Associations végétales.....                            | 19          |
| 2.2.2 Faune avienne, terrestre et semi-aquatique.....        | 22          |
| 2.2.2.1 Faune avienne.....                                   | 22          |
| 2.2.2.2 Faune terrestre et semi-aquatique.....               | 23          |
| 2.2.3 Faune benthique et dérive d'insectes.....              | 25          |
| 2.2.3.1 Sélection des stations.....                          | 25          |
| 2.2.3.2 Méthodologie.....                                    | 25          |
| 2.2.3.3 Traitement des données.....                          | 28          |
| 2.2.3.4 Résultats et discussion.....                         | 29          |
| 2.2.4 Faune ichtyenne.....                                   | 31          |
| 2.2.4.1 Inventaires antérieurs.....                          | 31          |
| 2.2.4.2 Pêches complémentaires.....                          | 35          |
| 2.3 Milieu humain.....                                       | 39          |
| 2.3.1 Organisation administrative et démographie.....        | 39          |
| 2.3.2 Tenure des terres et zonage municipal.....             | 39          |
| 2.3.3 Infrastructures en place.....                          | 41          |
| 2.3.3.1 Barrages.....  | 41          |
| 2.3.3.2 Autres aménagements.....                             | 42          |
| 2.3.4 Utilisation du lac et de la rivière Saint-Charles..... | 43          |

## TABLE DES MATIÈRES (suite)

|  | <i>Page</i> |
|--|-------------|
| 3. ÉVALUATION DU DÉBIT ÉCOLOGIQUE.....   | 46          |
| 3.1 Choix de la méthode d'analyse.....   | 46          |
| 3.1.1 Aperçu des méthodes existantes.....                                      | 46          |
| 3.1.2 Approche proposée et justification.....                                  | 47          |
| 3.2 Sélection du site.....   | 47          |
| 3.2.1 Choix du site d'étude.....   | 49          |
| 3.3 Élaboration des modèles.....   | 49          |
| 3.3.1 Modèle hydrodynamique.....   | 49          |
| 3.3.1.1 Relevés physiques.....   | 53          |
| 3.3.1.2 Maillage.....  | 55          |
| 3.3.1.3 Élaboration du modèle de terrain.....                                  | 55          |
| 3.3.1.4 Cartographie des substrats.....  | 57          |
| 3.3.1.5 Conditions aux frontières du modèle hydrodynamique.....                | 57          |
| 3.3.1.6 Calibration et validation du modèle hydrodynamique.....                | 59          |
| 3.3.2 Modèles d'habitat.....   | 65          |
| 3.3.2.1 Critères d'habitat.....  | 65          |
| 3.3.2.2 Méthode d'application au modèle hydrodynamique.....                    | 66          |
| 3.4 Résultats des simulations.....   | 71          |
| 3.4.1 Habitats d'alevinage.....  | 71          |
| 3.4.1.1 Variabilité en fonction du débit.....                                  | 71          |
| 3.4.1.2 Débit optimal.....   | 75          |
| 3.4.2 Habitats de fraie.....   | 75          |
| 3.4.2.1 Variabilité en fonction du débit.....                                  | 75          |
| 3.4.2.1 Débit optimal.....   | 77          |
| 3.4.3 Habitats pour les adultes.....   | 77          |
| 3.4.3.1 Superficie mouillée.....   | 77          |
| 3.4.3.2 Ombrage.....   | 77          |
| 3.5 Discussions sur le débit écologique.....                                   | 77          |
| 4. GESTION DU LAC SAINT-CHARLES.....   | 83          |
| 4.1 Simulations de la gestion du lac Saint-Charles.....                        | 83          |
| 4.1.1 Informations disponibles.....  | 83          |
| 4.1.2 Approche retenue pour la réalisation des simulations.....                | 84          |
| 4.1.2.1 Reconstitution des séries de débits évacués du lac Saint-Charles.....  | 89          |
| 4.1.2.2 Reconstitution des séries d'apports naturels au lac Saint-Charles..... | 90          |
| 4.2 Résultats.....   | 94          |
| 4.3 Discussion et considérations pratiques.....                                | 96          |
| 4.4 Suivi de la gestion des débits.....  | 98          |
| 5. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....  | 105         |
| 6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....  | 108         |

## LISTE DES TABLEAUX

|              |   | <i>Page</i> |
|--------------|---|-------------|
| TABLEAU 2.1  | Conditions hydrométriques de la rivière Saint-Charles de 1969 à 1995.....   | 9           |
| TABLEAU 2.2  | Étude statistique des débits d'étiage (en m <sup>3</sup> /s) de la rivière Saint-Charles mesurés à la station 050904 entre le 1 <sup>er</sup> juin et le 30 septembre (données de 1969 - 1995)..... | 10          |
| TABLEAU 2.3  | Données de température et de précipitation dans le bassin de la rivière Saint-Charles de 1971 à 1990.....   | 12          |
| TABLEAU 2.4  | Liste des mammifères susceptibles d'être retrouvés en périphérie du lac et de la rivière Saint-Charles.....   | 24          |
| TABLEAU 2.5  | Caractéristiques physiques des stations d'échantillonnage du benthos dans la rivière Saint-Charles le 22 juillet 1997.....  | 28          |
| TABLEAU 2.6  | Densité et dénombrement des espèces benthiques échantillonnées le 22 juillet 1997 dans la rivière Saint-Charles.....  | 30          |
| TABLEAU 2.7  | Densité moyenne et indices de diversité et de régularité des espèces benthiques récoltées en été (juillet et août) dans différentes rivières du Québec.....   | 32          |
| TABLEAU 2.8  | Espèces ichtyennes recensées dans le réseau hydrographique de la rivière Saint-Charles.....   | 34          |
| TABLEAU 2.9  | Effort de pêche dans le lac (heure) et dans la rivière Saint-Charles (m <sup>2</sup> ), par engin, du 23 au 25 juillet 1997.....  | 36          |
| TABLEAU 2.10 | Nombre (N) et abondance relative (%) des espèces de poisson capturées dans le lac et la rivière Saint-Charles du 23 au 25 juillet 1997.....   | 38          |
| TABLEAU 3.1  | Identification des types de faciès et des types de substrat retenus pour l'évaluation des sites préférentiels pour l'évaluation du débit écologique de la rivière Saint-Charles.....                | 48          |
| TABLEAU 3.2. | Caractéristiques des sites pré-sélectionnés pour l'étude.....   | 53          |
| TABLEAU 3.3  | Caractéristiques des classes granulométriques.....  | 59          |
| TABLEAU 3.4  | Diamètre moyen des assemblages granulométriques.....  | 59          |
| TABLEAU 3.5  | Résultats des jaugeages réalisés.....   | 60          |
| TABLEAU 3.6  | Calibration du modèle hydrodynamique avec les vitesses de courant.....  | 62          |

## LISTE DES TABLEAUX (suite)

|              | <i>Page</i>  |
|--------------|--|
| TABLEAU 3.7  | Calibration du modèle hydrodynamique avec les profondeurs d'écoulement.....62  |
| TABLEAU 3.8  | Validation du modèle hydrodynamique pour les vitesses de courant et les profondeurs d'écoulement au débit de 1,6 m <sup>3</sup> /s. ....65   |
| TABLEAU 3.9  | Évaluation des volumes d'eau à puiser dans le lac Saint-Charles (entre le 1 <sup>er</sup> juin et le 30 septembre) pour assurer un débit réservé à la station 050904 de la rivière Saint-Charles selon trois scénarios.....81                    |
| TABLEAU 4.1. | Statistiques mensuelles des débits enregistrés à la station 050904 sur la rivière Saint-Charles.....101  |
| TABLEAU 4.2  | Statistiques des étiages estivaux (1 <sup>er</sup> juin au 30 septembre) sur la rivière Montmorency (période de 1965 à 1995).....102   |
| TABLEAU 4.3  | Débits estivaux observés (en m <sup>3</sup> /s) sur les rivières Montmorency et Saint-Charles (le chiffre entre parenthèses indique la récurrence du débit en années). ....103   |
| TABLEAU 4.4  | Évaluation des volumes d'eau supplémentaires à puiser dans le lac Saint-Charles (entre le 1 <sup>er</sup> juin et le 30 septembre) afin d'assurer un débit réservé à la station 050904 de la rivière Saint-Charles selon trois scénarios.....104 |

## LISTE DES FIGURES

|  | <i>Page</i> |
|--|-------------|
| FIGURE 2.1 Bassin versant de la rivière Saint-Charles et localisation du tronçon à l'étude. ....   | 4           |
| FIGURE 2.2 Profil longitudinal de la rivière Saint-Charles.....  | 6           |
| FIGURE 2.3 Caractéristiques hydrologiques de la rivière Saint-Charles à la station 050904 de 1969 à 1995.....  | 11          |
| FIGURE 2.4 Localisation des stations d'échantillonnage du couvert de glace, à l'hiver 1997, dans le tronçon à l'étude de la rivière Saint-Charles.....           | 14          |
| FIGURE 2.5 Observations du couvert de glace sur la rivière Saint-Charles (dans le parc Chauveau) à l'hiver 1997.....   | 15          |
| FIGURE 2.6 Localisation des stations d'échantillonnage du benthos et des pêches exploratoires dans le tronçon à l'étude de la rivière Saint-Charles.....         | 27          |
| FIGURE 2.7 Localisation des stations de pêches exploratoires et de quelques infrastructures dans le lac Saint-Charles.....                                       | 37          |
| FIGURE 3.1 Identification des habitats salmonicoles et des sites d'étude sur le cours principal de la rivière Saint-Charles.....                                 | 50          |
| FIGURE 3.2 Carte bathymétrique et localisation des relevés bathymétriques réalisés sur la rivière Saint-Charles.....   | 54          |
| FIGURE 3.3 Maillage des éléments finis utilisés pour la modélisation hydrodynamique d'un tronçon de la rivière Saint-Charles.....                                | 56          |
| FIGURE 3.4 Classes de substrat observées sur le tronçon modélisé de la rivière Saint-Charles.....  | 58          |
| FIGURE 3.5 Comparaison des limites de la surface mouillée pour les débits de calibration dans le tronçon modélisé de la rivière Saint-Charles.....               | 63          |
| FIGURE 3.6 Validation des vitesses de courant et des limites de la superficie mouillée pour un débit de 1,6 m <sup>3</sup> /s.....                               | 64          |
| FIGURE 3.7 Courbe d'acceptabilité de la vitesse moyenne du courant au-dessus des sites de fraie durant le développement embryonnaire de l'omble de fontaine..... | 67          |
| FIGURE 3.8 Courbe d'acceptabilité du pourcentage de la surface du cours d'eau ombragée entre 10 h et 14 h.....   | 67          |
| FIGURE 3.9 Courbe d'acceptabilité de trois variables physiques pour les alevins de salmonidés.....   | 68          |

## LISTE DES FIGURES (suite)

|             | <i>Page</i>   |
|-------------|---|
| FIGURE 3.10 | Indice de préférence des alevins en fonction de la profondeur, de la vitesse et du substrat pour un débit de 0,6 m <sup>3</sup> /s. ....72  |
| FIGURE 3.11 | Comparaison des simulations d'habitats pour des débits de 0,6 et 9,2 m <sup>3</sup> /s dans le tronçon modélisé de la rivière Saint-Charles.....73                                |
| FIGURE 3.12 | Relation entre le débit et l'habitat des alevins en fonction de a) l'aire pondérée utilisable et b) la superficie dont l'indice global d'acceptabilité est supérieur à 0,4.....74 |
| FIGURE 3.13 | Relation entre le débit et l'habitat de fraie en fonction de a) l'indice d'acceptabilité pour la vitesse du courant et b) la superficie relative des sites de fraie. ....76       |
| FIGURE 3.14 | Relation entre le débit et l'habitat des adultes basée sur a) la superficie mouillée et b) le taux de variation de la superficie mouillée.....78                                  |
| FIGURE 3.15 | Relation entre le débit et la surface relative du cours d'eau ombragée entre 10 h et 14 h en été.....79   |
| FIGURE 4.1  | Demande journalière en eau potable puisée dans la rivière Saint-Charles à l'usine de traitement de la Ville de Québec. ....85   |
| FIGURE 4.2  | Évolution du niveau d'eau du lac Saint-Charles du 1 <sup>er</sup> mai au 31 octobre.....86  |
| FIGURE 4.3  | Hydrogramme des débits à la sortie du lac Saint-Charles ainsi que des rivières Jaune et Nelson.....92   |
| FIGURE 4.4  | Hydrogrammes des apports naturels au lac Saint-Charles ainsi que des rivières Jaune et Nelson.....93  |
| FIGURE 4.5  | Hydrogrammes estivaux de la rivière Saint-Charles enregistrés à la station 050904 entre 1995 et 1998.....100  |

## **LISTE DES ANNEXES**

- ANNEXE 1      Répertoire photographique
  
- ANNEXE 2      Stratification thermique et oxygène dissous dans le bassin nord du lac Saint-Charles en 1996
  
- ANNEXE 3      Milieu biologique : données de référence
  
- ANNEXE 4      Modélisation hydrodynamique
  
- ANNEXE 5      Gestion de l'eau du lac Saint-Charles

# 1. INTRODUCTION

---

En 1848, la Ville de Québec, avec une population d'environ 15 000 habitants, commandait une étude à M. Georges R. Baldwin, ingénieur civil, afin d'analyser le potentiel d'approvisionnement en eau potable des cours d'eau avoisinant l'agglomération. En 1853, à la suite des conclusions de cette étude, la Ville acquerrait des droits de prélèvements de l'eau de la rivière Saint-Charles et y aménageait ses premières installations d'approvisionnement. Aujourd'hui, près d'un siècle et demi plus tard, la rivière fournit toujours l'eau potable pour une population qui est maintenant 20 fois plus élevée.

La prise d'eau de la ville s'alimente du débit provenant des deux tiers du bassin versant de la rivière Saint-Charles et bénéficie d'un réservoir, le lac Saint-Charles, dont la réserve utile (volume d'eau disponible pour l'approvisionnement) est d'environ 10 000 000 m<sup>3</sup> (Rochette, Rochefort et associés Itée, 1974). L'utilisation des débits de la rivière pour l'approvisionnement en eau potable est variable au cours de l'année, mais c'est en été, pendant la canicule, que la demande est la plus élevée avec des volumes journaliers variant de 160 000 m<sup>3</sup> à un peu plus de 200 000 m<sup>3</sup>. C'est aussi à cette période que la rivière Saint-Charles, en tant que milieu naturel vivant, a grandement besoin d'eau pour assurer le maintien des espèces qu'elle abrite.

En 1974, l'étude de Rochette et Rochefort recommandait de laisser un débit résiduel de 0,14 m<sup>3</sup>/s (5 pi<sup>3</sup>/s) en aval de la prise d'eau puisque c'était la plus faible valeur enregistrée dans les statistiques disponibles à l'époque. En 1984, le ministère de l'Environnement du Québec (MENVIQ) exigeait par décret un débit minimum de 0,09 m<sup>3</sup>/s à l'aval du barrage du lac Saint-Charles, c'est-à-dire environ 4 % du débit d'étiage estival naturel à l'endroit de la prise d'eau.

Dans un souci de maintenir les fonctions vitales de la rivière et du lac et d'atteindre une gestion intégrée des usages de l'eau du bassin de la Saint-Charles, les autorités de la Ville de Québec désirent obtenir une expertise sur les aspects suivants de la problématique :

## *Phase I:*

1. L'actualisation des données sur l'hydrologie de la rivière, sur les caractéristiques biologiques de ce milieu et sur l'approvisionnement en eau.
2. La diagnose écologique du lac en fonction de la qualité de l'eau (cote trophique) et des espèces présentes;

3. L'évaluation du débit nécessaire au maintien de la vie aquatique et semi-aquatique dans le tronçon de la rivière compris entre Château d'Eau et la rivière Lorette
4. La faisabilité d'exploiter la réserve du lac Saint-Charles pour le maintien d'un débit écologique dans la rivière en considérant les diverses composantes naturelles et humaines du lac Saint-Charles;

*Phase II:*

5. L'analyse de scénarios de gestion et l'évaluation des enjeux qui s'y rattachent.
6. Le plan de gestion des divers usages de l'eau et les critères d'opération des ouvrages de contrôle.

C'est dans ce contexte que la ville de Québec a mandaté le Groupe-conseil Génivar inc. afin de procéder à la réalisation de la première étape de cette démarche. Ainsi, ce rapport couvre la Phase I et présente au chapitre 2 une description des milieux physique, biologique et humain. Le chapitre 3 propose une évaluation du débit réservé pour la rivière Saint-Charles, dans le tronçon compris entre Château d'Eau et la rivière Lorette. Puis, une analyse sommaire des possibilités d'optimisation de la gestion de l'eau, à partir du réservoir du lac Saint-Charles, est abordé au chapitre 4. Enfin, une conclusion et des recommandations complètent le rapport.

## 2. DESCRIPTION DU MILIEU

---

Ce chapitre livre une synthèse de l'information pertinente touchant le milieu à l'étude soit la rivière Saint-Charles et le lac Saint-Charles.

On y retrouve une description du milieu physique (bassin versant, hydrologie, géomorphologie, qualité de l'eau) du milieu biologique (faunes terrestre, avienne, benthique, ichtyenne), ainsi que du milieu humain (organisation administrative, infrastructures, activités).

### 2.1 Milieu physique

#### 2.1.1 Zone à l'étude

Le réseau hydrographique de la rivière Saint-Charles est localisé entre les rivières Jacques-Cartier et Montmorency et se jette dans le fleuve Saint-Laurent à la hauteur de la Ville de Québec. Pour les fins de l'étude, le bassin est divisé en deux parties : la partie amont se drainant dans le lac Saint-Charles, ainsi que la partie aval composée de la rivière Saint-Charles et de ses tributaires (Figure 2.1), soit plus particulièrement le tronçon de la rivière Saint-Charles situé entre Château d'Eau et la rivière Lorette.

Ces deux secteurs ont été choisis en raison, d'une part, du rôle du lac Saint-Charles pour l'approvisionnement en eau de la Ville de Québec et, d'autre part, parce que ce tronçon du cours d'eau offre un potentiel écologique intéressant même si son régime hydrologique est grandement influencé par la gestion du lac Saint-Charles et par les ponctions d'eau effectuées à Château d'Eau pour approvisionner la Ville de Québec et sa clientèle.

#### 2.1.2 Description générale du lac et de la rivière

##### ***Lac Saint-Charles***

Le bassin versant du lac Saint-Charles draine un territoire de 165,8 km<sup>2</sup> sis entre les rivières Jacques-Cartier et Montmorency. Ses principaux tributaires sont la rivière des Hurons et la décharge du lac Delage, qui se déversent tous deux dans la partie nord du lac. Les décharges des lacs des Deux-Truites, Savard et à la Cache se jettent dans sa partie est et celles des lacs du Sud-Ouest et de l'Aqueduc dans sa partie ouest. Enfin, le lac Saint-Charles est la source de la rivière Saint-Charles.

Le lac Saint-Charles, d'une superficie de 3,6 km<sup>2</sup>, a un volume d'environ 15 hm<sup>3</sup> dont 10 hm<sup>3</sup> en volume utile. Sa bathymétrie est caractérisée par deux bassins reliés par un passage étroit et relativement peu profond (4 m). Le bassin nord possède une

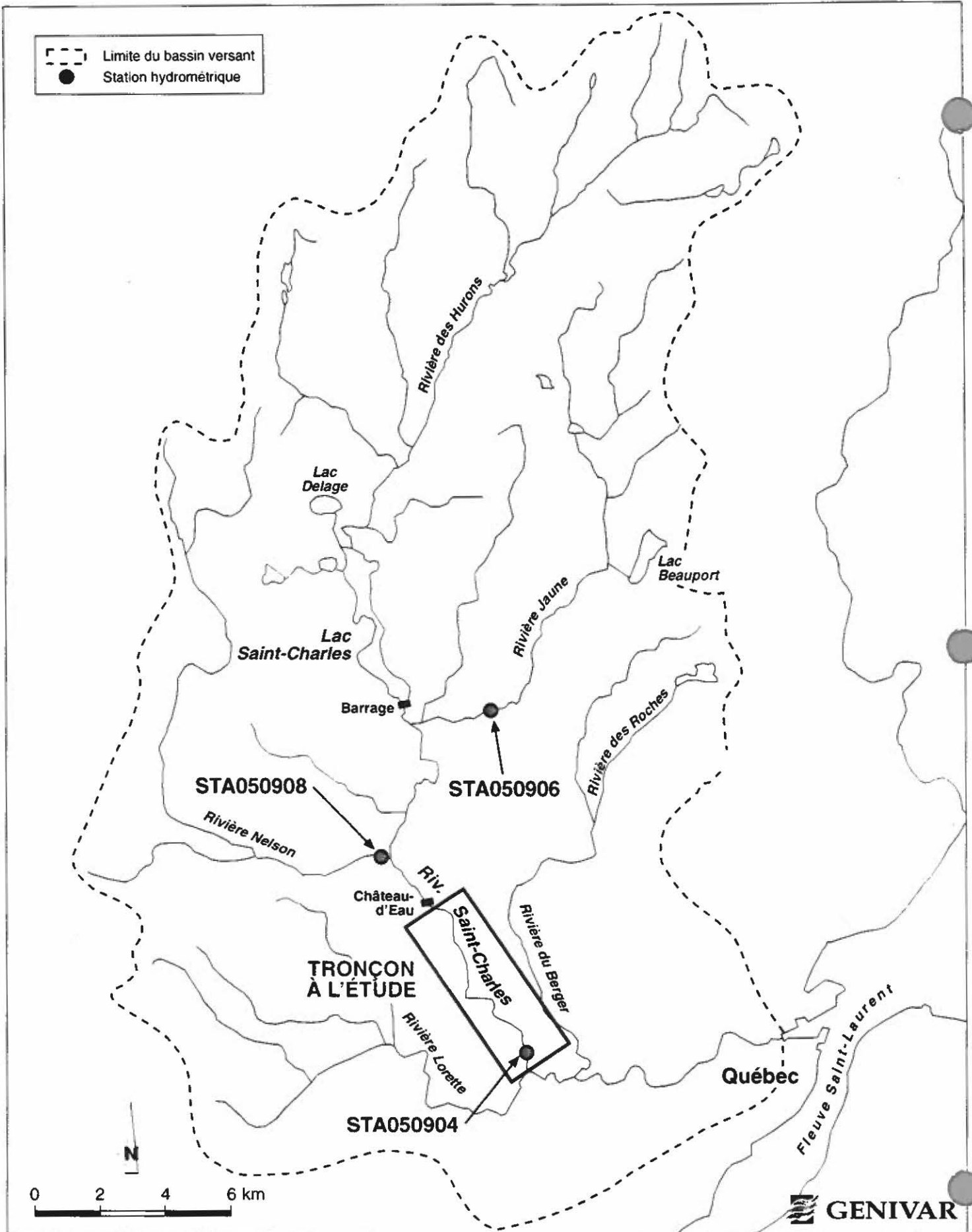


FIGURE 2.1 Bassin versant de la rivière Saint-Charles et localisation du tronçon à l'étude.

topographie plus variée et est plus profond que le bassin sud dont la profondeur n'excède pas quatre mètres. Constituant le réservoir d'eau potable de la Ville de Québec, son niveau d'eau est régularisé à partir du barrage construit immédiatement à l'exutoire du lac. Les caractéristiques de la gestion du lac seront élaborées plus en détail dans la section traitant du milieu humain.

### ***Rivière Saint-Charles***

À partir du lac Saint-Charles, la rivière coule sur une distance de 32,4 km, passe au coeur de la Ville de Québec et débouche dans le fleuve Saint-Laurent. Le réseau hydrographique de la rivière, incluant celui du lac, draine un bassin versant de 513 km<sup>2</sup>. Les quatre principaux tributaires du cours d'eau principal sont, par ordre d'importance, les rivières Jaune (82,7 km<sup>2</sup>), Nelson (68,1 km<sup>2</sup>), Lorette (65,3 km<sup>2</sup>), et du Berger (52,7 km<sup>2</sup>). Notons que ces tributaires sont aussi rencontrés dans le même ordre de l'amont de la rivière vers son embouchure.

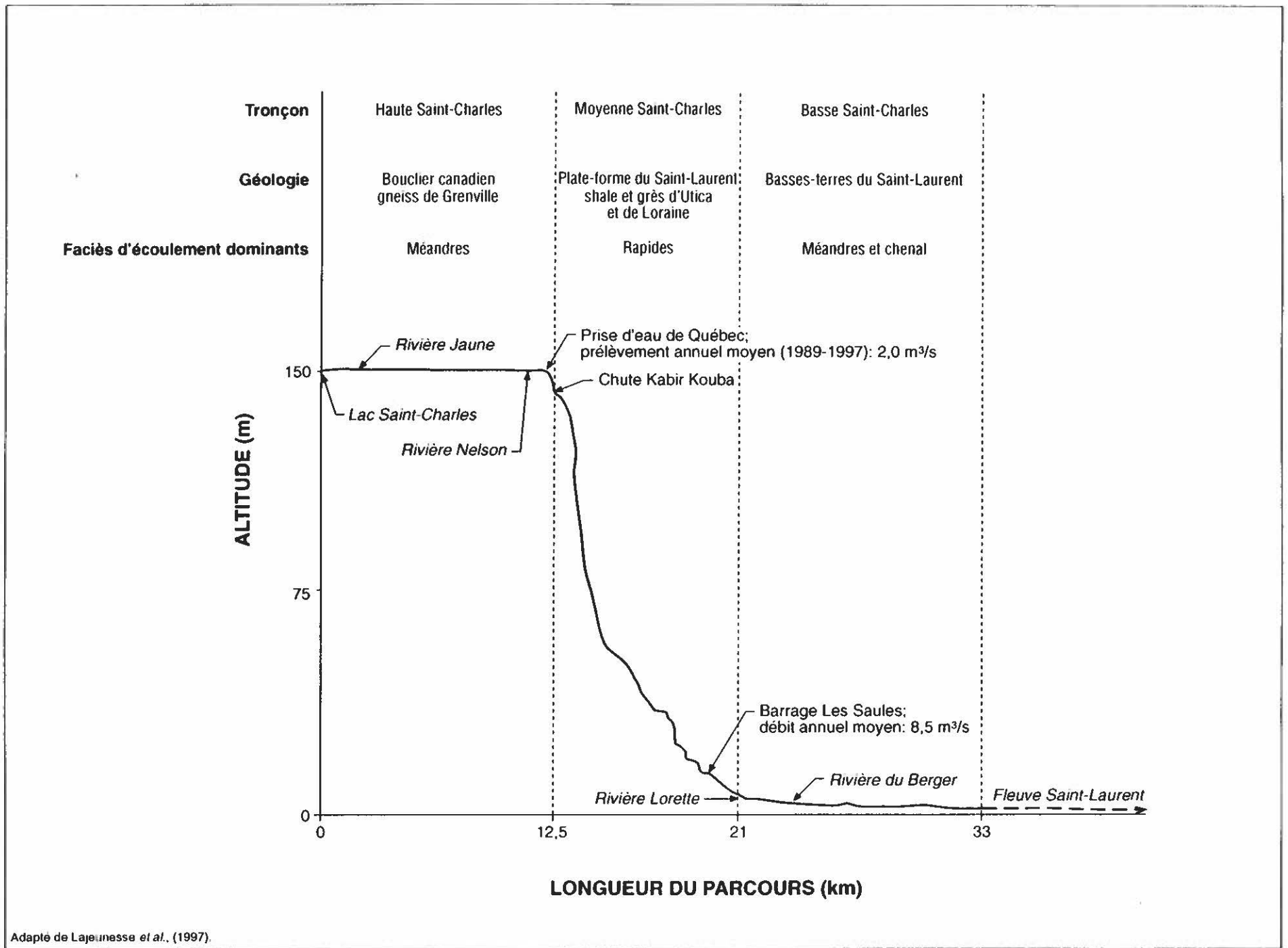
La rivière se divise en trois sections physiographiques distinctes soit la haute, la moyenne et la basse Saint-Charles (Figure 2.2). La Haute Saint-Charles comprend le lac jusqu'à la chute Kabir Kouba. Elle est caractérisée par une plaine inondable large, par un écoulement lent et sinueux et par une pente très faible (0,3 %). C'est là que se situe la prise d'eau de la Ville de Québec, à Château d'Eau, un peu en aval de l'embouchure de la rivière Nelson. À cet endroit, la superficie du bassin est de l'ordre de 322 km<sup>2</sup>. La rivière Jaune se jette également dans la Saint-Charles à l'intérieur cette section.

La Moyenne Saint-Charles débute à la chute Kabir Kouba pour se terminer à la rivière Lorette. Cette section ne reçoit les eaux d'aucun affluent. Son parcours débute par la chute Kabir Kouba, dont le dénivelé est d'environ 13 m, pour se poursuivre en cascades et en rapides sur une pente assez forte de 1,1 %. Souvent encaissée dans des vallées profondes, la rivière est peu sinueuse mais subit, selon l'orientation des structures géologiques, des changements majeurs de direction. Dans la dernière section, soit de la rivière Lorette à son embouchure, la rivière Saint-Charles s'écoule lentement d'ouest en est selon un tracé très sinueux parsemé de méandres et dont la pente générale est très faible.

#### 2.1.2 Géologie et géomorphologie

##### 2.1.2.1 Géologie

Le territoire couvert par le bassin versant de la rivière Saint-Charles chevauche trois provinces géologiques distinctes. La province géologique de Grenville couvre 75 % du bassin soit toute la partie nord (Haute Saint-Charles) incluant le lac Saint-Charles,



Adapté de Lajeunesse *et al.*, (1997).

#12027

FIGURE 2.2 Profil longitudinal de la rivière Saint-Charles.

la rivière Jaune, la rivière Nelson et le cours principal de la rivière jusqu'à la chute Kabir Kouba (Figure 2.2). Toute cette zone correspond au massif des Laurentides qui est caractérisé par des gneiss charnockitiques, des migmatites et des roches intrusives déformées d'âge protérozoïque (> 2 500 millions d'années).

Plus au sud (Moyenne Saint-Charles), le piémont domine avec une topographie de petites collines et de terrasses parsemées de cuvettes. Cette zone comprend la section de rivière entre la chute Kabir Kouba et la rivière Lorette, d'une longueur de 8,4 km. Elle appartient la province géologique de la plate-forme du Saint-Laurent qui est associée à la période de l'Ordovicien moyen d'âge paléozoïque (environ 500 millions d'années). Les matériaux qui la caractérisent sont le calcaire de Trenton, des grès et des shales (St-Julien, 1995).

À l'extrême sud du bassin (Basse Saint-Charles), soit entre la rivière Lorette et l'embouchure de la Saint-Charles, se trouve la dépression de Cap-Rouge - Limoilou qui vient s'appuyer sur la colline de Québec. Cette dépression est formée de roches allochtones (shales et mudstones) et appartient au domaine appalachien de la province géologique du paléozoïque inférieur.

#### 2.1.2.2 Géomorphologie

À plus de 150 m d'altitude, les dépôts meubles du bassin versant de la rivière Saint-Charles sont caractérisés par une mince couche morainique (<1,5 m) construite, lors du passage des glaciers, à partir des roches ignées précambriennes du Bouclier Laurentidien.

À une altitude inférieure à 150 m, les dépôts présentent une forte variabilité spatiale et structurale. Lors de la déglaciation (environ 10 000 ans BP) plusieurs événements se sont succédés : fonte et ré-avancée glaciaires, relèvement isostatique et finalement invasion glacio-marine et marine. Ces événements ont déposé puis remanié des sédiments de type fluvio-glaciaires, sablo-graveleux des vallées supérieures, glacio-lacustres limoneux, complexes de moraine frontale sablo-graveleux, moraine remaniée par la mer de Champlain, littoraux sablo-graveleux, estuarien limoneux, marin argileux et quelques dépôts tourbeux.

La section de la Haute Saint-Charles coule dans des sédiments fluviatiles fins qui reposent sur des dépôts limono-argileux de la mer de Champlain qui, à leur tour, reposent sur des sables fluvio-glaciaires ou sur des dépôts morainiques. La section de la Moyenne Saint-Charles a peu de dépôts meubles en raison de l'encaissement du cours d'eau dans les roches sédimentaires et de la pente qui est très forte. Le dernier tronçon, celui de la Basse Saint-Charles, est creusé dans des sédiments estuariens limoneux et argileux de la mer de Champlain.

### 2.1.3 Hydrologie

Le régime hydrologique de la rivière Saint-Charles est complexe, principalement en raison de facteurs d'ordre topographique, biogéographique et humain. En fait, l'activité humaine influence fortement le comportement hydrologique de la rivière en raison de l'urbanisation sur la totalité de son parcours et de la présence d'un barrage de gestion de l'eau à l'exutoire du lac Saint-Charles.

Le ministère de l'Environnement et de la Faune (MEF) opère depuis 1968 une station hydrométrique (n° 050904), située sur le cours principal de la rivière Saint-Charles, à 0,8 km en amont de sa confluence avec la rivière Lorette (Figure 2.1). Le MEF considère que la précision de la station est bonne en période d'eau libre et acceptable en condition de glace (MENVIQ, 1991). Des jaugeages ont été réalisés à des débits très faibles (i.e. 0,065 m<sup>3</sup>/s) pour établir la courbe de tarage de la station. L'erreur relative pour un jaugeage à si faible débit peut être de l'ordre de 50 % et plus. Des stations hydrométriques sur les rivières Nelson (n° 050908) et Jaune (n° 050906), deux des tributaires principaux de la rivière Saint-Charles, ont généré des séries partielles de débits entre 1983 et 1989. De plus, la Ville de Québec enregistre les quantités d'eau brutes qui alimentent son usine de traitement des eaux.

Quelques études récentes abordent l'aspect hydrologique du bassin de la rivière Saint-Charles (Barabé, 1989; MENVIQ, 1990a; Beaulieu *et al.*, 1992). La première étude porte essentiellement sur une analyse de certains événements de crue printanière qui se sont produits sur le cours d'eau, alors que la deuxième étude avait comme objectif la cartographie des zones inondables de la rivière Saint-Charles et de ses principaux tributaires. Par contre, ces deux études n'abordent pas la problématique des débits d'étiage.

L'étude de Beaulieu *et al.* (1992), qui porte sur la mise en valeur du lac Saint-Charles, aborde la problématique des étiages en suggérant de nouvelles options pour l'approvisionnement en eau compte tenu, entre autres, de la faiblesse des débits enregistrés à la station 050904 en 1989 et en 1991. Les auteurs attribuent au réchauffement de la planète les faibles débits observés, ce qui nous semble une hypothèse encore théorique puisque les étés de 1992, de 1993 et surtout de 1996 ont été passablement pluvieux au Québec.

Dans le contexte de cette étude, une caractérisation de l'hydrologie du bassin versant en plusieurs points est requise. L'analyse des apports du lac Saint-Charles et des rivières Jaune et Nelson sera présentée au chapitre 4. Le tableau 2.1 livre les conditions hydrométriques calculées pour la rivière Saint-Charles à partir des relevés provenant de la station 050904.

TABLEAU 2.1 Conditions hydrométriques de la rivière Saint-Charles de 1969 à 1995.

| Caractéristiques des débits journaliers  | Valeur extrême enregistrée | Période de récurrence (ans) |      |       |      |      |       |      |       |      |      |      |
|--|----------------------------|-----------------------------|------|-------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|
|  |                            | 2                           | 5    | 10    | 20   | 50   | 100   |      |       |      |      |      |
| <b>Station 050904</b>                    |                            |                             |      |       |      |      |       |      |       |      |      |      |
| Crue printanière (m <sup>3</sup> /s)     | 104,4                      | 63,0                        | 75,0 | 80,0  | 84,0 | 88,0 | 90,0  |      |       |      |      |      |
| Crue estivale (m <sup>3</sup> /s)        | 59,2                       | 32,0                        | 45,4 | 52,5  | 58,4 | 65,2 | 69,7  |      |       |      |      |      |
| Étiage hivernal (m <sup>3</sup> /s)      | 0,08 <sup>a</sup>          | 0,68                        | 0,26 | 0,15  | 0,10 | 0,06 | 0,05  |      |       |      |      |      |
| Étiage estival (m <sup>3</sup> /s)       | 0,04 <sup>a</sup>          | 0,36                        | 0,12 | 0,07  | 0,05 | 0,03 | 0,03  |      |       |      |      |      |
| <b>Lac Saint-Charles</b>                 |                            |                             |      |       |      |      |       |      |       |      |      |      |
| Crue printanière (m <sup>3</sup> /s)     | --                         | 31,5                        | 37,5 | 40,0  | 42,0 | 44,0 | 45,0  |      |       |      |      |      |
| Crue estivale (m <sup>3</sup> /s)        | --                         | 16,0                        | 22,7 | 26,3  | 29,2 | 32,6 | 34,9  |      |       |      |      |      |
| .....                                    |                            |                             |      |       |      |      |       |      |       |      |      |      |
| Moyenne <sup>b</sup> (m <sup>3</sup> /s) | Jan.                       | Fév                         | Mars | Avril | Mai  | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|  | 3,1                        | 3,9                         | 5,1  | 24,7  | 19,6 | 6,2  | 5,6   | 4,6  | 5,6   | 9,5  | 8,3  | 5,6  |

Source: ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction du Milieu Hydrique, données non publiées.

a Ces valeurs sont extrapolées en deçà des valeurs jaugées, elles comportent donc une imprécision

b Moyenne annuelle: 8,5 m<sup>3</sup>/s

Une analyse statistique plus poussée des débits d'étiage estival a été effectuée pour différentes récurrences et différentes durées d'étiage (Tableau 2.2). Cette analyse fournit des débits variant de 0,07 à 0,44 m<sup>3</sup>/s pour des durées de 1 à 30 jours consécutifs et une récurrence de 10 ans. Notons que la valeur du 7Q10 (débit d'une durée de 7 jours avec une récurrence de 10 ans) est occasionnellement utilisée pour estimer un débit réservé estival et, pour la rivière Saint-Charles, il a une valeur de 0,15 m<sup>3</sup>/s. Par contre, il faut nuancer les évaluations des débits d'étiage car les données enregistrées à la station 050904 proviennent d'un cours d'eau qui est régularisé par le barrage du lac Saint-Charles et dans lequel s'effectue une ponction d'eau relativement élevée par rapport au débit naturel du cours d'eau.

Enfin, les courbes de débits classés de même que les hydrogrammes annuels sont illustrés à la figure 2.3. Plusieurs périodes caractéristiques ont été utilisées pour l'analyse des débits classés, soit les périodes estivale (1<sup>er</sup> juin - 30 septembre),

TABLEAU 2.2 Étude statistique des débits d'étiage (en m<sup>3</sup>/s) de la rivière Saint-Charles mesurés à la station 050904 entre le 1<sup>er</sup> juin et le 30 septembre (données de 1969 - 1995).

| RÉCURRENCE (ans) | DURÉE (jours) |      |      |      |      |
|------------------|---------------|------|------|------|------|
|                  | 1             | 3    | 7    | 15   | 30   |
| 2                | 0,36          | 0,47 | 0,68 | 1,01 | 1,79 |
| 5                | 0,12          | 0,16 | 0,26 | 0,41 | 0,79 |
| 10               | 0,07          | 0,09 | 0,15 | 0,23 | 0,44 |
| 20               | 0,05          | 0,06 | 0,09 | 0,13 | 0,22 |
| 50               | 0,03          | 0,04 | 0,06 | 0,07 | 0,07 |
| 100              | 0,03          | 0,04 | 0,05 | 0,05 | ---  |

hivernale (1<sup>er</sup> janvier - 31 mars), de même que le mois d'octobre (pour la période de fraie de l'omble de fontaine en rivière). Notons que le débit médian de chacune de ces périodes est de 3,2 m<sup>3</sup>/s (été), 1,7 m<sup>3</sup>/s (hiver) et 6,9 m<sup>3</sup>/s (automne).

#### 2.1.4 Conditions climatiques

En raison de sa situation géographique, le bassin versant de la Saint-Charles est soumis à un climat tempéré continental typique de la rive nord du Saint-Laurent. Il est caractérisé par un hiver long et froid, soit des températures moyennes en deçà de 0 °C pendant 5 mois de l'année et une température minimale moyenne de -16 °C (Tableau 2.3).

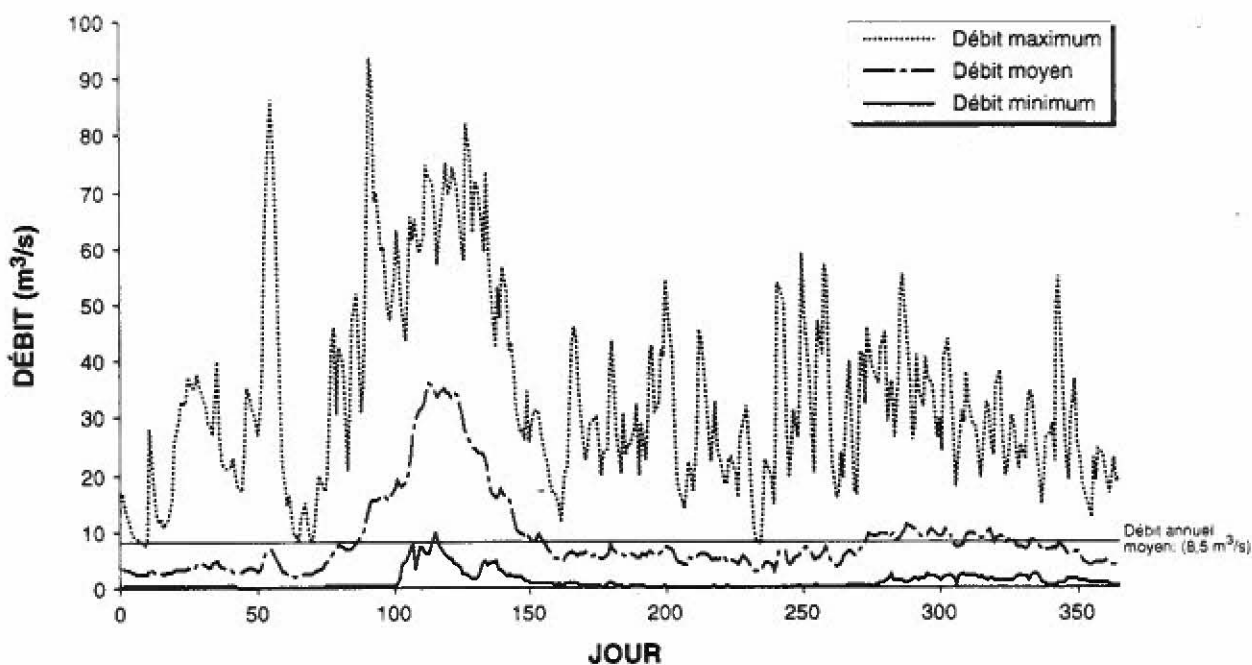
Les précipitations annuelles sont de 1304,5 mm dont 309,7 cm de neige. En juillet elles sont les plus abondantes avec des précipitations moyennes totales de 131,5 mm, alors que le mois de février est le plus sec avec une moyenne de 76,5 mm (Tableau 2.3). Par ailleurs, l'évapotranspiration annuelle potentielle est de 548,5 mm avec une moyenne de 131,3 mm en juillet.

#### 2.1.5 Régime des glaces

##### **Lac Saint-Charles**

Le régime des glaces du lac Saint-Charles est typique des régimes lacustres. Un couvert de glace solide se forme généralement au début de décembre et, en l'absence de courant, il couvre la grande partie du lac et demeure stable jusqu'à la fin de l'hiver (fin mars). À ce moment, la Ville de Québec baisse graduellement le niveau du lac

a) Hydrogrammes



b) Débits classés

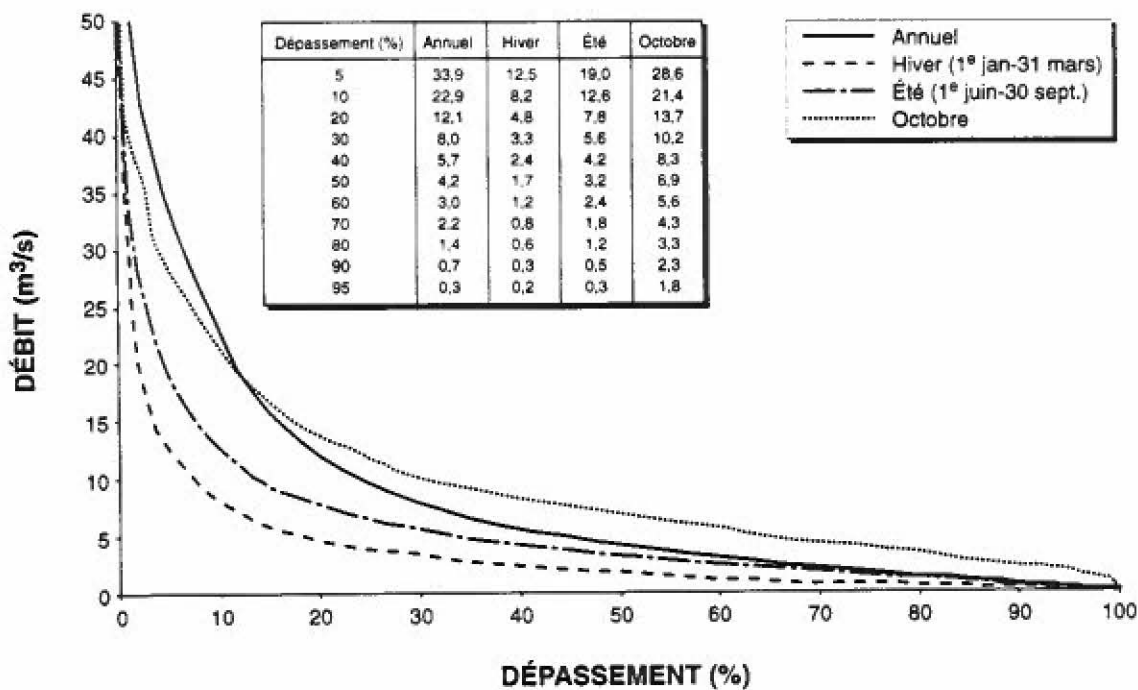


FIGURE 2.3 Caractéristiques hydrologiques de la rivière Saint-Charles à la station 050904 de 1969-1995.

TABLEAU 2.3 Données de température et de précipitation dans le bassin de la rivière Saint-Charles de 1971 à 1990.

| Variable                | Année  | Janv. | Fév.  | Mars | Avril | Mai   | Juin  | Juil. | Août  | Sept. | Oct.  | Nov.  | Déc.  |
|-------------------------|--------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Température (°C)        |        |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| moyenne                 | 4,5    | -11,9 | -10,1 | -4,1 | 3,8   | 11,4  | 16,5  | 19,5  | 18,2  | 12,8  | 6,4   | -0,4  | -8,8  |
| Température (°C) max    |        |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| moyenne                 | 9,2    | -7,4  | -5,4  | 0,6  | 8,5   | 16,9  | 21,9  | 25,0  | 23,4  | 17,6  | 10,5  | 2,9   | -4,8  |
| Température (°C) min    |        |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| moyenne                 | -0,3   | -16,4 | -14,8 | -8,8 | -0,9  | 5,8   | 11,1  | 14,0  | 12,9  | 7,9   | 2,3   | -3,7  | -12,8 |
| Précipitation (mm) moy. |        |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| totales                 | 1304,5 | 96,1  | 76,5  | 91,5 | 84,9  | 116,2 | 124,1 | 131,5 | 117,8 | 129,1 | 106,4 | 105,9 | 119,3 |
| Précipitation (cm) moy. |        |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| nivales                 | 309,7  | 69,9  | 60,4  | 45,0 | 16,9  | 0,2   | 0     | 0     | 0     | 0     | 1,5   | 33,3  | 86,5  |
| Évapotranspiration (mm) |        |       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| potentielle             | 548,5  | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 22,2  | 74,4  | 109,7 | 131,3 | 112,2 | 68,1  | 30,7  | 0,0   | 0,0   |

Source : MEF, station de Charlesbourg (n° 7011309)

Saint-Charles afin de créer une réserve pour laminer partiellement la crue printanière. Ceci a pour effet de briser le couvert de glace dans le lac ce qui accélère sa fonte au printemps.

### **Rivière Saint-Charles**

Entre le lac Saint-Charles et le barrage de Château d'Eau, un couvert de glace solide se forme au début de l'hiver et demeure stable toute la saison. Lorsque la Ville de Québec rabaisse le niveau du lac vers la fin mars, des débits plus élevés sont évacués dans la rivière ce qui a comme effet de faire fondre partiellement le couvert de glace présent. Ceci facilite la fonte du couvert sur place au printemps. Notons que le débit évacué au lac Saint-Charles est juste assez élevé pour contribuer à la fonte de la glace en rivière sans créer d'inondation ni rabaisser le niveau du lac Saint-Charles trop brusquement.

Entre le barrage de Château d'Eau et l'embouchure de la rivière Lorette, le courant est très rapide. Les chutes et les cascades demeurent libres de glace tout l'hiver bien qu'on y retrouve du frasil en abondance. Ce dernier s'accroche au moindre relief et réduit la section d'écoulement. Cependant, la glace formée y est généralement mince, instable et très sensible aux variations météorologiques.

Enfin, la dernière portion de la rivière, soit de la rivière Lorette au pont Samson (barrage à l'embouchure), est caractérisée par un écoulement lent. Le couvert de glace s'y forme donc tôt, il est épais et solide et y demeure tout l'hiver pour fondre sur place au printemps.

Des mesures d'épaisseur de la glace ont été prises à l'hiver 1997 afin de vérifier les conditions d'écoulement sous-jacentes. Le but de cet exercice était de vérifier si le lit de la rivière était complètement mouillé, assurant un habitat hivernal pour le poisson, et si la glace n'était pas en contact direct avec le lit à certains endroits, ce qui pourrait provoquer des déplacements marqués de substrat lors de la débâcle.

Les relevés ont consisté à effectuer plusieurs forages, le long de trois sections transversales, afin d'évaluer l'épaisseur de glace, le niveau d'eau et la distance entre la glace et le lit de la rivière. Ces relevés ont été réalisés les 4 et 11 mars 1997 à l'intérieur des limites du parc Chauveau (Figure 2.4 et photos 1 et 2 à l'annexe 1).

Les résultats obtenus, illustrés à la figure 2.5, indiquent une épaisseur de glace moyenne de 50 cm, alors que la distance entre le couvert de glace et le lit de la rivière variait entre 12 et 63 cm. Notons que, lors des relevés du 11 mars, on observait une couche d'air entre la glace et le niveau d'eau, ce qui signifie que le couvert de glace était suspendu par endroits. Par ailleurs, le débit de la rivière Saint-Charles à l'hiver 1997 n'a pas descendu sous  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . On peut donc supposer que les conditions observées n'ont pas été critiques pour l'habitat piscicole, puisque le débit a été assez élevé pour maintenir le lit de la rivière mouillé et que le couvert de glace n'était pas très épais.

## 2.1.6 Qualité de l'eau

### 2.1.6.1 Lac Saint-Charles

En raison de la récente analyse de la qualité de l'eau à l'exutoire du lac Saint-Charles effectuée par le MEF (Hébert, 1995) et des données complémentaires recueillies par Légaré (1996), il n'a pas été jugé nécessaire de procéder à un échantillonnage supplémentaire à cet égard.

La qualité des eaux du lac Saint-Charles préoccupe la population résidante depuis plusieurs années. En effet, on craint que ce plan d'eau soit en voie d'eutrophisation rapide. Un tel phénomène aurait un impact majeur sur la faune ichthyenne du lac. Il consiste sommairement en une transformation d'un lac libre de végétation et bien oxygéné, vers un plan d'eau envahi par la végétation aquatique (phytoplancton, algues et plantes), dont la décomposition entraîne éventuellement un déficit en oxygène dissous. Ce sont les apports externes de nutriments (surtout le phosphore et l'azote) et de sédiments qui provoquent l'eutrophisation d'un plan d'eau (Wetzel,

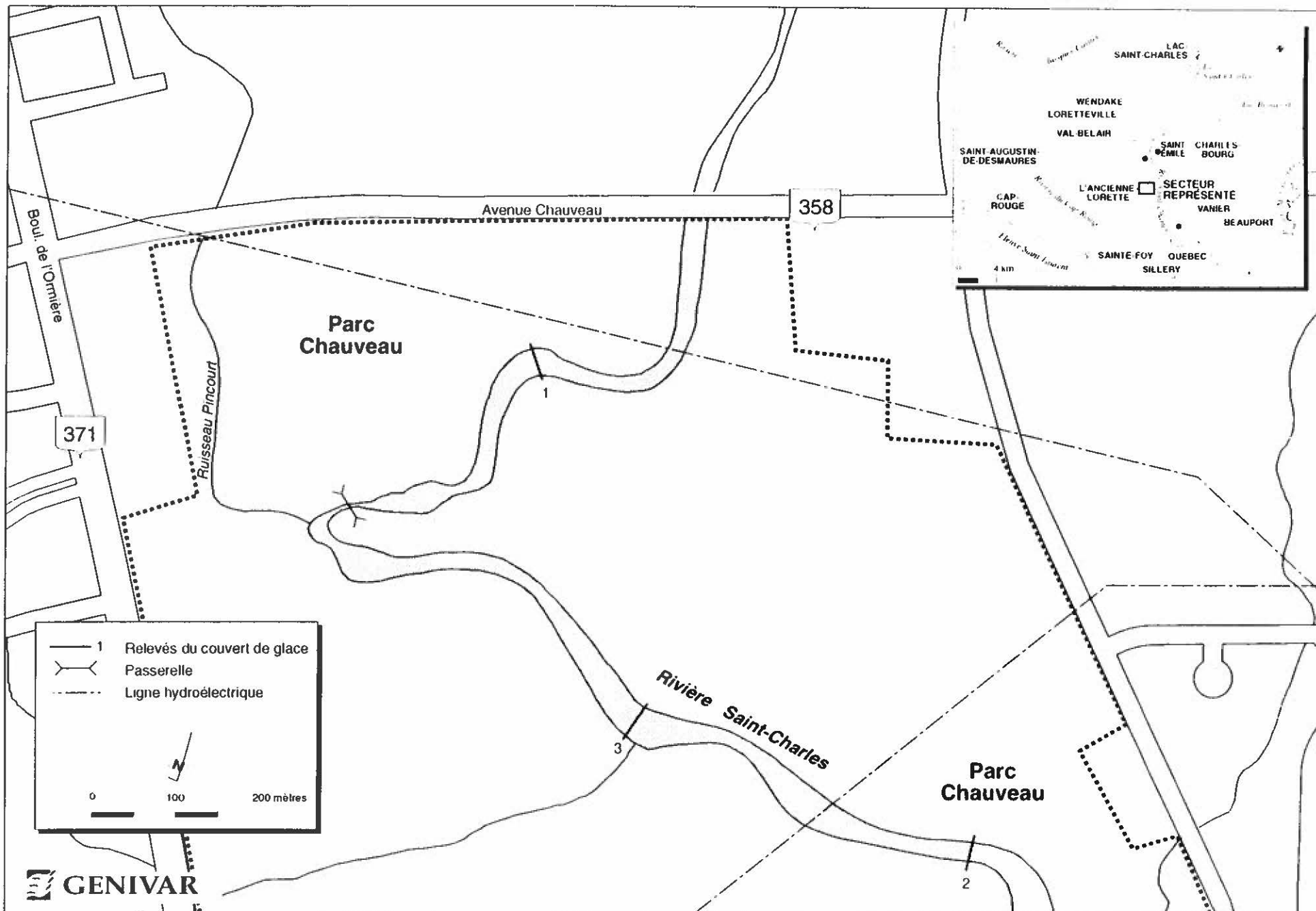
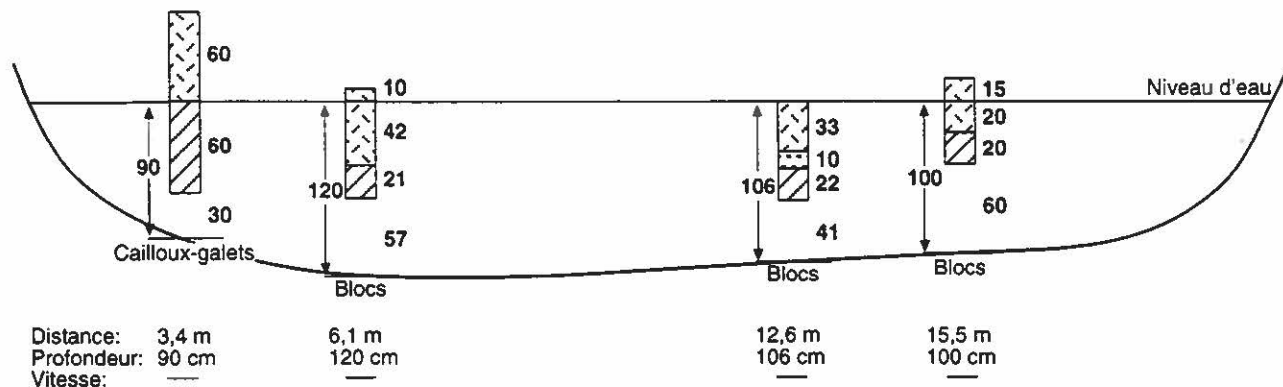
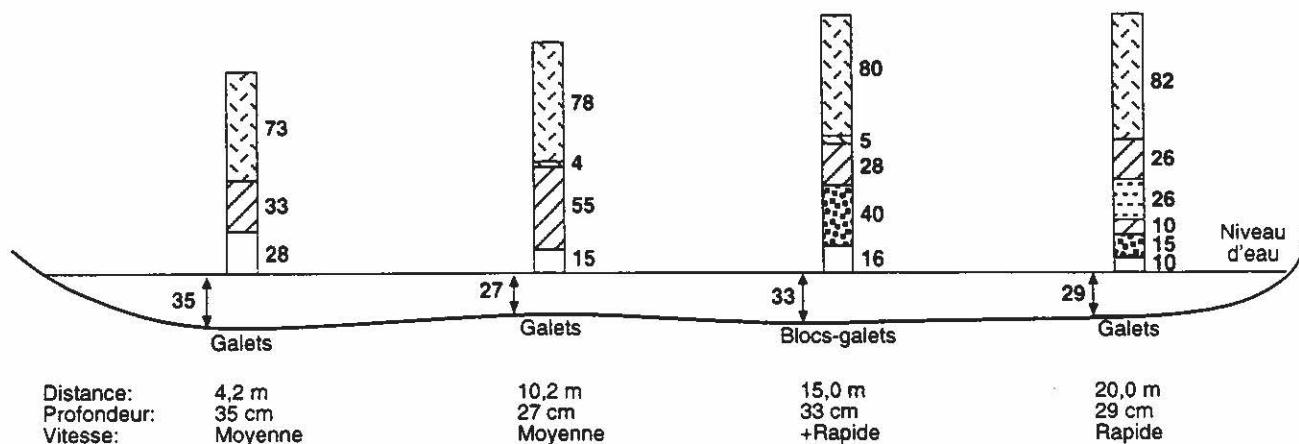


FIGURE Localisation des stations d'échantillonnage du couvert de glace, à l'hiver 1997, dans le tronçon à l'étude de la rivière Saint-Charles.

### Transect 1 (04-03-97)



### Transect 2 (11-03-97)



### Transect 3 (11-03-97)

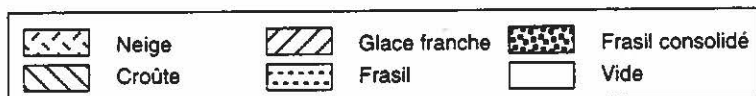
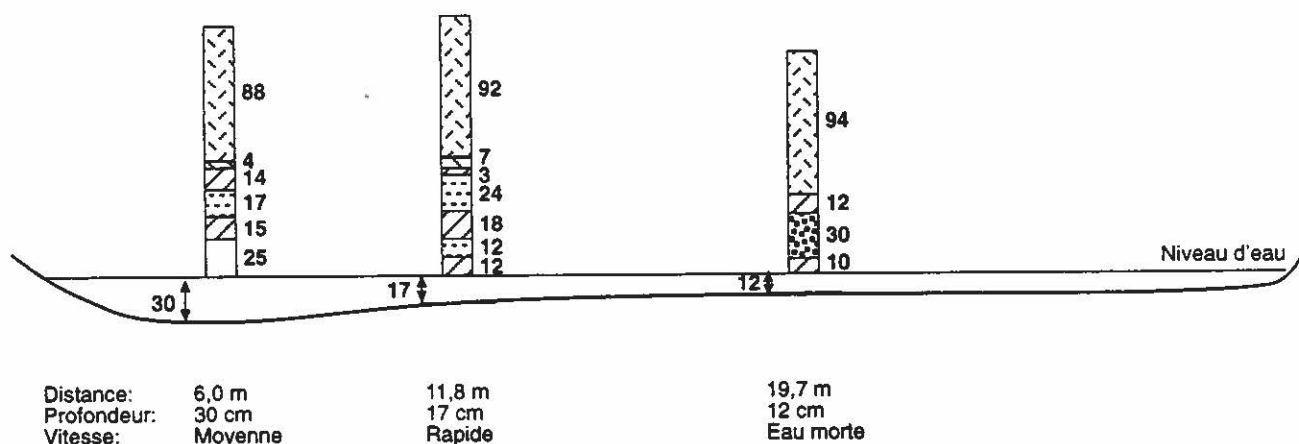


FIGURE 2.5 Observations du couvert de glace sur la rivière Saint-Charles (dans le parc Chauveau) à l'hiver 1997.

1975). Les activités anthropiques ont provoqué l'eutrophisation de plans d'eau, particulièrement ceux situés près de milieux urbains. L'utilisation de phosphates dans les détergents pour la lessive ou de phosphore pour la fertilisation agricole sont deux exemples d'apports ayant eu une influence sur ce phénomène (*op. cit.*).

Depuis 1980, trois études ont montré que la cote trophique du lac Saint-Charles se classait au stade de mésotrophe avancé (Alain, 1981; Belzile, 1987; Légaré, 1996). Rappelons que l'eutrophisation est l'évolution d'un lac d'un stade oligotrophe ou mésotrophe à un stade eutrophe. En ce qui concerne le lac Saint-Charles, il est toutefois préoccupant de constater que les activités humaines auraient amorcé ce processus d'eutrophisation. En effet, la cote du lac serait à un stade mésotrophe nettement moins avancé s'il n'y avait pas d'apports anthropiques de phosphore (Alain, 1981).

### **Phosphore**

L'augmentation de la quantité de phosphore dans l'eau, lequel est un nutriment, stimule la croissance du phytoplancton et des plantes. La dégradation de cette biomasse végétale nécessite de l'oxygène, ce qui se traduit par une baisse dans les concentrations présentes qui peut être notable lorsque la prolifération des plantes est vive. À titre indicatif, il est considéré qu'une concentration de phosphore supérieure à 0,03 mg/L favorise l'eutrophisation (MENVIQ, 1990b). Les échantillons prélevés à l'embouchure du lac de 1979 à 1995 ont toujours fourni des valeurs inférieures à cette limite (Hébert, 1995). D'ailleurs, selon cette étude, la qualité de l'eau est bonne à la sortie du lac et le degré de pollution y est nul. Il importe toutefois de contrôler les apports de phosphore pour stabiliser, voire inverser le phénomène d'eutrophisation du lac. En effet, il est possible, bien que non garanti, d'inverser le processus lorsque les sources de nutriments sont supprimées (Wetzel, 1975). Il est par ailleurs évident que cet objectif est plus difficilement atteignable avec le développement urbain qui tend à accroître ces apports.

Alain (1981) a déterminé qu'environ 50 % des apports en phosphore provenaient des eaux usées résidentielles non reliées à un système d'égout en 1981, alors que les autres apports anthropiques ajoutaient près de 20 % à cette valeur. En se basant uniquement sur la croissance démographique, les populations du bassin versant et de la municipalité de Lac-Saint-Charles ayant presque doublé depuis le début des années 1980, il est probable que l'apport de phosphore ait suivi la même tendance. Selon Beaulieu *et al.* (1992), les apports de phosphore, en 1992, étaient associés principalement aux facteurs anthropiques suivants :

- les eaux de la rivière des Hurons qui draine un secteur où il y a des exploitations agricoles, des villages sans système d'égout collecteur (Saint-Adolphe et Stoneham) et où de nombreuses fosses septiques sont non réglementaires;

- plusieurs chalets ou résidences bordant le lac ne sont pas reliés à un système d'égout collecteur et ils peuvent contribuer aux apports de phosphore s'il y a un mauvais entretien des fosses septiques ou si leur implantation est trop près de la rive du lac, ce qui limite l'efficacité de leurs champs d'épuration;
- l'artificialisation des berges du lac lorsque la végétation riveraine est enlevée, qu'il y a pose de gazon ou que les berges sont stabilisées par du béton ou des structures de bois massives. Ces activités contribuent à diminuer le pouvoir de filtration de la végétation naturelle qui retient les nutriments et stabilise les berges, à accroître les apports s'il y a fertilisation (gazon) et à restreindre les échanges biologiques entre le lac et le rivage. En 1981, 47 % des rives du lac n'étaient plus considérées naturelles puisqu'elles étaient perturbées directement ou indirectement par la présence de murs de soutènement, par le déboisement excessif ou par une densité élevée de chalets (Alain, 1981). En 1992, c'est 42 % du périmètre du lac qui est encore à l'état naturel (Beaulieu *et al.*, 1992). Cependant, le reste de la ceinture du lac est qualifié de «fortement affecté», surtout en raison du déboisement et des aménagements résidentiels. Pour enrayer ce phénomène sur ses terrains, la Ville de Québec a instauré en 1995 un projet de revégétalisation et de stabilisation des berges sur la bande riveraine qui lui appartient. Il vise à rétablir une bande riveraine boisée à l'aide de jeunes pousses d'arbres, sauf en façade des résidences, où une strate arbustive serait plantée et où une percée visuelle serait maintenue par une coupe sélective à tous les deux ans. La stabilisation des berges consiste au reprofilage des talus, à certains enrochements et à la revégétalisation des pentes. Ces différentes actions devraient contribuer significativement à la réduction des apports de phosphore;
- le déboisement excessif près des rives ou sur les versants entourant le lac. Ce phénomène favorise l'érosion et les apports d'éléments nutritifs qui ne sont plus filtrés par la végétation;
- et de façon moindre, la gestion actuelle du niveau d'eau du lac. En effet, l'abaissement du niveau au printemps, lorsqu'il y a encore des glaces accrochées aux rives, favoriserait leur érosion et, par conséquent, diminuerait leur pouvoir de rétention du phosphore.

À l'ensemble de ces facteurs s'ajoute le drainage des eaux de surface par le réseau pluvial de la municipalité. De plus, soulignons la prolifération de plantes aquatiques à l'exutoire du fossé drainant le terrain de golf Sherbourg vers le lac. Des échantillons d'eau prélevés pour évaluer la concentration de phosphore, dans le contexte d'une étude universitaire, ont démontré que la limite de concentration de 0,03 mg/L pour le maintien de la qualité de vie aquatique serait nettement excédée en période estivale, la valeur moyenne atteignant 0,068 mg/L (S. Légaré, Université Laval, comm. pers. 1997). Les apports de phosphore pourraient provenir des engrais utilisés pour le

terrain de golf, ainsi que des fosses septiques non conformes et de l'épandage d'engrais dans le secteur résidentiel drainé par ce fossé. Soulignons que les fosses septiques non conformes ont été corrigées depuis la récolte des échantillons.

### ***Stratification thermique et oxygène dissous***

La stratification thermique est un phénomène naturel qui survient en période estivale. Il s'agit essentiellement d'une séparation du volume d'eau en trois couches : l'épilimnion ou couche de surface chaude, la thermocline ou couche intermédiaire, où la température diminue rapidement, ainsi que l'hypolimnion, la couche profonde et plus froide. En été, le soleil réchauffe la surface du lac et il s'ensuit une stratification thermique de la colonne d'eau. De manière générale, dans un lac, la répartition de l'oxygène est inversement proportionnelle au profil de la température (Wetzel, 1975).

L'oxygénation de l'épilimnion est maintenue grâce à la photosynthèse et au mélange avec l'atmosphère, alors que celle de l'hypolimnion est possible grâce à la photosynthèse et au mélange avec les couches supérieures de la colonne d'eau. Ces deux phénomènes semblent pratiquement nuls dans le lac Saint-Charles. En ce qui concerne la photosynthèse, elle est inhibée en raison de la grande turbidité des eaux. L'hypolimnion subit donc une baisse graduelle en oxygène, laquelle s'accélère lorsque la biomasse végétale produite en période estivale se dépose sur le fond du lac et est dégradée.

L'annexe 2 présente l'évolution de la stratification thermique dans le bassin nord du lac Saint-Charles, au cours de la période estivale de 1996 (S. Légaré, Université Laval, comm. pers. 1997). La thermocline, qui se forme graduellement au cours du mois de juillet, est maximale en septembre et disparaît lors de la crue automnale. La couche profonde du lac est anoxique pour les poissons, lorsque la concentration en oxygène dissous est inférieure à 5 mg/L pour une température de l'eau de 20 °C (CCREM, 1987; MENVIQ, 1990b). Cette valeur passe à 8 mg/L à une température de 0 °C. L'ichtyofaune est donc probablement confinée près de la surface (< 5 m) durant les périodes les plus critiques.

Ce phénomène, restreint au bassin nord du lac Saint-Charles, est accentué par le seuil qui existe entre les bassins nord et sud du lac, qui isole les couches d'eau profondes. En effet, la profondeur de ce seuil est d'environ 4 m, ce qui permet seulement un échange des eaux de surface entre les deux bassins du lac.

#### **2.1.6.2 Rivière Saint-Charles**

L'ensemble des données livrées dans cette section proviennent de l'étude récente de la qualité de l'eau de la Saint-Charles (Hébert, 1995 ; MEF, 1995). En bref, les

analyses indiquent que la portion amont du bassin de la rivière Saint-Charles, entre le lac et la rivière Lorette, est d'une qualité généralement bonne, satisfaisante sur le plan bactériologique, peu concentrée en matières en suspension (MES) ou en substances nutritives (azote, phosphore, etc.), peu turbide et bien oxygénée. En aval de sa confluence avec la rivière Lorette, la qualité des eaux de la rivière Saint-Charles se dégrade rapidement pour être qualifiée de très mauvaise à la hauteur du pont Scott, que ce soit sur le plan de la baignade, des activités nautiques (canot, pêche, etc.) ou même de la protection de la vie aquatique. Les fréquences de dépassement des critères de qualité y sont très élevées pour la baignade (100 %), les activités nautiques (89 %), le phosphore (87 %) et les métaux lourds (36 % à 64 % pour les principaux paramètres : Al, Cr, Cu, Fe). Il est également à noter l'augmentation, depuis 1979, de la conductivité, du pH, de la turbidité et des MES.

En amont et dans le tronçon à l'étude, l'eau est donc de bonne qualité. À l'eau provenant du lac s'ajoute celle fournie par les rivières Jaune et Nelson. La rivière Jaune fournit une eau généralement de bonne qualité, quoique la contamination bactériologique limite parfois les usages, les critères de qualité étant excédés dans des fréquences de 17 % pour la baignade et de 8 % pour les activités nautiques. En ce qui concerne la rivière Nelson, la qualité de l'eau à son embouchure est douteuse. Le critère de qualité pour le phosphore a été dépassé dans 64 % des échantillons, alors que la qualité bactériologique est plus faible que pour la rivière Jaune, le critère pour les activités nautiques ayant été dépassé dans une proportion d'environ 17 %.

## 2.2 Milieu biologique

Le lac Saint-Charles, composé d'habitats aquatiques variés comme des marais, des baies et des zones d'eau profonde (16 m), est un milieu diversifié. Par ailleurs, la rivière Saint-Charles coule principalement en milieu urbain, ce qui diminue la diversité des habitats qu'elle offre en raison du déboisement ou parfois même de l'artificialisation de certaines portions de ses berges. Les sections suivantes décrivent sommairement divers aspects de la flore et de la faune peuplant les habitats aquatiques et les berges de ces deux milieux.

### 2.2.1 Associations végétales

#### **Lac-Saint-Charles**

Le contenu de cette section s'inspire de l'inventaire de Marcotte (1982). Près de 75 % du territoire de la municipalité de Lac-Saint-Charles est boisé. La forêt qui ceinture le lac fait partie du domaine climacique de l'érablière à bouleau jaune (*Op. cit.*; Beaulieu *et al.*, 1992), alors que les secteurs les plus en altitude appartiennent à la sapinière à bouleau jaune. La pessière à épinette noire et la tourbière à sphaignes et éricacées

peuplent les dépressions humides. Aux endroits où il y a eu des perturbations (coupes à blanc, inondations, chablis, etc.), la végétation arborescente est surtout dominée par des peuplements de peupliers faux-tremble (*Populus tremuloides*) et de bouleaux blancs (*Betula papyrifera*).

Dans le lac Saint-Charles, la végétation aquatique et émergente se concentre surtout à deux endroits, soit la baie Charles-Talbot et la portion nord du lac, incluant le marais.

Dans la baie, la végétation aquatique est dominée par la brasénie de Schreber (*Brasenia schreberi*), des potamots, du nénuphar à fleurs panachées (*Nuphar variegatum*) et de la sagittaire. En rive, l'iris versicolore (*Iris versicolor*), l'osmonde cannelle (*Osmunda cinnamomea*), la potentille palustre (*Potentilla palustris*), plusieurs espèces de carex et de graminées dominent la flore herbacée, alors que le némopanthe mucroné (*Nemopanthus macronatus*), plusieurs éricacées, le myrique baumier (*Myrica gale*) et l'aulne rugueux (*Alnus rugosa*) occupent la strate arbustive de façon prépondérante.

La baie Charles-Talbot comprend également plusieurs îlots flottants dominés par une végétation tourbicole. Ces îlots originent du rehaussement du lac lors de la mise en eau comme réservoir. Ces îlots se déplacent surtout au gré des forts vents et des mouvements de glace lors des crues. Ce type d'îlots existe également dans la baie de la base de plein air, située vis-à-vis la baie Charles-Talbot. Un de ces îlots, le plus vaste, présent dans la baie de la base de plein air jusqu'en 1996, s'est déplacé dans l'entrée de la baie Charles-Talbot à l'automne de 1996, puis dans la portion nord du lac en 1997 (M. Boulanger, Club nautique du lac Saint-Charles, comm. pers. 1997).

La partie nord du lac est particulièrement propice aux espèces herbacées aquatiques (submergées et flottantes) et émergentes. Les principales sont les rubaniers, la vallisnérie (*Vallisneria americana*), la pontédérie cordée (*Pontederia cordata*), la lenticule (*Lemna minor*), les utriculaires, etc. Les abords du marais sont largement colonisés par l'aulne rugueux.

Cette partie du lac est très luxuriante et forme un marais. Il subit sans doute l'influence de la qualité des eaux en provenance du lac Delage et de la rivière des Hurons. En effet, le principal rôle écologique d'un marais est l'épuration, que ce soit au niveau des sédiments ou des substances polluantes lorsque trop concentrées, comme le phosphore et les métaux lourds (Lemieux, 1982; Pries, 1994). En plus de son rôle épurateur, ce marais constitue un habitat de qualité élevée pour une variété d'espèces animales (mammifères, amphibiens, reptiles) et une halte privilégiée pour les oiseaux migrants.

### **Rivière Saint-Charles**

Une étude récente (Lajeunesse *et al.*, 1997) fournit un portrait détaillé de la végétation du lit majeur de la rivière Saint-Charles; 290 espèces vasculaires et 72 espèces invasculaires y ont été recensées. Au sud de la chute Kabir Kouba, les espèces sont davantage associées aux érablières de sols riches. Au nord de cette chute, les sols sont plus acides et moins bien drainés, ce qui limitent l'extension des espèces méridionales plus exigeantes.

Les principales associations végétales (ou types de végétation) présentes sur le lit majeur de la rivière sont les suivantes (Lajeunesse *et al.*, 1997) :

- Forêts feuillues :
  - tremblaie à viorne cassinoïde et tremblaie à peuplier faux-tremble;
  - peupleraie à peuplier baumier et érable à Giguère et peupleraie à peuplier baumier;
  - érablière à érable à sucre;
  - frênaie à frêne rouge et matteucie;
  - saulaie à saule blanc et érable à Giguère.
- Forêts mixtes et conifériennes :
  - sapinière à érable rouge;
  - cédrière;
  - mélézin.
- Arbustales et prairies :
  - prairie à graminées;
  - aulnaie à aulne rugueux;
  - prairie à carex,

auxquelles s'ajoutent d'autres types sous-dominants ou à faible représentativité. Enfin, les plantes aquatiques submergées, flottantes et émergentes sont très peu fréquentes.

### **Plantes vulnérables ou menacées**

Selon l'inventaire récent mentionné ci-haut, il n'y aurait pas d'espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables (G. Jolicoeur, MEF, comm. pers. 1998).

## 2.2.2 Faune avienne, terrestre et semi-aquatique

### 2.2.2.1 Faune avienne

Drolet (1996) a fait un inventaire d'oiseaux le long de la rivière Saint-Charles et il a identifié 92 espèces, regroupées en quatre catégories, fréquentant le cours d'eau ou les boisés avoisinants. Les espèces recensées sont, dans l'ensemble, les mêmes que celles retrouvées sur les abords du lac ou quelque 119 espèces ont été recensées (APEL, 1981; Bissonnette et Leblanc, 1983). Soulignons que certaines espèces profitent de la présence de mangeoires, puisqu'il s'agit d'un milieu urbain. C'est le cas surtout des nicheurs résidants comme la Mésange à tête noire (*Parus atricapillus*), les pics et les chardonnerets. Une nourriture facilement accessible toute l'année permet à ces espèces de passer l'hiver dans la région. Incidemment, le même phénomène s'observe avec la sauvagine directement en aval du barrage du lac Saint-Charles, où quelques dizaines de canards, surtout du Canard colvert (*Anas platyrhynchos*), sont nourris par les résidants et passent l'hiver sur place.

#### **Espèces généralistes**

Vingt-trois espèces d'oiseaux peuvent être associées à plus d'un milieu. Habituellement, elles s'observent en milieux forestiers et ouverts. Il s'agit d'espèces omniprésentes et très communes dans le Québec méridional. La plupart sont des espèces nicheuses sauf le Roselin pourpré (*Carpodacus purpureus*) qui est un résidant hivernal. Les espèces les plus fréquemment observées sont le Bruant à gorge blanche (*Zonotrichia albicollis*), le Tarin des pins (*Carduelis pinus*), la Corneille d'Amérique (*Corvus brachyrhynchos*), le Gros-bec errant (*Coccothraustes vespertinus*), le Merle d'Amérique (*Turdus migratorius*), la Paruline noir et blanc (*Mniotilta varia*) et le Roitelet à couronne doré (*Regulus satrapa*). En ce qui concerne plus particulièrement le lac, l'espèce démontrant la plus forte densité en 1981 a été le Bruant à gorge blanche.

#### **Espèces forestières**

Ce groupe d'espèces, qui comprend surtout des passériformes, est associé aux forêts feuillues, mixtes ou résineuses bien qu'à l'occasion certaines s'observent dans des milieux ouverts ou près de l'eau. Étant donné le nombre restreint d'espaces forestiers, il n'est pas surprenant que la plupart des espèces soient qualifiées d'occasionnelles ou de rares, à l'exception de la Grive fauve (*Catharus fuscescens*), de la Mésange à tête noire et de la Sittelle à poitrine rousse (*Sitta canadensis*).

### **Espèces de milieux ouverts**

Il s'agit du groupe le plus abondant (36 espèces) et le plus diversifié. Aucune de ces espèces n'est qualifiée de rare à l'échelle du Québec. En ce qui concerne plus particulièrement le lac, le Bruant à gorge blanche a été l'espèce la plus observée en 1981.

### **Espèces de milieux aquatiques**

Il s'agit d'espèces qui fréquentent la rivière, le lac et les marais pour accomplir l'une ou l'autre des phases de leur cycle vital (migration, nidification, élevage des couvées, etc.). En effet, certaines espèces comme le Plongeon huard (*Gavia immer*), le Canard colvert et le Canard noir (*Anas rubripes*) sont des espèces nicheuses qui élèvent aussi leurs couvées sur les mêmes plans d'eau. Quant aux espèces rapaces piscivores, le Balbuzard pêcheur (*Pandion haliaetus*) et le Martin pêcheur d'Amérique (*Ceryle alcyon*), elles nichent au sommet des arbres en bordure ou à proximité des plans d'eau servant à l'alimentation. La sauvagine nicheuse est plus abondante dans les affluents du marais du bassin nord du lac, l'émissaire du lac Delage et la rivière des Hurons, en raison du couvert végétal plus dense.

Selon l'inventaire des terres pour la production de sauvagine réalisé par l'ARDA (*in* Beaulieu *et al.*, 1992), le territoire englobant la portion nord du lac Saint-Charles et les lacs à la Cache et Savard constitue l'un des milieux les plus propices à la production de sauvagine dans la région immédiate de Québec. Seules les battures du fleuve Saint-Laurent offrent des possibilités légèrement supérieures.

### **Espèces menacées ou vulnérables**

S'ajoutent à cet inventaire cinq espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables (P. Aquin, MEF, comm. pers. 1998), soit : le Petit blongios (*Ixobrychus exilis*), l'Épervier de Cooper (*Accipiter cooperii*), la Buse à épaulettes (*Buteo lineatus*), le Pic à tête rouge (*Melanerpes erythrocephalus*) et la Grue du Canada (*Grus canadensis*).

#### **2.2.2.2 Faune terrestre et semi-aquatique**

On dénombre, en périphérie du lac et de la rivière, 30 espèces de mammifères terrestres et semi-aquatiques réparties dans plusieurs familles (Tableau 2.4). La plupart de ces espèces s'adaptent facilement à la présence humaine et elles peuvent être observées jusque dans la portion aval de la rivière, en milieu urbain. Par ailleurs, certains mammifères comme l'ours brun, l'orignal ou le cerf de Virginie ne sont présents qu'en périphérie du lac.

TABLEAU 2.4 Liste des mammifères susceptibles d'être retrouvés en périphérie du lac et de la rivière Saint-Charles.

| <i>Nom commun</i>              | <i>Nom scientifique</i>                | <i>Milieu</i>  |
|--------------------------------|--|----------------|
| <b>Espèces terrestres</b>      |  |                |
| Belette à longue queue         | <i>Mustela frenata</i>                 | lac et rivière |
| Campagnol                      | <i>Synaptomys sp., Microtus sp.</i>    | lac et rivière |
| Campagnol lemming de Cooper    | <i>Synaptomys cooperi</i>              | indéterminé    |
| Cerf de Virginie               | <i>Odocoileus virginianus</i>          | lac            |
| Chauve-souris argentée         | <i>Lasionycteris noctivagans</i>       | indéterminé    |
| Chauve-souris cendrée          | <i>Lasiurus cinereus</i>               | indéterminé    |
| Chauve-souris rousse           | <i>Lasiurus borealis</i>               | indéterminé    |
| Condylure étoilé               | <i>Condylura cristata</i>              | lac et rivière |
| Coyote                         | <i>Canis latrans</i>                   | lac            |
| Écureuil gris                  | <i>Sciurus carolinensis</i>            | rivière        |
| Écureuil roux                  | <i>Tamiasciurus hudsonicus</i>         | lac et rivière |
| Grand polatouche               | <i>Glaucomys sabrinus</i>              | lac et rivière |
| Hermine                        | <i>Mustela erminea</i>                 | rivière        |
| Lièvre d'Amérique              | <i>Lepus americanus</i>                | lac et rivière |
| Lynx du Canada                 | <i>Lynx canadensis</i>                 | lac            |
| Marmotte commune               | <i>Marmota monax</i>                   | lac et rivière |
| Martre d'Amérique              | <i>Martes americana</i>                | lac            |
| Moufette rayée                 | <i>Mephitis mephitis</i>               | lac et rivière |
| Musaraigne cendrée             | <i>Sorex cinereus</i>                  | lac et rivière |
| Musaraigne fuligineuse         | <i>Sorex fumeus</i>                    | indéterminé    |
| Musaraigne pygmée              | <i>Sorex hoyi</i>                      | indéterminé    |
| Orignal                        | <i>Alces alces</i>                     | lac            |
| Ours brun                      | <i>Ursus americanus</i>                | lac            |
| Pékan                          | <i>Martes pennanti</i>                 | lac            |
| Petite chauve-souris brune     | <i>Myotis lucifugus</i>                | lac et rivière |
| Pipistrelle de l'Est           | <i>Pipistrellus subflavus</i>          | indéterminé    |
| Porc-épic                      | <i>Erethizon dorsatum</i>              | lac et rivière |
| Renard roux                    | <i>Vulpes vulpes</i>                   | lac et rivière |
| Souris                         | <i>Peromyscus sp., Zapus sp., etc.</i> | lac et rivière |
| Tamias rayé                    | <i>Tamias striatus</i>                 | lac et rivière |
| <b>Espèces semi-aquatiques</b> |  |                |
| Castor                         | <i>Castor canadensis</i>               | lac            |
| Loutre de rivière              | <i>Lontra canadensis</i>               | lac et rivière |
| Rat musqué                     | <i>Ondatra zibethicus</i>              | lac et rivière |
| Raton laveur                   | <i>Procyon lotor</i>                   | lac et rivière |
| Vison d'Amérique               | <i>Mustela vison</i>                   | lac et rivière |

Source: Bisonnette et Leblanc (1983), Drolet (1996); MEF, 1998, données non-publiées.

Parmi ces espèces, certaines sont susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables dans un rayon de 100 m autour du lac et de la rivière (P. Aquin, MEF, comm. pers. 1998). En raison de leur statut, leur localisation exacte demeure confidentielle.

L'herpétofaune vient compléter le volet faune semi-aquatique. À cet égard, peu de données sont disponibles hormis l'atlas des amphibiens et des reptiles du Québec (Bider et Matte, 1991,1994). Dans le comté de Québec, 20 espèces de reptiles ou d'amphibiens ont déjà été observées, mais plusieurs de ces mentions ne sont pas récentes. La liste de ces espèces est fournie à l'annexe 3.1. Parmi celles-ci, il y a deux espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables qui ont été observées dans un rayon de 100 m de la rivière ou du lac, soit la tortue des bois et la grenouille des marais (P. Aquin, MEF, comm. pers. 1998). Bien que leur localisation exacte soit confidentielle, il est indéniable que le marais situé dans la partie nord du lac constitue un habitat préférentiel pour ce type de faune. En effet, la plupart des reptiles ou des amphibiens ont un cycle de vie étroitement associé aux milieux humides, que ce soit pour des activités vitales comme la reproduction ou l'hibernation, ou plus simplement ils passent la totalité de leur vie dans l'eau.

### 2.2.3 Faune benthique et dérive d'insectes

Pour obtenir une image sommaire de la productivité biologique de la portion amont de la rivière Saint-Charles, la faune benthique et la dérive d'insectes ont fait l'objet d'un échantillonnage en 1997 dans le tronçon à l'étude.

#### 2.2.3.1 Sélection des stations

La sélection des stations d'échantillonnage a été effectuée pour couvrir toute la diversité d'habitats qu'offre le tronçon étudié. À cet égard, les stations ont été choisies dans des sections de rapides et de seuils où la composition du substrat offrait diverses proportions de gravier (5 à 40 mm), de cailloux (40 à 80 mm) et de galets (80 à 250 mm). Les parcelles-échantillons comprenaient une zone plus lente, généralement près de la rive (zone lentique), et une zone plus rapide (zone lotique), vers le centre de la rivière.

#### 2.2.3.2 Méthodologie

Les travaux de terrain se sont déroulés le 22 juillet 1997, alors que le débit de la rivière était d'environ 1,5 m<sup>3</sup>/s. Afin d'obtenir un meilleur indice de la productivité du milieu, deux types d'échantillonnage ont été réalisés : le premier consiste à prélever les organismes sur le substrat à l'aide d'un filet Surber et, le second, à capturer les organismes en dérive avec un filet conique au pied d'un rapide.

### ***Filet Surber***

Seize parcelles-échantillons ont été inventoriées le long de quatre transects, d'une longueur de 5 m chacun et disposés perpendiculairement à la rive. La figure 2.6 illustre la localisation des transects A et B sur la rive droite, ainsi que C et D sur la rive gauche de la rivière.

Quatre parcelles-échantillons ont été inventoriées le long de chaque transect. Elles sont numérotées de 1 à 4 et réparties comme suit: la première à 0,5 m de la rive (ligne d'eau), la seconde à 1,5 m plus loin vers le milieu de la rivière et ainsi de suite jusqu'à la quatrième. Après une analyse préliminaire des résultats, seule la parcelle-échantillon numéro 4 (à 5 m de la rive) a fait l'objet d'une analyse détaillée pour les transects B et C.

Le filet Surber utilisé couvre une surface de 1100 cm<sup>2</sup> (33,0 cm X 33,0 cm) et possède des mailles de 150 microns. Les organismes benthiques sont délogés manuellement par le brassage la couche supérieure du substrat, afin de la débarrasser de l'épibenthos qui se fixe sur le substrat relativement grossier, comme le gravier. L'ouverture du filet Surber est orientée vers le courant pour recueillir tous les organismes délogés. Ces derniers sont conservés dans de l'alcool à 70 %.

La température de l'eau ainsi que les caractéristiques physiques (profondeur, granulométrie, vitesse du courant en surface) des parcelles-échantillons ont aussi été enregistrées (Tableau 2.5).

### ***Dérive***

La figure 2.6 illustre la localisation des stations de dérive dans la rivière. Les organismes en dérive ont été récoltés le 22 juillet 1997, à une profondeur de 80 cm, à l'aide d'un filet conique de 3 m de longueur et de 75 cm de diamètre, à mailles de 500 microns. Les débris et les organismes recueillis sont conservés dans l'alcool à 70 %. Le filet a été utilisé le jour, de 11 h 05 à 16 h 25 pour une durée de 5 heures 20 minutes, période pendant laquelle les invertébrés benthiques sont moins actifs, puisque les migrations verticales et l'émergence se produisent surtout la nuit. Cette imprécision est toutefois sans conséquences puisque l'utilisation de la dérive se veut avant tout complémentaire au filet Surber, pour vérifier la présence de groupes taxonomiques supplémentaires. Pour ce même motif, un seul des échantillons a été analysé de manière détaillée.

Tous les organismes sont systématiquement identifiés au grand groupe et à l'ordre, et quelquefois à la famille et au genre (Annexe 3.2). Les documents de référence qui ont servi à leur identification sont les suivants : Pennak, 1978; McCafferty, 1981; Peckarsky, 1990; Wiggins, 1977.

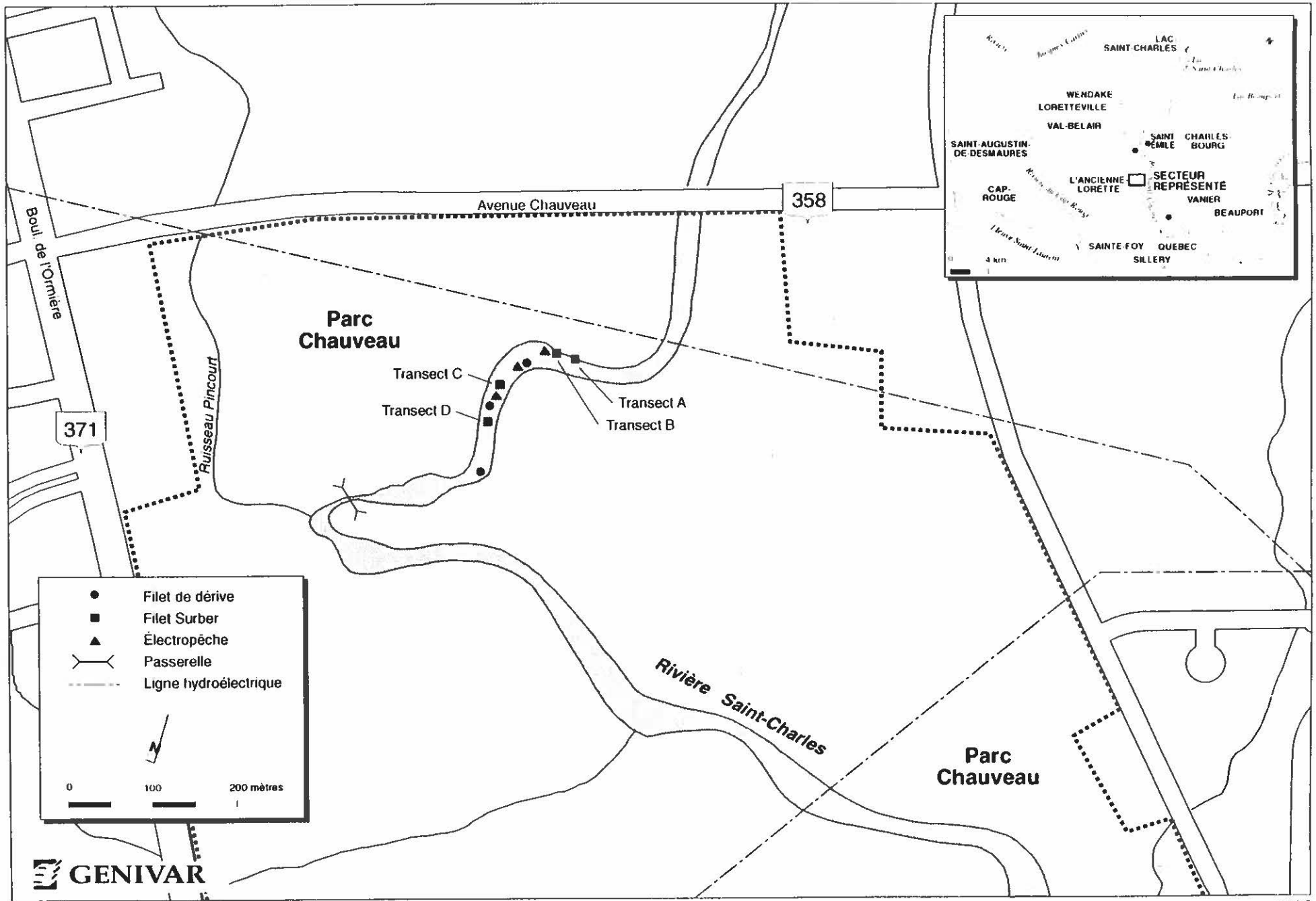


FIGURE 2.6 Localisation des stations d'échantillonnage du benthos et des pêches exploratoires dans le tronçon à l'étude de la rivière Saint-Charles.

TABLEAU 2.5 Caractéristiques physiques des stations d'échantillonnage du benthos dans la rivière Saint-Charles le 22 juillet 1997.

| Section<br>Transect <sup>1</sup> et<br>Placette-<br>Échantillon | PARAMÈTRES PHYSIQUES |                            |                                   |                                 |
|---|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
|   | Profondeur<br>(cm)   | Granulométrie <sup>2</sup> | Vitesse<br>du courant<br>(cm/sec) | Température<br>de l'eau<br>(°C) |
| <b>Seuil</b>  |                      |                            |                                   |                                 |
| A-1   | 10                   | C-V                        | 20                                | 20,5                            |
| A-2   | 25                   | C-G-V                      | 40                                | 20,5                            |
| A-3   | 30                   | G-C-(V) <sup>3</sup>       | 50                                | 20,0                            |
| A-4   | 35                   | G-C                        | 60                                | 20,0                            |
| <b>Rapide</b>   |                      |                            |                                   |                                 |
| B-4   | 25                   | G-C-(V)                    | 100                               | 20,0                            |
| <b>Seuil</b>  |                      |                            |                                   |                                 |
| C-4   | 50                   | G-C-(V)                    | 60                                | 20,0                            |
| <b>Rapide</b>   |                      |                            |                                   |                                 |
| D-1   | 10                   | C-V                        | 30                                | 20,0                            |
| D-2   | 20                   | C-G-(V)                    | 90                                | 20,0                            |
| D-3   | 40                   | G-C-(V)                    | 100                               | 20,0                            |
| D-4   | 50                   | G-C-(V)                    | 120                               | 20,0                            |

<sup>1</sup> Pour la localisation des transects, voir la figure 2.6.

<sup>2</sup> G: galet (80 à 250 mm); C: caillou (40 à 80 mm); V: gravier (5 à 40 mm).

<sup>3</sup> Le gravier entre parenthèses signifie sa présence sous les autres matériaux.

### 2.2.3.3 Traitement des données

Le traitement des données consiste essentiellement à évaluer les indices de diversité de Shannon et de régularité de Pielou à partir des densités obtenues au filet Surber (nombre par 1100 cm<sup>2</sup>) et du nombre total d'organismes en dérive capturés au filet conique. Ces indices constituent des mesures globales de la composition des communautés et de la répartition des différents groupes d'organismes dans celles-ci. L'indice de diversité de Shannon a été calculé sur chacun des échantillons selon la formule de Legendre et Legendre (1984), soit :

$$H = -\sum p_i \log_{10} p_i$$

où  $H$  = indice de diversité;  
 $p_i$  = nombre d'individus de l'espèce  $i$  de l'échantillon;

L'indice de régularité de Pielou (1966) est calculé à partir de celui de Shannon selon la formule suivante:

$$J = \frac{H}{\log_{10} S}$$

où  $H$  = indice de diversité;  
 $S$  = nombre d'espèces

#### 2.2.3.4 Résultats et discussion

Les données d'abondances (numérique et relative) des groupes benthiques sont présentées au tableau 2.6 pour chaque placette-échantillon. L'interprétation de ces données commande une certaine prudence puisque les résultats obtenus reposent sur des relevés qualitatifs ponctuels. Néanmoins, certains constats peuvent être faits, soit :

##### *Abondance des taxons*

- les dix placettes échantillonnées au filet Surber ont permis de dénombrer un total de 2572 spécimens répartis dans 11 groupes taxonomiques;
- le filet conique a permis la récolte de 2415 organismes en dérive, répartis dans 10 groupes taxonomiques, pour un grand total de 4987 spécimens, répartis dans 14 groupes taxonomiques;
- les insectes représentent plus de 97 % de la récolte quelque soit l'engin de récolte, les groupes dominants étant les diptères, les tricoptères, les plécoptères, et les éphéméroptères, des insectes à branchies sensibles aux changements d'habitats et généralement associés aux eaux courantes et bien oxygénées.

##### *Densité*

- les densités sont généralement plus élevées (228 à 491 spécimens/1100 cm<sup>2</sup>) dans les prélèvements effectués près de la rive, où la profondeur et la vitesse du courant sont moins élevées, soit aux placettes-échantillons A-1, A-2, A-3, D-1 et D-2; le substrat de ces sites est généralement plus fin que pour les autres et il comporte du gravier en surface, ce qui est favorable au benthos aux plans de l'espace et de la rétention de détritits (Rabeni et Minshall, 1977);
- les densités d'organismes provenant des placettes-échantillons situées plus en profondeur sont plus faibles (130 à 180 spécimens/1100 cm<sup>2</sup>);

TABLEAU 2.6. Densité et dénombrement des espèces benthiques échantillonnées le 22 juillet 1997 dans la rivière Saint-Charles.

| Taxon                | Placette-échantillon au Surber (densité en nombre par 1100cm <sup>2</sup> ) |            |            |            |            |            |            |            |            |            | Dérive<br>Nombre |             |
|----------------------|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------------|-------------|
|                      | A-1   | A-2        | A-3        | A-4        | B-4        | C-4        | D-1        | D-2        | D-3        | D-4        |                  | Moyenne     |
| <b>Arthropode:</b>   |   |            |            |            |            |            |            |            |            |            |                  |             |
| <b>Insecte</b>       |   |            |            |            |            |            |            |            |            |            |                  |             |
| <i>Diptère</i>       | 142(62,3) <sup>a</sup>  | 17(3,5)    | 150(47,6)  | 131(73,2)  | 59(40,4)   | 116(64,4)  | 262(65,2)  | 147(44,3)  | 74(42,8)   | 61(46,9)   | 115,9(45,1)      | 1467(60,7)  |
| <i>Tricoptère</i>    | 55(24,1)  | 69(14,1)   | 130(41,3)  | 30(16,8)   | 62(42,5)   | 44(24,4)   | 91(22,6)   | 163(49,1)  | 88(50,9)   | 46(35,4)   | 77,8(30,2)       | 492(20,4)   |
| <i>Plécoptère</i>    | 2(0,9)  | 363(73,9)  | 3(1,0)     |            | 2(1,4)     |            | 1(0,2)     | 1(0,3)     | 4(2,3)     | 1(0,8)     | 37,7(14,7)       | 18(0,7)     |
| <i>Éphéméroptère</i> | 25(11,0)  | 30(6,1)    | 28(8,9)    | 6(3,4)     | 16(11,0)   | 11(6,1)    | 14(3,5)    | 10(3,0)    | 4(2,3)     | 13(10,0)   | 15,7(6,1)        | 337(14,0)   |
| <i>Coléoptère</i>    | 2(0,9)  | 2(0,4)     | 1(0,3)     | 3(1,7)     |            | 5(2,8)     | 29(7,2)    | 10(3,0)    | 3(1,7)     | 5(3,8)     | 6,0(2,3)         | 46(1,9)     |
| <i>Hémiptère</i>     |   |            |            |            |            |            |            |            |            |            |                  | 1(<0,1)     |
| <i>Mégaloptère</i>   |   |            |            |            |            |            |            |            |            | 1(0,8)     | 0,1(<0,1)        |             |
| <i>Odonate</i>       |   |            |            |            |            |            | 1(0,2)     |            |            |            | 0,1(<0,1)        |             |
| <i>Hyménoptère</i>   |   |            |            |            |            |            |            |            |            |            |                  | 34(1,4)     |
| <b>Acariforme</b>    |   |            |            |            |            |            |            |            |            |            |                  |             |
| <i>Hydracarien</i>   |   | 4(0,8)     | 1(0,3)     |            |            |            | 1(0,6)     | 1(0,2)     |            |            | 0,7(0,3)         | 16(0,7)     |
| <b>Ver:</b>          |   |            |            |            |            |            |            |            |            |            |                  |             |
| <b>Annélide</b>      |   |            |            |            |            |            |            |            |            |            |                  |             |
| <i>Oligochète</i>    | 2(0,9)  |            |            |            |            |            |            | 1(0,3)     |            | 2(1,5)     | 0,5(0,2)         | 1(<0,1)     |
| <i>Hirudiné</i>      |   |            |            |            |            |            |            |            |            |            |                  | 3(0,1)      |
| <b>Némerte</b>       |   | 6(1,2)     | 2(0,6)     | 5(2,8)     | 7(4,8)     | 3(1,7)     | 3(0,7)     |            |            |            | 2,6(1,0)         |             |
| <b>Mollusque:</b>    |   |            |            |            |            |            |            |            |            |            |                  |             |
| <i>Gastéropode</i>   |   |            |            |            |            |            |            |            |            | 1(0,8)     | 0,1(<0,1)        |             |
| <b>Total</b>         | <b>228</b>  | <b>491</b> | <b>315</b> | <b>179</b> | <b>146</b> | <b>180</b> | <b>402</b> | <b>332</b> | <b>173</b> | <b>130</b> | <b>257,2</b>     | <b>2415</b> |
| Indice de diversité  | 0,44  | 0,39       | 0,45       | 0,39       | 0,51       | 0,43       | 0,44       | 0,42       | 0,41       | 0,54       | 0,58             | 0,57        |
| Indice de régularité | 0,56  | 0,48       | 0,54       | 0,50       | 0,73       | 0,56       | 0,48       | 0,53       | 0,59       | 0,60       | 0,56             | 0,55        |
| Nombre de taxon      | 6   | 7          | 7          | 5          | 5          | 5          | 8          | 7          | 5          | 8          | 11 <sup>b</sup>  | 10          |

a: Le chiffre entre parenthèses indique l'abondance relative (%) du taxon; b: Nombre total de taxons.

- les indices de diversité et de régularité des placettes-échantillons plus en profondeur (B-4 et D-4) sont les plus élevés, témoignant ainsi, selon Legendre (1973) d'une certaine stabilité du milieu.

Le tableau 2.7 présente les principaux descripteurs du benthos de la rivière Saint-Charles ainsi que ceux d'autres rivières du Québec. Il n'existe pas de norme ou de valeur cible permettant de déterminer la qualité d'un cours d'eau en fonction de sa communauté benthique. Toutefois, une comparaison est faite entre ces cours d'eau afin de fournir un bref aperçu de la productivité relative de la rivière Saint-Charles en période estivale. À cet égard, soulignons que les ruisseaux échantillonnés en Gaspésie sont réputés être de bonne qualité et productifs, puisqu'ils abritent des populations d'omble de fontaine et ont été considérés pour devenir des ruisseaux pépinières, pour la production de juvéniles de salmonidés. Cette comparaison, bien qu'essentiellement qualitative, permet néanmoins de dégager les grandes tendances suivantes :

- les insectes et, parmi ceux-ci, les diptères sont dominants dans l'ensemble des milieux, à l'exception du ruisseau de l'Anse à la Barbe, où les éphéméroptères sont les insectes dominants;
- le nombre de groupes taxonomiques est comparable entre les différents milieux;
- les densités les plus élevées sont observées dans le ruisseau Stewart et la rivière Saint-Charles;
- les indices de diversité et de régularité sont intermédiaires dans la rivière Saint-Charles comparativement à l'ensemble des cours d'eau, mais supérieurs à ceux des ruisseaux gaspésiens; ils indiquent que le milieu est relativement stable;
- le portrait général suggère que la rivière Saint-Charles recèle une richesse relativement élevée sur le plan du benthos et qu'elle peut être considérée productive.

Il est cependant difficile de juger de cette productivité en se basant uniquement sur la densité et la variété taxinomiques qu'offre un milieu. Toutefois, il demeure que l'abondance d'invertébrés qui colonisent la rivière, à l'été, est sans aucun doute favorable à la croissance des poissons dans la rivière et que les espèces benthiques recueillies sont associées à des eaux de bonne qualité.

## 2.2.4 Faune ichtyenne

### 2.2.4.1 Inventaires antérieurs

Il n'y a pas eu beaucoup d'inventaires ichtyologiques effectués dans le bassin versant de la Saint-Charles. Des pêches au filet et au verveux ont été effectuées en

TABLEAU 2.7 Densité moyenne et indices de diversité et de régularité des espèces benthiques récoltées en été (juillet et août) dans différentes rivières du Québec.

| Taxon                   | RECOLTE AU FILET SURBER (nombre /1100 cm <sup>2</sup> ) |             |             |               |                      |                      |
|-------------------------|---|-------------|-------------|---------------|----------------------|----------------------|
|                         | Ruisseaux de la Gaspésie <sup>1</sup>                   |             |             | Rivière       | Rivière <sup>2</sup> | Rivière <sup>3</sup> |
|                         | Anse à la Barbe   | Glenburnie  | Stewart     | Saint-Charles | Chaudière            | Malbaie              |
| <b>Arthropode:</b>      |   |             |             |               |                      |                      |
| <b>Insecte</b>          |   |             |             |               |                      |                      |
| <i>Diptère</i>          | 14,9(12,8) <sup>4</sup>                                 | 122,6(75,1) | 295,6(89,3) | 115,9(45,1)   | 30,2(53,3)           | 30,2(53,3)           |
| <i>Tricoptère</i>       | 9,8(8,4)  | 9,0(5,5)    | 4,5(1,4)    | 77,8(30,2)    | 13,5(16,4)           | 5,9(10,4)            |
| <i>Plécoptère</i>       |   |             |             | 37,7(14,7)    | 0,1(0,1)             | 1,1(1,9)             |
| <i>Éphéméroptère</i>    | 73,6(63,2)  | 24,4(14,9)  | 9,6(2,9)    | 15,7(6,1)     | 11,3(13,8)           | 6,9(12,2)            |
| <i>Coléoptère</i>       | 3,9(3,3)  | 0,2(0,1)    | 0,2(0,1)    | 6,0(2,3)      | 3,6(4,4)             | 0,3(0,5)             |
| <i>Mégaloptère</i>      |   |             |             | 0,1(<0,1)     |                      |                      |
| <i>Odonate</i>          |   |             |             | 0,1(<0,1)     |                      |                      |
| <i>Collembole</i>       | 0,1(0,1)  | 0,1(<0,1)   |             |               |                      |                      |
| <i>Isoptère</i>         | 0,1(0,1)  |             |             |               |                      |                      |
| <i>Lépidoptère</i>      |   | 0,2(0,1)    |             |               |                      |                      |
| <b>Acariforme</b>       |   |             |             |               |                      |                      |
| <i>Hydracarien</i>      | 0,1(0,1)  | 0,2(0,1)    | 1,5(0,5)    | 0,7(0,3)      | 2,9(3,5)             | 0,6(1,0)             |
| <b>Ver:</b>             |   |             |             |               |                      |                      |
| <b>Annélide</b>         |   |             |             |               |                      |                      |
| <i>Oligochète</i>       | 0,8(0,7)  | 2,6(1,6)    | 2,0(0,6)    | 0,5(0,2)      | 7,7(9,3)             | 9,4(16,7)            |
| <i>Hirudiné</i>         |   |             |             |               | 0,8(1,0)             |                      |
| <b>Némerte</b>          |   |             |             |               |                      |                      |
| <i>Branchiobdellidé</i> |   |             |             | 2,6(1,0)      |                      | 9,4(1,2)             |
| <b>Plathelminthe</b>    |   |             |             |               |                      |                      |
|                         |   | 0,3(0,2)    | 2,0(0,6)    |               | 1,3(1,6)             |                      |
| <b>Mollusque:</b>       |   |             |             |               |                      |                      |
| <i>Gastéropode</i>      |   |             | 0,2(<0,1)   | 0,1(<0,1)     | 3,2(3,9)             | 0,9(1,6)             |
| <i>Pélicypode</i>       | 13,1(11,3)  | 3,5(2,2)    | 15,3(4,6)   |               | 1,3(1,6)             | 0,4(0,7)             |
| <b>Crustacé:</b>        |   |             |             |               |                      |                      |
| <i>Décapode</i>         |   |             |             |               |                      | 0,1(0,2)             |
| <i>Amphipode</i>        | 0,2(0,1)  |             |             |               |                      |                      |
| Densité moyenne         | 116,4   | 163,2       | 280,6       | 257,2         | 82,2                 | 56,6                 |
| Indice de diversité     | 0,51  | 0,37        | 0,22        | 0,58          | 0,75                 | 0,63                 |
| Indice de régularité    | 0,51  | 0,36        | 0,22        | 0,56          | 0,69                 | 0,59                 |
| Nombre de taxon         | 10  | 10          | 9           | 11            | 11                   | 11                   |

1 Données tirées de Bérubé, 1989;

2 Données tirées de Harvey, 1995;

3 Données tirées de Brouard et Harvey, 1996;

4 Le chiffre entre parenthèses indique l'abondance relative (%) du taxon.

1960, 1983, 1984, 1986, 1990 et en 1993. En regroupant ces données, 10 espèces de poisson ont été recensées dans le lac Saint-Charles entre 1960 et 1990 (Tableau 2.8).

La présence de salmonidés dans le lac serait essentiellement liée auxensemencements effectués entre 1944 et 1979 (Annexe 3.3). Ceux-ci n'ont cependant pas mené à l'implantation d'une population solidement établie qui pourrait supporter une pêche sportive intensive. D'ailleurs, une caractérisation biologique du lac réalisée par le MEF en 1990 a mené à la conclusion que celui-ci ne présente aucun potentiel pour le doré et pour les salmonidés (J. Boivin, MEF, comm. pers. 1998). Certaines espèces comme le cisco de lac, l'achigan à petite bouche et la perchaude représentent tout de même un intérêt pour les pêcheurs sportifs. Par ailleurs, il est abondamment fait mention de pêche sportive au grand brochet dans le lac, bien que cette espèce n'ait jamais été capturée lors des inventaires. Cette présence, qui serait récente (moins de 10 ans), contribue vraisemblablement à la raréfaction de l'omble de fontaine dans les captures sportives, puisque le grand brochet est un prédateur piscivore au sommet de la chaîne alimentaire. Enfin, il y aurait toujours des captures occasionnelles de touladi même si cette espèce n'a pas été recensée lors des derniers inventaires.

Dans la rivière Saint-Charles, les inventaires n'ont pas été plus fréquents mais le dernier est récent (1993). Neuf espèces ont été recensées et seulement quatre d'entre elles sont également présentes dans le lac, soit l'omble de fontaine, le meunier rouge, le meunier noir et la perchaude (Tableau 2.8). D'autres espèces seraient présentes dans la rivière selon les captures effectuées par les pêcheurs sportifs, soit notamment l'achigan à petite bouche et le grand brochet (S. Brouard, Association Pêche en ville, comm. pers. 1997). Ce dernier provient probablement de la populationensemencée dans le lac Saint-Charles et il colonise graduellement la rivière. Incidemment, celle-ci recelait autrefois une population de grand brochet, espèce fréquemment capturée il y a plus de 50 ans (J. Boivin, MEF, comm. pers. 1998). Il est également fait mention de la présence de truite brune (*Salmo trutta*), mais il s'agit probablement d'une erreur, la truite arc-en-ciel possédant une large gamme de coloris, elle est parfois confondue avec la truite brune. D'ailleurs, celle-ci n'a jamais étéensemencée et il lui est impossible de provenir du fleuve puisqu'elle aurait à transiter par les nombreux barrages infranchissables aménagés sur le cours de la rivière.

Dès 1934, la rivière a également profité de nombreuxensemencements gouvernementaux de divers salmonidés (Annexe 3.3). À l'époque, ils étaient peu fréquents mais au début des années 1980, ils ont été plus réguliers et soutenus. Ces derniers n'incluent toutefois pas les interventions réalisées par les associations à but non lucratif. Par exemple, l'Association Kabir Kouba aensemencé, en 1984, 7000 ombles de fontaine et truites arc-en-ciel, alors que la Corporation Pêche en ville Inc. procède à

TABLEAU 2.8 Espèces ichthyennes recensées dans le réseau hydrographique de la rivière Saint-Charles.

| Nom latin                     | Nom commun              | Années de capture |           |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------|-----------|
| <b>Lac</b>                    |                         |                   |           |
| <i>Salvelinus namaycush</i>   | touladi                 | 1960              |           |
| <i>Coregonus artedii</i>      | cisco de lac            | 1960              | 1986      |
| <i>Catostomus catostomus</i>  | meunier rouge           | 1960              | 1990      |
| <i>Catostomus commersoni</i>  | meunier noir            | 1960              | 1990      |
| <i>Ictalurus nebulosus</i>    | barbotte brune          | 1960              |           |
| <i>Micropterus dolomieu</i>   | achigan à petite bouche | 1960              |           |
| <i>Perca flavescens</i>       | perchaude               | 1960              | 1990      |
| <i>Salvelinus fontinalis</i>  | omble de fontaine       | 1960              | 1990      |
| <i>Lepomis gibbosus</i>       | crapet-soleil           |                   | 1984 1990 |
| <i>Semotilus margarita</i>    | mulet perlé             |                   | 1990      |
| <b>Rivière</b>                |                         |                   |           |
| <i>Salvelinus fontinalis</i>  | omble de fontaine       |                   | 1983      |
| <i>Etheostoma nigrum</i>      | Raseux-de-terre noir    |                   | 1993      |
| <i>Rhinichthys cataractae</i> | Naseux des rapides      |                   | 1993      |
| <i>Rhinichthys atratulus</i>  | Naseux noir             |                   | 1993      |
| <i>Notropis cornutus</i>      | Méné à nageoires rouges |                   | 1993      |
| <i>Catostomus catostomus</i>  | meunier rouge           |                   | 1993      |
| <i>Catostomus commersoni</i>  | meunier noir            | 1983              | 1993      |
| <i>Perca flavescens</i>       | perchaude               |                   | 1993      |
| <i>Salmo gairdneri</i>        | truite arc-en-ciel      | 1984              | 1993      |

Sources: MEF, données non-publiées, 1997.

desensemencements annuels pour son festival de pêche, soit : 10 000 truites arc-en-ciel par année de 1983 à 1987 et entre 8 500 et 15 000 ombles de fontaine par année depuis 1988. Les injections dans la rivière sont effectuées à partir de trois sites dont deux sont situés en amont et l'autre en aval de la chute Kabir Kouba.

Enfin, l'ensemble du bassin versant a été analysé récemment pour identifier de façon macroscopique les habitats de fraie des différentes espèces le peuplant. L'annexe 3.4 présente la cartographie générale de ces habitats. Le lac Saint-Charles n'est pas caractérisé à cet égard bien que les zones peu profondes, particulièrement le marais, soient des habitats de fraie potentiels pour la perchaude et le grand brochet. Par ailleurs, les habitats aquatiques dans le tronçon étudié seraient de bonne qualité pour la fraie de l'omble de fontaine, entre Château d'Eau et l'embouchure de la rivière Lorette. En amont de cette section, jusqu'au lac Saint-Charles, la qualité des habitats est considérée mauvaise pour la fraie de la perchaude, des meuniers et du naseux

des rapides, et nulle pour l'omble de fontaine. Par ailleurs, la rivière des Hurons offre un excellent potentiel de fraie pour l'omble de fontaine dans certains de ses tronçons, ainsi qu'un potentiel relativement bon pour les autres espèces, ailleurs, sauf près de son embouchure. Cette rivière pourrait donc contribuer à la production du lac en permettant la croissance des jeunes stades pour la perchaude, les meuniers et le grand brochet.

#### 2.2.4.2 Pêches complémentaires

Dans le but de compléter l'information disponible sur la faune ichthyenne de la rivière et du lac Saint-Charles, des pêches exploratoires ont été effectuées dans le lac et dans le tronçon de rivière à l'étude.

##### ***Aspects méthodologiques***

Les travaux de terrain se sont déroulés du 23 au 25 juillet 1997. Deux types d'engins de pêche permettant la remise à l'eau des captures vivantes ont été utilisés:

- une trappe de type Alaska avec une ouverture de 1,8 m x 0,9 m, à mailles de 0,32 cm, munie de quatre cerceaux d'un diamètre de 0,76 m et d'ailerons de 6 m de longueur, ainsi que d'un guideau central de 50 m de longueur et 1,8 m de hauteur;
- et une électropêche Coffelt modèle Mark 10 CPS.

La trappe (Annexe 1, photo 3) a été utilisée dans le grand marais (profondeur de 0,5 à 1,5 m) et la baie Charles-Talbot (2,0 m). Ces deux sites ont été choisis car ils représentent des milieux généralement riches qui servent souvent de pépinières pour les poissons au stade juvénile. L'électropêche a été utilisée dans un rapide, dans une fosse et dans un seuil de la rivière, afin de couvrir tous les types d'habitats présents. La localisation des stations de pêche est illustrée aux figures 2.6 et 2.7.

Le tableau 2.9 présente l'effort de pêche consenti, par station et par engin. Chaque effort de pêche à la trappe comprend au moins une nuit de pêche.

##### ***Analyse***

Les pêches réalisées dans la rivière et dans les milieux peu profonds du lac Saint-Charles ont permis de recenser 11 espèces de poissons (Tableau 2.10). Un total de 5322 poissons ont été capturés dans le lac Saint-Charles et 54 dans la rivière. Une nouvelle espèce s'ajoute à la liste du tableau 2.8, soit la chatte de l'est capturée dans le lac.

TABLEAU 2.9 Effort de pêche dans le lac (heure) et dans la rivière Saint-Charles (m<sup>2</sup>), par engin, du 23 au 25 juillet 1997.

| Engin et station de pêche <sup>1</sup> | Date de capture |          |       | Total              |
|--|-----------------|----------|-------|--------------------|
|  | 23/07           | 24/07    | 25/07 |                    |
| Trappe Alaska (Grand marais)           | 15,25           | 24,00    | -     | 39,25              |
| Trappe Alaska (Baie Charles-Talbot)    | -               | -        | 20,75 | 20,75              |
| Électropêche (Rivière)                 | Rapide          | 40 x 4 m | -     | 160 m <sup>2</sup> |
|  | Fosse           | 10 x 6 m | -     | 60 m <sup>2</sup>  |
|  | Seuil           | 50 x 4 m | -     | 200 m <sup>2</sup> |

1 Pour la localisation des stations, voir les figures 2.6 et 2.7.

Dans le lac, que ce soit dans le grand marais ou la baie Charles-Talbot, la barbotte brune est de loin l'espèce dominante. Il est reconnu que la dominance de seulement quelques espèces peut être reliée à des conditions particulières du milieu, généralement extrêmes (Swartz, 1972). La barbotte brune est une espèce opportuniste dont la tolérance est grande en présence de températures élevées et de faibles concentrations en oxygène des eaux. Il est surprenant qu'elle n'ait été capturée qu'à une seule reprise antérieurement, soit en 1960. Bien que son habitat préférentiel soit justement celui rencontré dans le marais et la baie, puisqu'elle utilise les eaux herbeuses sur fond de vase pour s'alimenter et pour se reproduire (Scott et Crossman, 1974), sa dominance indique que les habitats aquatiques du lac sont relativement limitants, ce qui favorise les espèces tolérantes.

Par ailleurs, l'absence du grand brochet dans les captures est, en première analyse, également surprenante en raison de la pêche sportive qui est pratiquée dans le lac.

En ce qui a trait à la rivière, il faut d'abord préciser que les résultats obtenus sont qualitatifs, puisque ce sont des stations ouvertes d'électropêche qui ont été réalisées et que ce ne sont pas l'ensemble des spécimens présents qui ont été capturés. Néanmoins, la dominance du naseux des rapides est évidente. Il a été principalement capturé dans les zones de rapides en faible profondeur. Il s'agit d'une espèce de petite taille, typique des cours d'eau propres à courant rapide et à fond de cailloux ou de gravier (Scott et Crossman, 1974). Les adultes se nourrissent particulièrement de larves de diptères, lesquelles sont abondantes dans la rivière. Cette espèce constitue par ailleurs une proie de choix pour l'omble de fontaine.

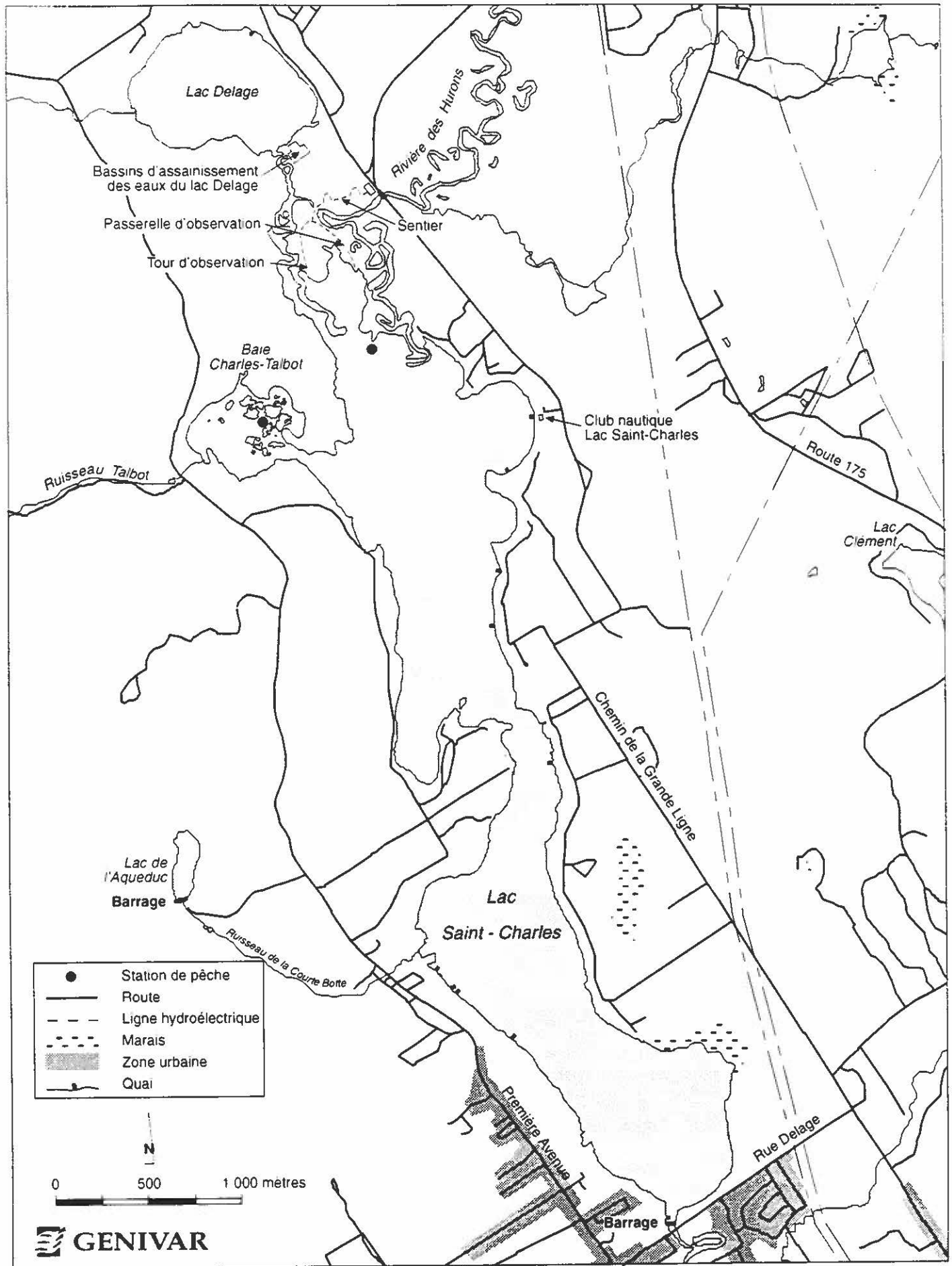


FIGURE 2.7 Localisation des stations de pêches exploratoires et de quelques infrastructures dans le lac Saint-Charles.

TABLEAU 2.10 Nombre (N) et abondance relative (%) des espèces de poisson capturées dans le lac et la rivière Saint-Charles du 23 au 25 juillet 1997.

| Nom commun                 | Nom latin                      | N    | (%)   |
|----------------------------|--------------------------------|------|-------|
| <b>Grand marais</b>        |                                |      |       |
| Barbotte brune             | <i>Ictalurus nebulosus</i>     | 3965 | 92,4  |
| Chatte de l'est            | <i>Notemigonus crysoleucas</i> | 299  | 6,8   |
| Perchaude                  | <i>Perca flavescens</i>        | 31   | 0,7   |
| Meunier noir               | <i>Catostomus commersoni</i>   | 2    | <0,1  |
| Crapet-soleil              | <i>Lepomis gibbosus</i>        | 0    | 0     |
| Total                      |                                | 4297 | 100,0 |
| <b>Baie Charles-Talbot</b> |                                |      |       |
| Barbotte brune             | <i>Ictalurus nebulosus</i>     | 826  | 80,6  |
| Perchaude                  | <i>Perca flavescens</i>        | 164  | 16,0  |
| Crapet-soleil              | <i>Lepomis gibbosus</i>        | 19   | 1,8   |
| Chatte de l'est            | <i>Notemigonus crysoleucas</i> | 15   | 1,5   |
| Meunier noir               | <i>Catostomus commersoni</i>   | 1    | 0,1   |
| Total                      |                                | 1025 | 100,0 |
| Grand total                |                                | 5322 |       |
| <b>Rivière</b>             |                                |      |       |
| Naseux des rapides         | <i>Rhinichthys cataractae</i>  | 41   | 75,9  |
| Raseux-de-terre noir       | <i>Etheostoma nigrum</i>       | 5    | 9,3   |
| Méné à nageoires rouges    | <i>Notropis cornutus</i>       | 3    | 5,5   |
| Meunier noir               | <i>Catostomus commersoni</i>   | 2    | 3,7   |
| Meunier rouge              | <i>Catostomus catostomus</i>   | 2    | 3,7   |
| Ombre de fontaine          | <i>Salvelinus fontinalis</i>   | 1    | 1,9   |
| Total                      |                                | 54   | 100,0 |

Les meuniers, les ménés à nageoires rouges ainsi que l'ombre de fontaine ont été capturés dans les fosses de la rivière. La faible abondance de l'ombre de fontaine dans les captures n'est pas un juste reflet de la population généralement présente dans la rivière à ce temps de l'année, en raison desensemencements effectués plus tôt en saison estivale. En 1997, il y aurait eu une surexploitation locale de cette espèce, particulièrement dans la zone d'étude, qui serait responsable de sa faible représentativité dans ce tronçon. L'habitat en rivière est plus favorable que celui en

lac pour cette espèce et, notamment, des organismes benthiques comme les tricoptères et les plécoptères sont dominants dans la rivière et constituent une nourriture recherchée par l'omble de fontaine (Williams, 1980). D'ailleurs, il y aurait de la reproduction en rivière selon la taille des captures sportives puisque des spécimens de 10 cm environ sont pêchés, alors que la taille des poissons ensemencés est supérieure à 20 cm (S. Brouard, Association Pêche en ville, comm. pers. 1997).

## 2.3 Milieu humain

La section suivante présente les différents intervenants du milieu, ainsi que la façon dont ils utilisent le lac et la rivière Saint-Charles, en amont de la confluence avec la rivière Lorette.

### 2.3.1 Organisation administrative et démographie

Le lac et le secteur amont de la rivière Saint-Charles chevauchent six municipalités soit : Lac-Saint-Charles, Lac Delage, Stoneham et Tewkesbury, Québec (quartier Neufchâtel et Duberger - les Saules), Saint-Émile et Loretteville. Ces municipalités font partie de la Communauté urbaine de Québec (CUQ), sauf Lac Delage ainsi que Stoneham et Tewkesbury qui sont rattachées à la municipalité régionale de comté (MRC) de la Jacques-Cartier. Par ailleurs, une mince bande de terre, située à environ 600 m en amont de Château d'Eau et orientée perpendiculairement à la rivière, appartient à la nation Huronne-Wendat.

Pour l'ensemble du bassin versant du Lac-Saint-Charles, la population a plus que doublé depuis 20 ans, alors qu'elle est passée de près de 6000 habitants en 1976 à plus de 13 000 en 1995 (Légaré, 1996). Pour sensiblement la même période, celle de la municipalité de Lac-Saint-Charles a connu un essor majeur. Elle est passée de 2800 à 8500 personnes environ, c'est-à-dire un accroissement de plus de 360 % (Lise Rhéaume, municipalité de Lac-Saint-Charles, comm. pers. 1997).

### 2.3.2 Tenure des terres et zonage municipal

La Ville de Québec est le principal propriétaire riverain du lac Saint-Charles. Elle possède une grande superficie de terrain en bordure du lac en plus d'une servitude d'inondation sur ses rives (Beaulieu *et al.*, 1992). Ces terrains forment la «zone de conservation» décrite par le règlement de zonage de la municipalité de Lac-Saint-Charles.

En bordure du tronçon étudié de la rivière Saint-Charles, la majorité des terres sont la propriété des municipalités et possèdent une affectation d'usages communautaire, récréatif et de conservation. Les autres terres sont essentiellement privées et

destinées à des usages résidentiel et commercial, alors que les terres agricoles occupent à peine 1 % des rives de la rivière. Enfin, aucun territoire à vocation industrielle n'y est recensé (Enviram, 1994).

### **Ville de Québec**

La ville de Québec possède des droits de juridiction sur le lac Saint-Charles depuis 1847, qui concernent uniquement l'exercice entourant la fonction de réservoir (Beaulieu *et al.*, 1992). Les pouvoirs actuels découlent de la charte de Québec de 1929 et lui permettent :

- de construire un aqueduc dans la Ville de Québec et en dehors de celle-ci jusqu'à une distance de 80 km (ce qui couvre l'ensemble du bassin hydrographique);
- d'interdire la baignade dans un rayon de 11,25 km en amont de la prise d'eau; d'interdire le lavage ou le nettoyage de quoi que ce soit dans quelque réservoir, lac, bassin, source ou fontaine où serait puisée l'eau de la ville ; d'interdire de jeter ou de mettre des ordures dans ces sources d'eau;
- d'interdire le flottage de bois sur le lac et la rivière Saint-Charles en amont de l'écluse (barrage);
- d'interdire l'érection de toute construction, dont les égouts pourraient atteindre les eaux de la rivière ou du lac Saint-Charles, sur leurs abords ou ceux de la rivière Jaune;
- d'interdire l'utilisation d'embarcations en amont de la prise d'eau, sauf aux propriétaires riverains et à leurs invités; d'interdire sans exception l'emploi de moteurs à essence sur le lac;
- d'interdire, entre le 1<sup>er</sup> octobre et le 30 décembre, la pêche en amont de l'écluse (barrage);
- de permettre l'utilisation de canots aux membres de la bande huronne de Lorette, sauf si ceux-ci sont munis de moteurs à essence;
- d'interdire l'utilisation de planches à voile sur le lac sauf pour les propriétaires riverains, leurs invités et les membres de la bande huronne de Lorette.

À cette charte se sont ajoutées les conditions de gestion de l'eau du lac suivantes, en vertu du décret gouvernemental n° 481-84 émis en février 1984 :

«en aucun temps de l'année le niveau de l'eau en amont du barrage ne devra dépasser la cote 150,46 m pourvu qu'aucun terrain, ouvrage ou droit au-delà de la cote 151,68 m ne soit affecté»;

«le débit en aval du barrage ne devra en aucun temps être inférieur au débit minimal naturel du cours d'eau, lequel est estimé à  $0,09 \text{ m}^3/\text{s}$ ».

En bref, la cote normale d'exploitation du lac Saint-Charles est établie à 150,46 m. Toutefois, occasionnellement, le niveau du lac peut atteindre une cote maximale de 151,68 m (ex. lors de crues).

### ***Autres propriétaires riverains***

Les quelque 220 propriétaires riverains du lac Saint-Charles et la communauté huronne sont les seuls à posséder un accès privilégié au lac. Les activités permises sont limitées, mais la tranquillité du plan d'eau est appréciée et la généralisation de l'accès est rejetée par les résidents. La municipalité de Stoneham et Tewkesbury a même retiré «l'usage public» de son règlement de zonage (Pierre Desrosiers, mun. de Stoneham et Tewkesbury, comm. pers. 1997).

L'Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles (APEL) est également propriétaire de terrains (61 ha) en bordure de la baie Charles-Talbot depuis 1991. Elle se préoccupe particulièrement de la protection des berges et des marais ainsi que de la sensibilisation des gens face à la conservation du milieu.

Le long de la rivière Saint-Charles, les chalets existants ne peuvent être agrandis et la construction neuve y est interdite à cause de la contrainte d'inondation décrétée par le schéma d'aménagement de la CUQ (Beaulieu *et al.*, 1992).

### 2.3.3 Infrastructures en place

#### 2.3.3.1 Barrages

Cinq barrages ont été dénombrés sur l'ensemble du réseau hydrographique de la rivière Saint-Charles, dont quatre sont situés sur la portion amont de la rivière. De l'aval vers l'amont, il s'agit du barrage de contrôle des crues, de ceux (un barrage et un seuil) de Château d'Eau et de celui du lac Saint-Charles.

Le barrage de contrôle, construit en 1983, est en fait un seuil de 9 m aménagé sur la rivière à environ 2 km en amont de l'embouchure de la rivière Lorette. Il s'agit d'un ouvrage de contrôle des crues et des embâcles de glace qui crée un bassin de 305 m de longueur dont le niveau de retenue estival est de 2,5 m (cote non géodésique).

Quant au barrage de Château d'Eau, érigé en 1953 et d'une hauteur de 1,5 m, il permet le rehaussement du plan d'eau pour la prise d'eau de l'usine de traitement qui fournit l'eau potable de la Ville de Québec. Environ 300 m en aval de ce barrage, un

seuil (non étanche) a été construit afin de retarder l'écoulement des eaux. La présence de cette structure crée un bassin de rétention.

Enfin, à l'exutoire du lac Saint-Charles, un barrage reconstruit au début des années 50 et opéré par la Ville de Québec contrôle le niveau d'eau du lac afin d'assurer un débit adéquat pour des fins d'approvisionnement en eau potable (Annexe 1, photo 4). Cette structure contient sept pertuis de 3,66 m (12 pieds) de large dans lesquels des poutrelles en bois peuvent être installées jusqu'à une cote de 150,42 m. Ces dernières ne sont généralement utilisées que lorsque les volumes d'eau à évacuer sont très élevés, lors de la crue printanière par exemple. De plus, deux ouvertures de fond de 1,52 m par 1,22 m (5 pi X 4 pi) équipées de vannes contrôlables à distance sont situées du côté droit de l'ouvrage. Ce sont essentiellement ces deux vannes qui sont utilisées sur une base régulière pour ajuster le débit évacué du lac Saint-Charles.

Le barrage est par ailleurs muni d'une passe migratoire en rive droite, mais cette dernière semble peu fonctionnelle. Elle a été probablement construite en même temps que le barrage il y a plus de 40 ans et le motif ainsi que l'espèce visée pour lesquels elle a été construite sont indéterminés (J. Boivin, MEF, comm. pers. 1998). De toute manière, en raison des espèces présentes actuellement dans le lac et en aval du barrage, un tel ouvrage semble inutile. De plus, il existe des obstacles infranchissables plus en aval sur la rivière qui isolent l'ichtyofaune de la Saint-Charles et celui du fleuve Saint-Laurent.

### 2.3.3.2 Autres aménagements

#### ***Aqueduc et égouts***

À l'exception des quartiers situés dans le tronçon de la rivière Saint-Charles inclus dans la municipalité de Saint-Émile, les quartiers limitrophes à la portion amont de la rivière sont entièrement desservis par un réseau d'aqueduc et d'égouts. Cependant, à Loretteville, en amont de la prise d'eau potable, quelques résidences n'ont que le service d'aqueduc (réf. AQUQ).

Le secteur central de la municipalité de Lac-Saint-Charles est desservi par un réseau d'aqueduc et d'égout, ainsi que les habitations situées le long de la Première Avenue jusqu'à la rue de l'Aqueduc et sur la rue des Épinettes rouges. Les autres quartiers résidentiels ont des installations septiques et des puits artésiens. Les résidences sises en bordure du lac dans les Cantons-Unis de Stoneham et Tewkesbury ne sont pas reliées à un service d'égout et d'aqueduc.

En ce qui concerne les égouts pluviaux, plusieurs émissaires ont été identifiés sur l'ensemble du réseau hydrographique alors que trois égouts combinés (pluvial et sanitaire) ont été dénombrés, soit immédiatement en aval de la prise d'eau potable de Château d'Eau et à l'embouchure des rivières Lorette et du Berger.

### ***Quai et passerelle***

Un quai est aménagé à la base de plein air (Figure 2.7) et est géré par le Club nautique du lac Saint-Charles. Par ailleurs, plusieurs propriétaires riverains ont de petits quais privés. Un réseau de passerelles sur pilotis a été aménagé par l'APEL pour accéder au marais du bassin nord du lac (Figure 2.7).

### ***Projet de marais***

Un projet de marais filtrant est actuellement à l'étude pour améliorer la qualité de l'eau du fossé drainant le terrain de golf Sherbourg. En première analyse, un tel projet pourrait s'avérer bénéfique pour le lac Saint-Charles, puisqu'il permettrait une certaine épuration de l'eau provenant de ce fossé, dans la mesure où les apports de phosphore sont effectivement problématiques.

Le projet en est à ses débuts et sa faisabilité sera reliée à son efficacité à diminuer les apports en nutriments ou en pesticides de même qu'à sa compatibilité avec la gestion du lac. À ce chapitre, les aménagements devraient se situer en dehors de la zone de marnage du lac afin de jouer pleinement leur rôle d'épuration.

## 2.3.4 Utilisation du lac et de la rivière Saint-Charles

### ***Réservoir d'eau potable***

Le lac Saint-Charles constitue la réserve d'eau potable de la Ville de Québec. Cette dernière dispose d'une usine de traitement des eaux pour effectuer un traitement primaire de cette eau. Elle possède aussi une règle et une sonde à pression permettant de mesurer le niveau du lac. Le niveau d'exploitation estival moyen du plan d'eau oscille près de la cote de 150,5 m.

### ***Activités récréatives et touristiques***

#### *Lac Saint-Charles*

Quelques activités récréatives sont pratiquées sur le lac Saint-Charles comme la pêche sportive, la voile, le canot, etc. Il n'existe pas de statistiques officielles d'effort de pêche, de capture ou d'achalandage. Ces activités sont essentiellement

pratiquées par les propriétaires riverains car il n'y a aucun accès public au lac Saint-Charles (Marc Bédard, municipalité de Lac-Saint-Charles, comm. pers., 1997), malgré qu'il y ait un club nautique muni d'un quai et louant des embarcations. La ville de Québec a même érigé une clôture sur ses terrains en bordure du premier lac, près du barrage, pour interdire l'accès aux baigneurs et aux véliplanchistes non résidants de la municipalité de Lac-Saint-Charles (Beaulieu *et al.*, 1992). Rappelons qu'aucune embarcation motorisée n'est permise sur le lac.

L'APEL offre depuis 1985 des tours guidés en bateau pour des groupes dans un but de sensibilisation et d'éducation. Depuis son instauration, environ 30 000 personnes auraient participé à cette activité (Lucie Garneau, APEL, comm. pers. 1997). Au cours de cette même année, l'APEL inaugurerait un sentier d'interprétation dans le marais situé au nord du lac Saint-Charles pour sensibiliser la population locale et régionale à l'importance des milieux humides.

Enfin, en bordure du lac, soulignons la présence du Club de golf Sherbourg et d'un réseau de sentiers de ski de fond.

#### *Rivière Saint-Charles*

Quatre parcs récréatifs sont inclus dans la portion amont de la rivière. Il s'agit, de l'aval vers l'amont, du parc Duberger-Les Saules, à proximité de l'embouchure de la rivière Lorette, du parc Chauveau, à mi-chemin entre la rivière Lorette et Château d'Eau, de la chute Kabir Kouba au village Huron et du parc Jean-Roger Duran, à Loretteville, juste en amont cette chute. La plupart de ces parcs se limitent à des infrastructures légères tels que des sentiers de randonnée pédestre et d'interprétation, des aires de pique-nique, etc. Cependant, le parc Chauveau compte des équipements plus lourds tel qu'un centre communautaire, une patinoire, une piscine, des terrains pour la pratique de sports, etc. Soulignons enfin qu'à la confluence des rivières Jaune et Saint-Charles se trouve un parc non aménagé.

Les principales activités récréatives pratiquées dans la rivière Saint-Charles sont la baignade et la pêche en période estivale ainsi que le canot et le kayak surtout en période printanière, lorsque la crue gonfle les eaux de la rivière suffisamment pour pratiquer ce type d'activité.

Il n'existe pas de statistiques officielles d'exploitation halieutique puisque le tronçon étudié de la rivière et le lac sont des territoires libres. Toutefois, en ce qui concerne les nombreux ensemencements consentis dans la rivière à ce jour, il y aurait seulement 14 % de ces poissons capturés par la pêche sportive. Cette récolte est constituée principalement d'adultes (42 %) et de juvéniles de un an (13 %).

### ***Trappage et chasse***

Des activités de trappage sont réalisées autour du bassin nord du lac Saint-Charles (APEL, 1981; Bissonnette et Leblanc, 1983) et visent particulièrement les espèces suivantes : le rat musqué, le castor, le renard roux, le vison d'Amérique, le raton laveur, la martre, le coyote, le pékan, la loutre de rivière, la belette et le lièvre d'Amérique. La chasse au petit gibier est également pratiquée dans ce secteur.

### ***Exploitation forestière***

Dans la région du lac Saint-Charles, plusieurs propriétaires exploitent intensivement leurs boisés privés pour le bois de chauffage, créant de grandes zones de coupe à blanc (Beaulieu *et al.*, 1992). C'est le cas particulièrement du mont de la Neigette, dont le sommet et les flancs sont passablement dénudés. Cette activité est lucrative en raison de la quantité et de la proximité d'habitations de villégiature d'hiver. Par ailleurs, certaines érablières sont exploitées de façon artisanale.

### ***Exploitation agricole***

Dans la zone d'étude, l'agriculture est marginale et il n'y a que quelques établissements isolés (Lupien, 1984). Aucun terrain ne fait partie du territoire agricole protégé par la CPTAQ.

## **3. ÉVALUATION DU DÉBIT ÉCOLOGIQUE**

---

L'évaluation du débit écologique (ou débit réservé) de la rivière Saint-Charles présentée dans ce chapitre se divise en cinq sections. Dans un premier temps, le choix de la méthode d'analyse de même que la sélection d'un site pour l'application de la méthode sont abordés. Les sections suivantes présentent la méthodologie d'élaboration des modèles hydrodynamique et d'habitat, ainsi que les résultats des simulations. Enfin, une discussion sur le débit écologique complète ce chapitre.

### **3.1 Choix de la méthode d'analyse**

#### **3.1.1 Aperçu des méthodes existantes**

Le débit réservé se définit comme le débit minimal qui doit être maintenu dans un cours d'eau afin d'y assurer divers usages (i.e. faune aquatique, navigation, esthétique, etc.). Les premières évaluations d'un débit réservé remontent au milieu des années 50 dans l'ouest américain où la pression d'utilisation de la ressource en eau était particulièrement forte. Depuis ce temps, plusieurs méthodes d'évaluation ont été développées et celles-ci peuvent se diviser en trois groupes, soit: les méthodes hydrologiques, les méthodes hydrauliques et les méthodes de préférence d'habitat ou hydrobiologiques.

Les méthodes hydrologiques, basées uniquement sur une analyse des séries hydrologiques, se caractérisent par leur simplicité, par la rapidité d'évaluation et par la possibilité d'application à une échelle régionale. Par contre, elles ne tiennent pas compte des caractéristiques hydrauliques du cours d'eau et elles ne peuvent être utilisées pour la discrimination entre les différents besoins en eau. Quelques exemples types sont la méthode de Montana ou Tennant (Tennant, 1976) qui suggère l'utilisation de 30 % du débit annuel moyen comme débit réservé, ou encore la méthode du débit aquatique de base (Kulik, 1991) qui est calculé à partir des courbes de débits classés. Deux études récentes présentent une comparaison de méthodes hydrologiques. L'étude de Belzile *et al.* (1997) compare diverses méthodes hydrologiques pour l'évaluation du débit réservé au Québec, alors que celle de Caissie *et al.* (1997) propose une comparaison entre certaines méthodes hydrologiques et hydrobiologiques.

Le groupe de méthodes dites hydrauliques est basé sur une analyse des caractéristiques hydrauliques d'un site spécifique du cours d'eau (i.e. R2-Cross; Silvey, 1976). Elles introduisent une corrélation implicite entre certaines caractéristiques hydrauliques (périmètre mouillée, par exemple) et l'habitat du poisson.

Finalement les méthodes hydrobiologiques telles que l'approche IFIM (Instream Flow Incremental Methodology, Bovee 1982) sont les plus complètes et les plus élaborées pour l'évaluation des débits réservés. Elles introduisent, outre les caractéristiques hydrauliques et hydrologiques, des paramètres biologiques afin de calculer la qualité et la disponibilité d'habitat d'une espèce particulière. Notons que parmi les méthodes utilisées pour calculer les débits réservés, la méthode Tennant (hydrologique) et la méthode IFIM (hydrobiologique) sont les plus souvent utilisées en Amérique du Nord (Reiser *et al.*, 1989).

### 3.1.2 Approche proposée et justification

L'évaluation d'un débit écologique pour la rivière Saint-Charles demande une analyse poussée pour optimiser la gestion de l'eau en raison des nombreux enjeux en cause. Ainsi, nous proposons l'utilisation des outils les plus performants, afin de pouvoir discerner les impacts d'une modification dans la gestion.

Pour ce faire, l'approche préconisée pour évaluer le débit écologique est l'utilisation de la méthode IFIM (hydrobiologique), mais couplée avec une modélisation basée sur un modèle hydrodynamique bidimensionnel. Le modèle Hydrosim, développé à l'INRS-Eau (Leclerc *et al.* 1995), est l'outil choisi et il a déjà été utilisé pour l'évaluation d'un débit réservé sur les rivières Ashuapmushuan (Leclerc *et al.*, 1991), Betsiamites et Moisie (Boudreault, 1991; Bourgeois *et al.* 1996).

Dans le cas de la rivière Saint-Charles, le modèle hydrodynamique sera couplé aux caractéristiques biologiques de l'omble de fontaine pour effectuer la modélisation d'habitat et pour établir une relation entre le débit de la rivière et l'habitat piscicole. Notons également que la relation entre la superficie mouillée et le débit (méthode hydraulique) servira également pour les fins de l'étude. Cette dernière approche a également été utilisée à quelques reprises au Québec pour évaluer un débit réservé pour le saumon atlantique, notamment sur la rivière Escoumins (Bourgeois et Boudreault, 1996; Boudreault et Bourgeois, 1995) et la rivière Matane (Bourgeois *et al.*, 1994).

## 3.2 **Sélection du site**

Pour l'identification des sites préférentiels, quant à l'évaluation du débit écologique de la rivière Saint-Charles, deux critères génériques ont été retenus soit : les critères portant sur la qualité des habitats piscicoles et les critères portant sur les compétences hydrauliques des sections d'écoulement.

Pour la classification des habitats piscicoles, la méthode de caractérisation par photo-interprétation a été utilisée (Boudreault, 1984). Celle-ci a été réalisée à partir de photographies aériennes à l'échelle 1 :15 000, monochromes, datant du 2 mai et du 25 juin 1993. La zone couverte par la photo-interprétation correspond à la zone d'étude du projet.

Cette méthode consiste à codifier (de l'aval vers l'amont) et à identifier, à partir des photographies, des segments homogènes de rivière sur le plan des faciès d'écoulement et des substrats granulaires (Tableau 3.1). Au total, 57 segments homogènes de rivière ont été identifiés dans la zone d'étude. Par la suite, les données sont compilées et traitées à l'aide d'un logiciel spécialement adapté pour les particularités de l'omble de fontaine (Bérubé et Therrien, 1993). Ce logiciel permet d'attribuer une cote au faciès et au substrat, le produit de ces deux cotes déterminant trois catégories d'habitat (I = très favorable, II = favorable, III = médiocre). Le choix de l'omble de fontaine repose sur plusieurs critères décrits à la section 3.3.2.1.

La classification préliminaire des faciès et des substrats granulaires proposée par Bérubé (Ministère de l'Environnement et de la Faune, non publiée) a été utilisée pour l'omble de fontaine. Ainsi, un habitat classé comme «très favorable» correspond aux meilleurs habitats pour la survie de l'espèce (frayère, fosse de rétention, alevinière), un habitat classé «favorable» permet le maintien minimum de l'espèce et un habitat «médiocre» ne permet pas le maintien de l'espèce à long terme.

TABLEAU 3.1 Identification des types de faciès et des types de substrat retenus pour l'évaluation des sites préférentiels pour l'évaluation du débit écologique de la rivière Saint-Charles.

| <i>Faciès</i> |   |         | <i>Granulométrie</i> |   |          |
|---------------|---|---------|----------------------|---|----------|
| BA            | = | Bassin  | S                    | = | Sable    |
| ME            | = | Méandre | V                    | = | Gravier  |
| CH            | = | Chenal  | C                    | = | Cailloux |
| SE            | = | Seuil   | G                    | = | Galet    |
| RA            | = | Rapide  | B                    | = | Bloc     |
| CT            | = | Chute   | R                    | = | Roc      |

Le second critère générique réfère aux caractéristiques hydrauliques des sections homogènes de rivière. Ainsi, des paramètres comme la vitesse d'écoulement, la turbulence, la profondeur, la largeur du lit et de la zone inondable et la variabilité des caractéristiques hydrauliques pour une même section ont été pris en compte pour la sélection des sites. Aussi, pour qu'un secteur obtienne une note excellente en regard des caractéristiques hydrauliques, il faut que la variabilité des types d'écoulement soit grande, que la largeur et la profondeur du lit soient constantes pour un même segment et finalement que l'écoulement soit régulier.

De plus, l'accessibilité des sites par voie terrestre a également été un des critères privilégié en raison de l'encaissement du cours principal et de son étroitesse.

### 3.2.1 Choix du site d'étude

Après avoir analysé les résultats obtenus grâce à la photo-interprétation, une discrimination des segments homogènes, en fonction des catégories d'habitat, des caractéristiques hydrauliques et de l'accessibilité, a permis de cibler trois sites potentiels. Afin de déterminer lequel des trois sites présente le meilleur portrait pour toutes les catégories, des cotes ont été attribuées pour chacun des paramètres ciblés. Une cote globale inférieure à 5 indique qu'au moins un des critères est classé comme médiocre et le site est automatiquement rejeté.

Comme l'indique le tableau 3.2, le site n° 1 se démarque parmi les trois sites sélectionnés en obtenant une cote globale de 6. Il a donc été choisi comme site privilégié pour la collecte des informations qui permettront de définir un débit écologique dans la rivière Saint-Charles. Ce dernier est localisé entre les segments 20 et 25, soit en amont de la passerelle située dans le Parc Chauveau (Figure 3.1).

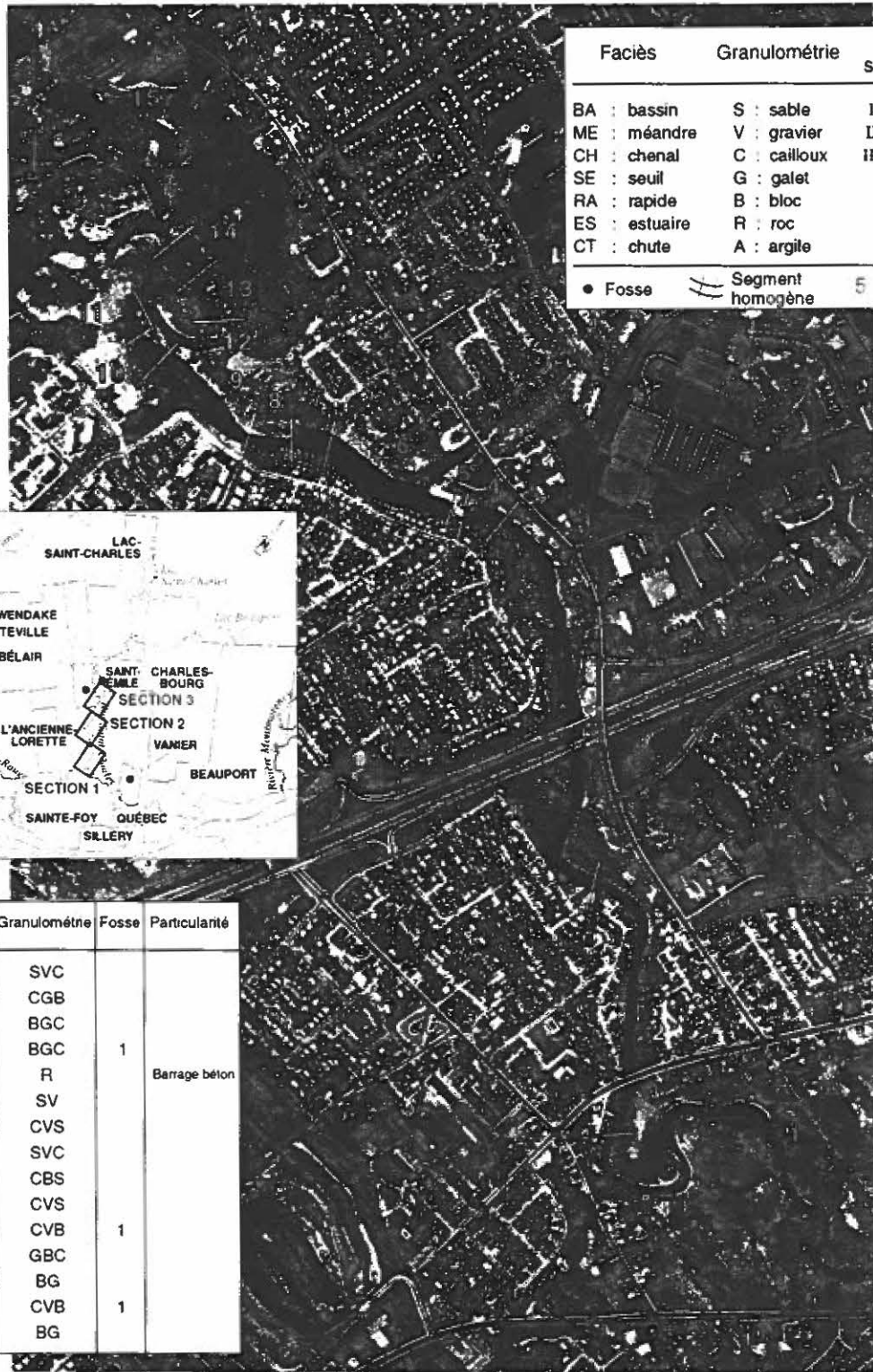
## 3.3 **Élaboration des modèles**

### 3.3.1 Modèle hydrodynamique

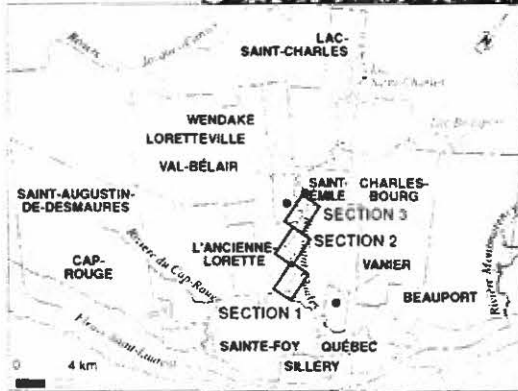
Tel que mentionné précédemment, le modèle numérique utilisé pour la modélisation de l'hydrodynamique du tronçon de rivière étudié, connu sous le nom d'Hydrosim, a été développé par des chercheurs de l'Institut national de recherche scientifique (INRS). Ce modèle a fait l'objet de nombreuses publications, notamment par Leclerc *et al.* (1990; 1995).

Le modèle utilise une formulation par éléments finis pour discrétiser les équations bidimensionnelles de Saint-Venant, qui décrivent les écoulements à surface libre, en respectant les principes de conservation de masse et de quantité de mouvement. Le modèle résout ces équations pour des conditions frontières spécifiées, en prenant en compte la bathymétrie provenant du modèle de terrain et la rugosité du lit du cours d'eau.

# SECTION 1



| Faciès        | Granulométrie      | Potentiel salmonicole |
|---------------|--------------------|-----------------------|
| BA : bassin   | S : sable          | I : bon               |
| ME : méandre  | V : gravier        | II : moyen            |
| CH : chenal   | C : cailloux       | III : médiocre        |
| SE : seuil    | G : galet          |                       |
| RA : rapide   | B : bloc           |                       |
| ES : estuaire | R : roc            |                       |
| CT : chute    | A : argile         |                       |
| ● Fosse       | ≡ Segment homogène | 5 Numéro de segment   |



| Segment | Faciès | Granulométrie | Fosse | Particularité |
|---------|--------|---------------|-------|---------------|
| 1       | ME     | SVC           |       |               |
| 2       | RA     | CGB           |       |               |
| 3       | RA     | BGC           |       |               |
| 4       | RA     | BGC           | 1     |               |
| 5       | CT     | R             |       | Barrage béton |
| 6       | CH     | SV            |       |               |
| 7       | SE     | CVS           |       |               |
| 8       | CH     | SVC           |       |               |
| 9       | CH     | CBS           |       |               |
| 10      | SE     | CVS           |       |               |
| 11      | SE     | CVB           | 1     |               |
| 12      | RA     | GBC           |       |               |
| 13      | RA     | BG            |       |               |
| 14      | SE     | CVB           | 1     |               |
| 15      | RA     | BG            |       |               |

Référence: Photographie aérienne HMC93103-264, 2 mai 1993.

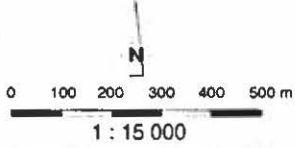
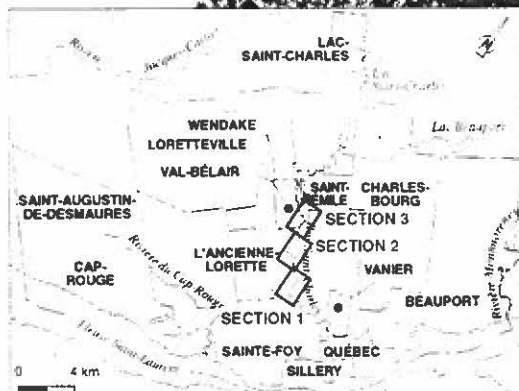
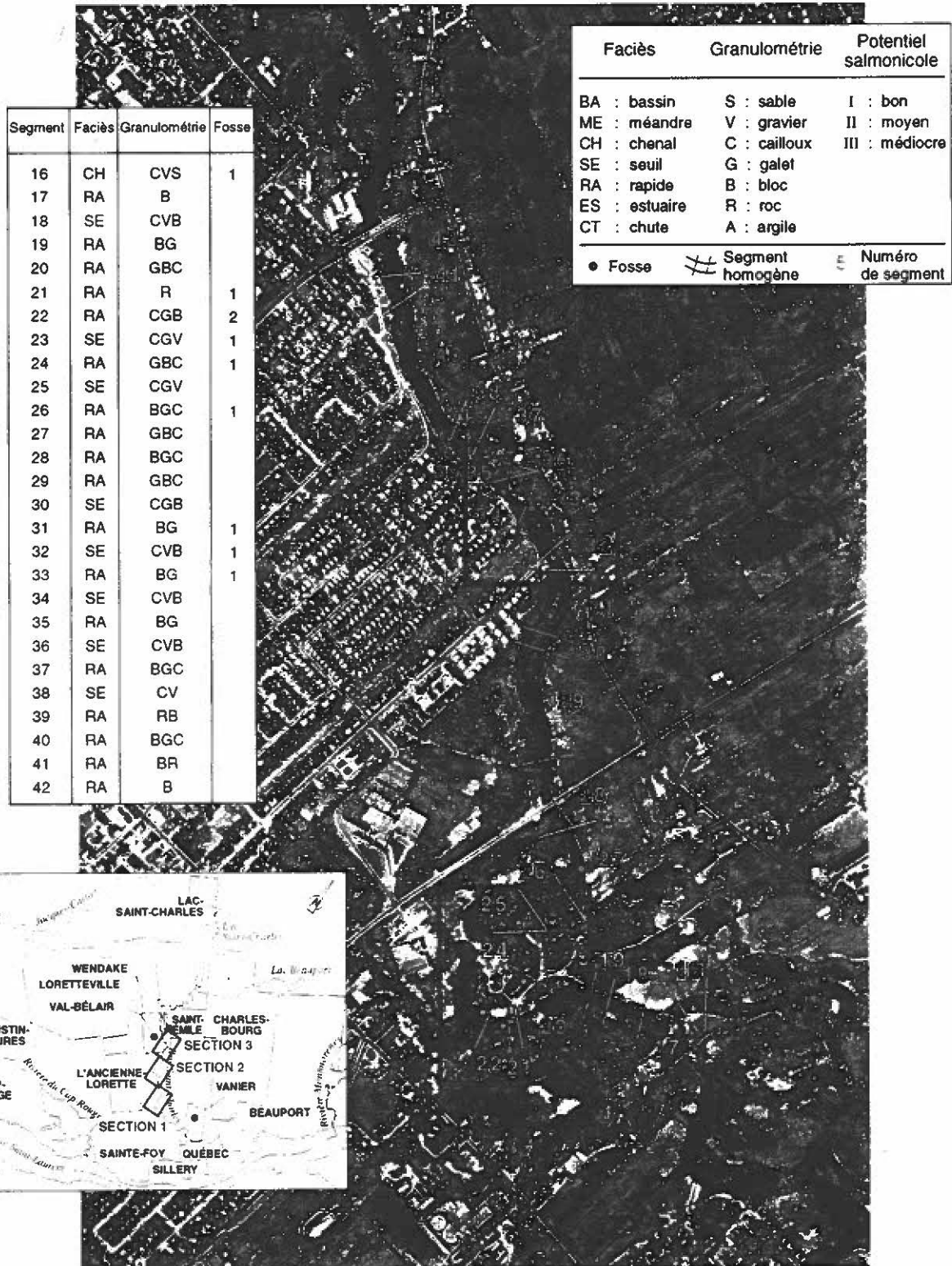


FIGURE 3.1 Identification des habitats salmonicole et des sites d'étude sur le cours principal de la rivière Saint-Charles.

## SECTION 2



Référence: Photographie aérienne HMQ93104-20, 2 mai 1993.

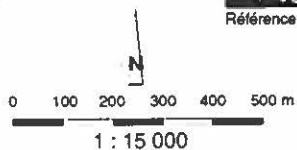
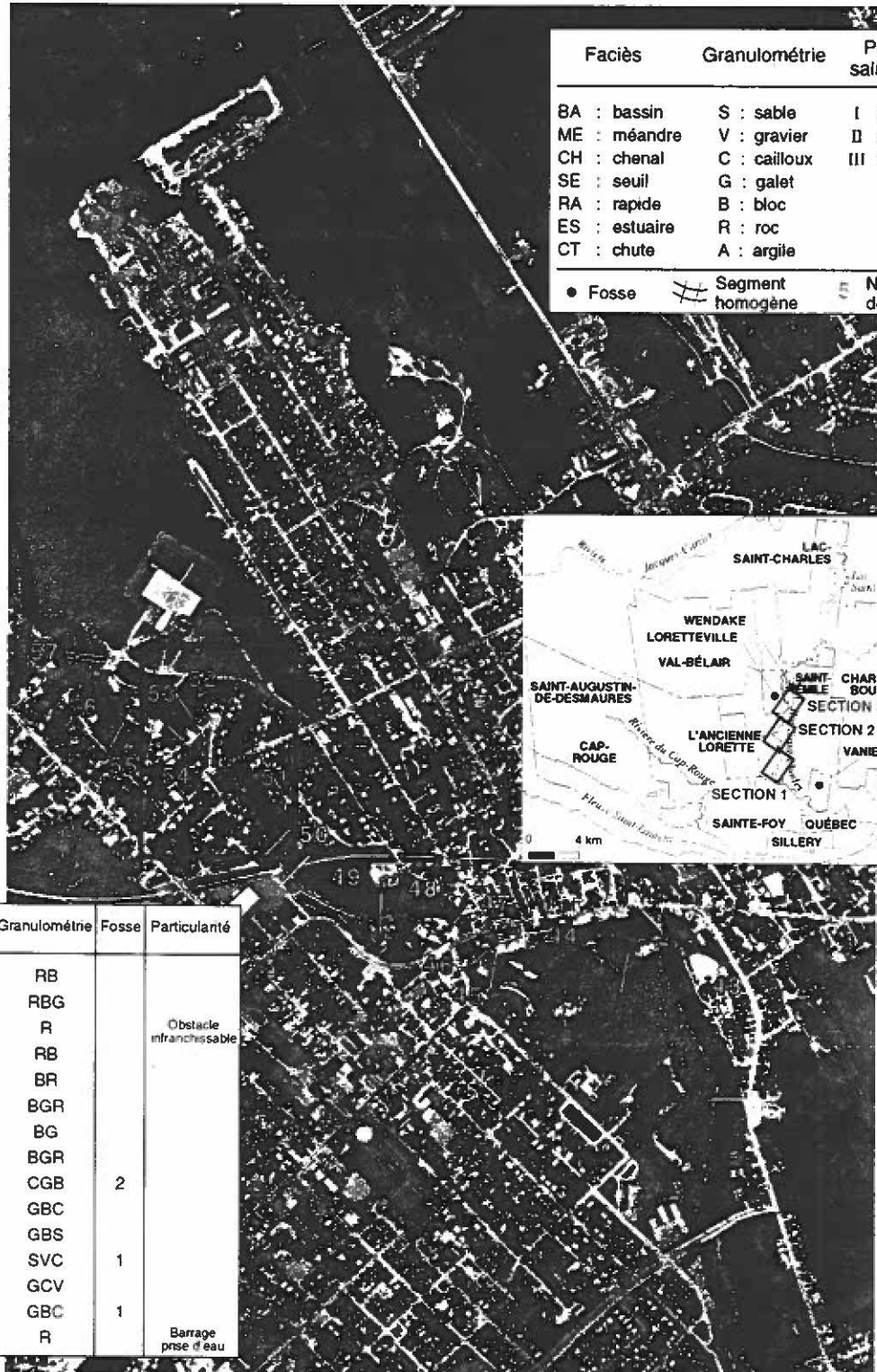


FIGURE 3.1 (suite) Identification des habitats salmonicole et des sites d'étude sur le cours principal de la rivière Saint-Charles.

### SECTION 3



Référence: Photographie aérienne HMQ93138-194, 25 juin 1993.

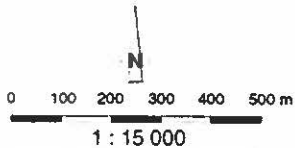


FIGURE 3.1 (suite) Identification des habitats salmonicole et des sites d'étude sur le cours principal de la rivière Saint-Charles.

TABLEAU 3.2. Caractéristiques des sites pré-sélectionnés pour l'étude.

| Site | Segments <sup>1</sup> | Diversité d'habitat <sup>2</sup> | Caractéristiques hydrauliques <sup>3</sup> | Accessibilité <sup>4</sup> | Cote globale <sup>5</sup> |
|------|-----------------------|----------------------------------|--|----------------------------|---------------------------|
| 1    | 20-25                 | 2                                | 2  | 2                          | 6                         |
| 2    | 32-36                 | 1                                | 1  | 1                          | 3                         |
| 3    | 51-54                 | 1                                | 0  | 1                          | 2                         |

<sup>1</sup> Voir figure 3.1

|              |                               | Cote   |
|--------------|-------------------------------|--|
| <sup>2</sup> | Diversité d'habitat           | I = très favorable 2<br>II = favorable 1<br>III = médiocre 0 |
| <sup>3</sup> | Caractéristiques hydrauliques | Excellent 2<br>Moyen 1<br>Médiocre 0                         |
| <sup>4</sup> | Accessibilité                 | Excellent 2<br>Bon 1<br>Difficile 0                          |
| <sup>5</sup> | Cote globale                  | 0 à 4 = rejet du site<br>5 et 6 = sélection                  |

Les résultats produits par le modèle sont le module et l'orientation des vecteurs vitesses d'écoulement intégrés sur la profondeur, de même que l'élévation de la surface libre. La valeur de chacune des variables est évaluée aux noeuds des éléments triangulaires formant le maillage utilisé pour la discrétisation du domaine. La vitesse est aussi évaluée au centre de chacune des arêtes formant les éléments triangulaires.

Le modèle permet aussi de simuler le découverture et le recouvrement du lit du cours d'eau par l'écoulement associé à chaque niveau d'eau. Cette caractéristique permet de simuler la variation de la superficie mouillée en fonction du débit.

### 3.3.1.1 Relevés physiques

Pour réaliser les modélisations permettant d'évaluer le débit écologique, les données suivantes ont été recueillies sur le terrain :

- un *relevé bathymétrique* détaillé du site sélectionné nécessaire à l'élaboration du modèle de terrain. Les données ont été acquises par arpentage sur douze sections transversales excédant la largeur du lit majeur, le long du site étudié. Des séries de points ont été relevées entre chacune des sections, de façon à préciser la morphologie du lit. Le relevé d'arpentage réalisé comporte 795 points cotés illustrés à la figure 3.2;

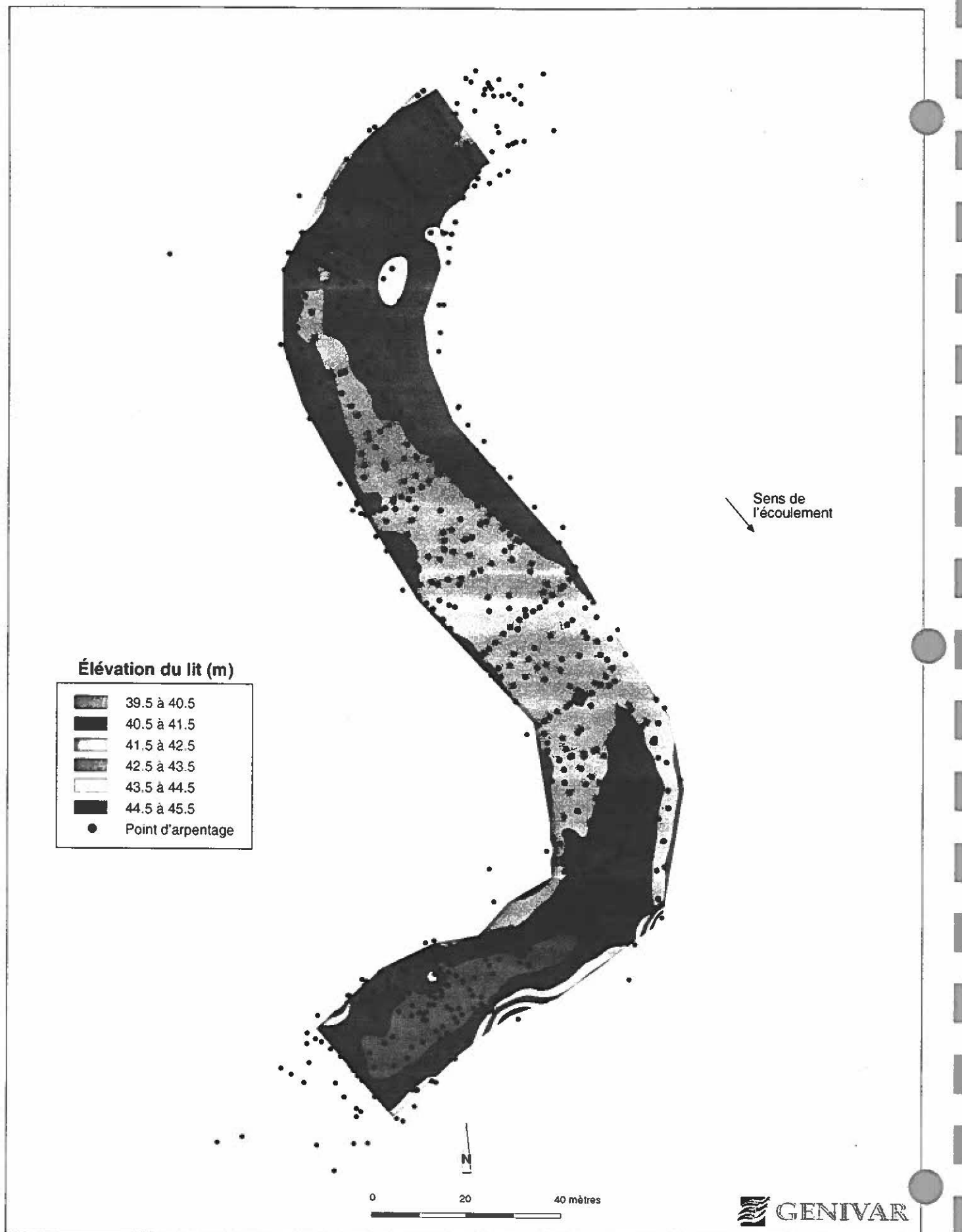


FIGURE 3.2 Carte bathymétrique et localisation des relevés bathymétriques réalisés sur la rivière Saint-Charles

- une *carte des substrats* illustrant la répartition des assemblages granulométriques sur toute la superficie du site d'étude, pour évaluer la rugosité du lit du cours d'eau de même que l'acceptabilité des zones en terme d'habitat;
- les *limites de la superficie mouillée* de même que les *profils de l'élévation de la surface libre* à trois débits différents dans la gamme des débits de simulation. Ces informations permettent le calage et la validation du modèle en ce qui a trait à la position de la frontière mouillée en fonction du débit, de même qu'à l'élévation de la surface libre;
- les *mesures de vitesses d'écoulement et de profondeurs locales* en six points répartis le long du site d'étude, permettant le calage et la validation du modèle hydrodynamique;
- les *relations niveau-débit* aux limites amont et aval du secteur modélisé, établies à partir de quatre jaugeages réalisés à des débits répartis dans la gamme des débits de simulation;
- un *relevé photographique* des patrons d'écoulement le long du site modélisé facilitant le repérage d'anomalies dans les résultats de simulation;
- un relevé des *zones ombragées*, réalisé par l'arpentage des limites d'ombrage à trois moments au cours d'une journée, pour évaluer la qualité et la diversité des habitats sur le plan du couvert et des abris.

### 3.3.1.2 Maillage

La discrétisation géométrique du domaine de calcul consiste en un maillage irrégulier d'éléments triangulaires à 6 noeuds (T3-6), comptant 2728 éléments formés à partir de 5731 noeuds. La longueur maximale des arêtes a été fixée à 2 m, de façon à obtenir un maillage dense permettant d'atteindre la précision visée sur toute la gamme des débits de simulation. La figure 3.3 présente le maillage utilisé pour les modélisations.

Les limites latérales de la partition de maillage sont situées au-delà de la limite du lit majeur du secteur modélisé, de façon à permettre la variation des limites de la superficie mouillée en fonction du débit. Les limites aval et amont du modèle ont été localisées au droit de sections dont l'écoulement est typiquement unidimensionnel, de façon à faciliter l'imposition des conditions frontières et la création des courbes de tarage. Ces quatre limites sont celles qui définissent le domaine de calcul du modèle.

### 3.3.1.3 Élaboration du modèle de terrain

Le modèle numérique de terrain décrit le relief du site modélisé à partir de la bathymétrie et de la topographie des berges. À partir de l'échantillon des points cotés relevés par arpentage, une élévation du terrain est attribuée à chacun des sommets du maillage d'éléments triangulaires utilisé par le modèle hydrodynamique.

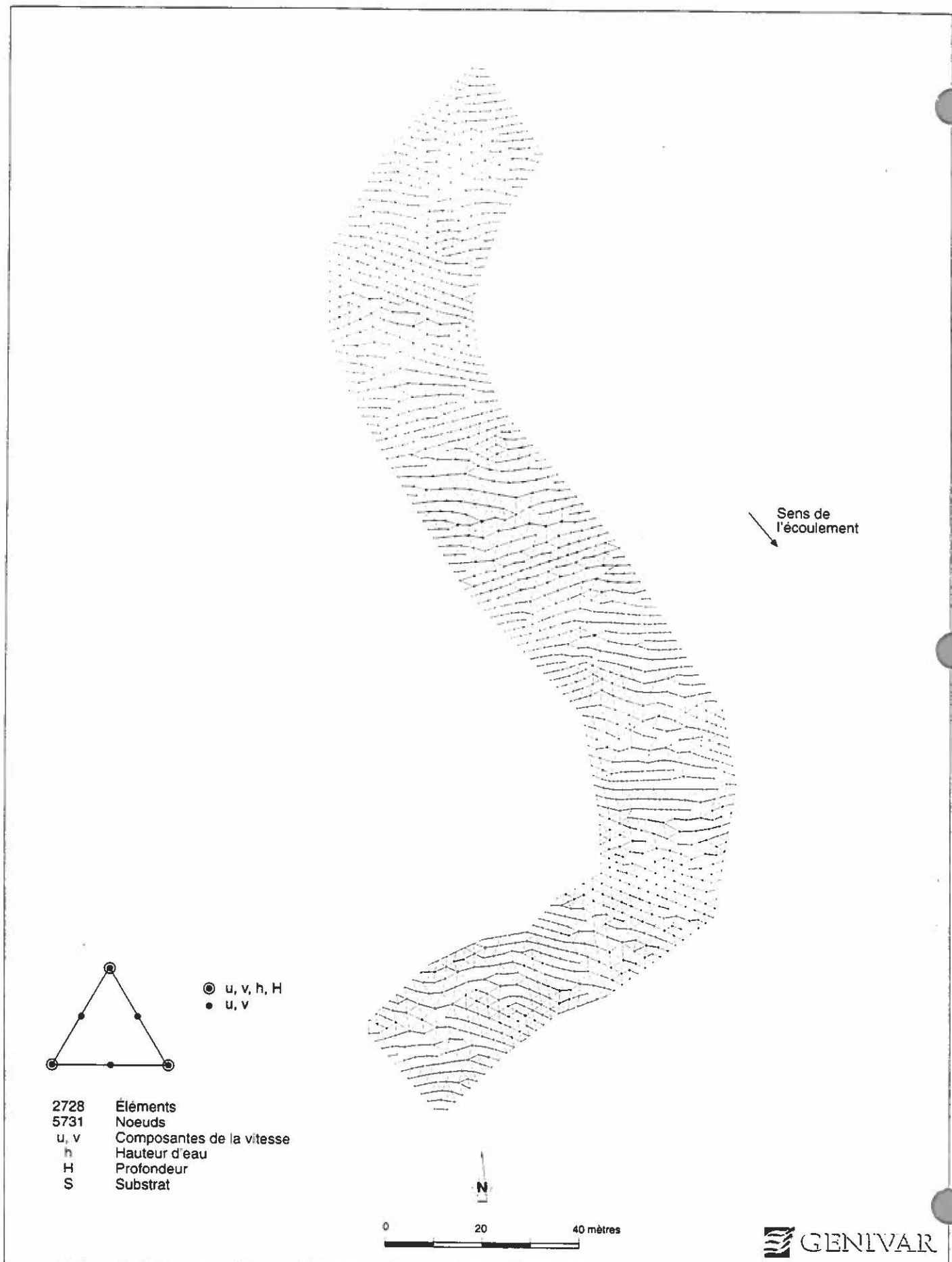


FIGURE 3.3 Maillage des éléments finis utilisés pour la modélisation hydrodynamique d'un tronçon de la rivière Saint-Charles.

Le «krigeage dual» a été utilisé pour obtenir une fonction d'interpolation (Figure 3.2) de l'élévation (z) en fonction de la position (x,y). Le krigage constitue une méthode d'interpolation puissante, dont l'application à l'élaboration d'un modèle de terrain naturel est décrite dans McNeil et Marche (1994).

#### 3.3.1.4 Cartographie des substrats

La cartographie des assemblages granulométriques formant le lit d'écoulement et les berges du secteur modélisé a été établie en délimitant, par arpentage, les transitions entre les types d'assemblages. Des assemblages de classes granulométriques ont été attribués à chacun des polygones ainsi délimités (Figure 3.4).

Pour chacune des zones délimitées, la fraction relative de chacune des classes granulométriques a été évaluée. La méthode utilisée consiste à identifier visuellement les principales classes granulométriques dans chacune des zones et de leur attribuer des proportions relatives. Les classes utilisées de même que les gammes de diamètres auxquelles elles font référence sont présentées au tableau 3.3.

Le diamètre moyen des assemblages granulométriques a été calculé à partir de la moyenne géométrique des diamètres médians des classes, selon les proportions relatives de chacune des classes de l'assemblage.

Le tableau 3.4 présente les types de substrats observés sur le site et les diamètres calculés pour chacun d'eux.

#### 3.3.1.5 Conditions aux frontières du modèle hydrodynamique

Les conditions d'écoulement observées le long du site modélisé sont de type fluvial lent dans le bief aval et fluvial dans le bief amont, alors que le secteur central est caractérisé par une série de petits rapides où alternent des écoulements de types fluvial rapide et torrentiel.

Pour ces types d'écoulement, les conditions limites imposées au modèle sont le débit s'écoulant à travers la section transversale située à la limite amont du tronçon étudié et l'élévation de la surface libre à sa limite aval. La courbe de tarage, exprimant la relation entre le niveau d'eau et le débit à la section transversale située à la limite aval du domaine de calcul, a été établie à partir des jaugeages réalisés au cours des relevés physiques (Annexe 4.1). À l'exception de la première mesure, tous les jaugeages ont été réalisés aux sections des limites aval et amont de façon à permettre la vérification du débit mesuré. Les résultats des jaugeages, de même que les débits journaliers enregistrés à la station 050904 du MEF, sont présentés au tableau 3.5.

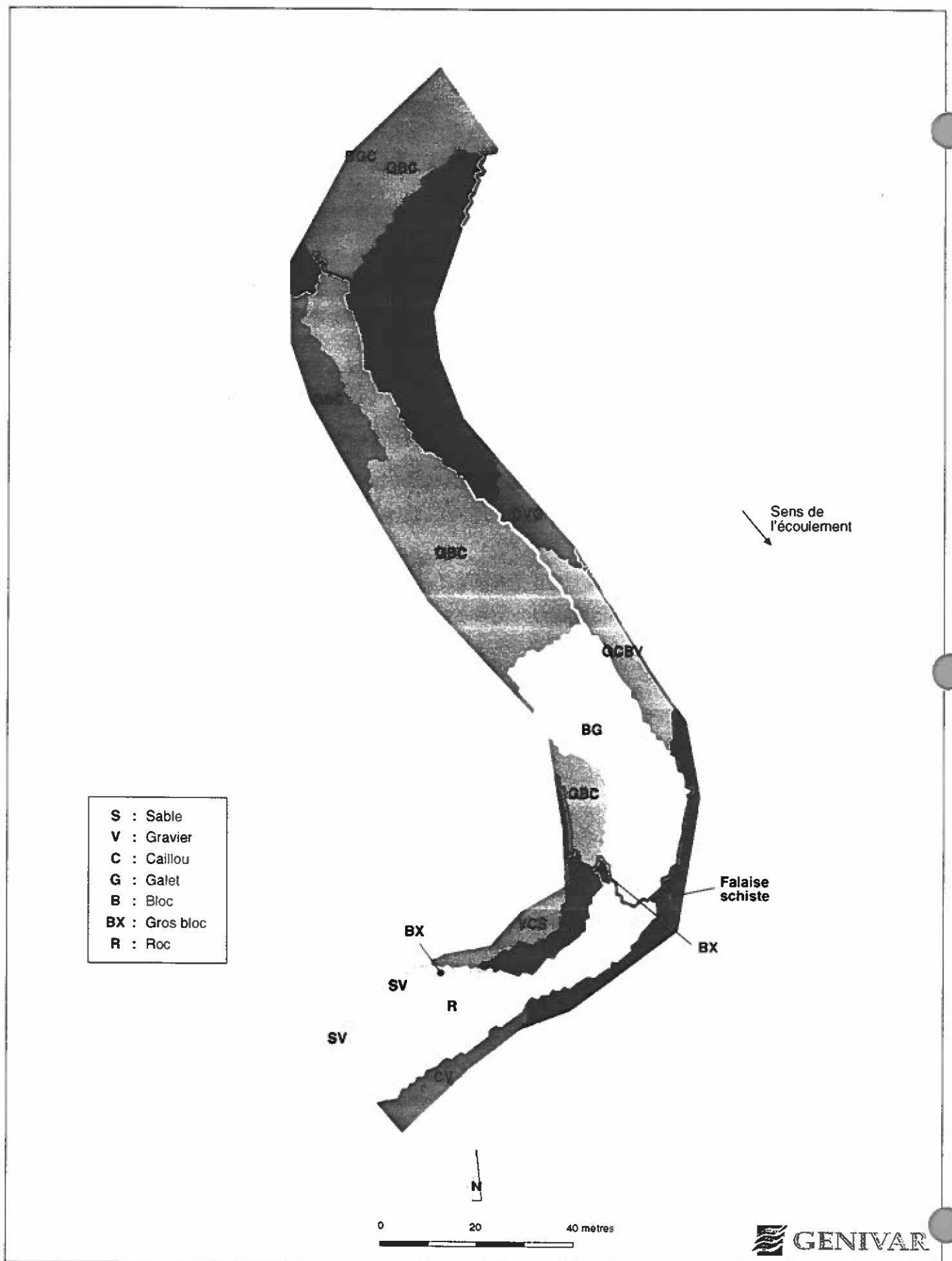


FIGURE 3.4 Classes de substrat observés sur le tronçon modélisé de la rivière Saint-Charles.

TABLEAU 3.3 Caractéristiques des classes granulométriques.

| Classe        | Code | Intervalle de diamètre (mm) |
|---------------|------|-----------------------------|
| Bloc métrique | Bx   | Plus de 1000                |
| Bloc          | B    | 250 - 1000                  |
| Galet         | G    | 64 - 250                    |
| Caillou       | C    | 32 - 64                     |
| Gravier       | V    | 4 - 32                      |
| Sable         | S    | 0,06 - 4                    |

TABLEAU 3.4 Diamètre moyen des assemblages granulométriques.

| Substrat              | Diamètre moyen (mm) | Substrat | Diamètre moyen (mm) |
|-----------------------|---------------------|----------|---------------------|
| Roc                   | -                   | CVG      | 50                  |
|                       |                     | CV       | 30                  |
| BG                    | 370                 | VCS      | 20                  |
| BGC                   | 300                 | VSC      | 12                  |
| GBC lit mineur amont  | 260                 | SV       | 6                   |
| GBC lit mineur centre | 255                 | S        | 2                   |
| GCB                   | 175                 |          |                     |
| GCBV                  | 135                 |          |                     |
| GC                    | 85                  |          |                     |

### 3.3.1.6 Calibration et validation du modèle hydrodynamique

La calibration du modèle a été réalisée en ajustant les valeurs des coefficients de rugosité du lit de manière à obtenir la meilleure correspondance avec les mesures de vitesse, de profondeur et la position des limites de la superficie mouillée, relevées au site les 6 juin et 20 août 1997, aux débits respectifs de 9,2 et 0,6 m<sup>3</sup>/s.

TABLEAU 3.5 Résultats des jaugeages réalisés.

| Date            | Section | Débit mesuré<br>(m <sup>3</sup> /s) | Débit journalier à la<br>station 050904 (m <sup>3</sup> /s) |
|-----------------|---------|-------------------------------------|---|
| 06 juin 1997    | Amont   | 9,16                                | 9,57  |
| 28 juillet 1997 | Amont   | 1,57                                | 1,84  |
|                 | Aval    | 1,64                                |   |
| 20 août 1997    | Amont   | 0,57                                | 0,59  |
|                 | Aval    | 0,61                                |   |
| 30 octobre 1997 | Amont   | 2,13                                | 2,29  |
|                 | Aval    | 1,85                                |   |

Le coefficient de rugosité du lit du cours d'eau a été précisé à partir du «n de Manning». Ce paramètre permet de prendre en compte la taille et la distribution des sédiments formant le lit d'écoulement. Différentes formules ont été développées pour évaluer le coefficient de rugosité à partir du diamètre représentatif d'assemblages granulométriques. Toutefois, dans le cadre de cette étude, l'utilisation des équations les plus courantes a conduit à une sous-évaluation des coefficients de rugosité, principalement en raison des faibles profondeurs d'écoulement observées dans la gamme des débits simulés. En effet, la diminution du débit, pour un lit d'écoulement donné, conduit généralement à une augmentation du coefficient de rugosité pour des assemblages granulométriques de calibre élevé, à dominance de blocs par exemple (Leclerc *et al.*, 1995).

La calibration du modèle a finalement été réalisée en rassemblant les différents secteurs du lit du cours d'eau en trois zones aux caractéristiques homogènes, en ce qui a trait à la rugosité du lit, établies en fonction de la classe granulométrique dominante, plutôt que par les caractéristiques complètes des assemblages.

La zone couvrant la plus grande superficie du domaine regroupe les secteurs composés de plus de 20 % de blocs, soit le lit mineur des secteurs amont et centre du site d'étude. En conditions de faible hydraulité, l'écoulement y est fortement affecté par la présence de blocs, dont le diamètre est supérieur à la profondeur en plusieurs endroits, formant ainsi de petits seuils et des îlots. Les photos 5 et 6 présentées à l'annexe 1 illustrent ce type de condition. La seconde zone homogène, en ce qui a

trait à la rugosité du lit, est constituée par le lit mineur du secteur aval, principalement caractérisé par un écoulement lent sur de longues strates de calcaire très lisse recouvertes d'une couche de limon. La troisième zone est formée par le lit majeur du cours d'eau, exempt de blocs.

Les coefficients de Manning retenus pour ces zones sont de 0,055 pour le secteur à dominance de blocs, de 0,045 pour les berges exemptes de bloc dans le lit majeur et de 0,020 pour la portion du lit formé de strates de calcaire.

Les résultats de calibration des vitesses et des profondeurs d'écoulement locales sont présentés aux tableaux 3.6 et 3.7. Les points de mesures identifiés V1 à V7 ont été numérotés de l'amont vers l'aval. Les mesures de vitesses ont été réalisées à une profondeur égale à 60 % de la profondeur au point de mesure lorsque la profondeur était inférieure à 1 m, alors que la moyenne des vitesses relevées à 20 % et à 80 % de cette profondeur a été considérée pour les mesures en eau plus profonde.

La comparaison des vitesses et des profondeurs locales d'écoulement pour les débits de calibration a permis d'apprécier le bon ajustement du modèle aux conditions observées sur le site. Les écarts entre les vitesses mesurées et observées sont liés à des phénomènes locaux, difficiles à prendre en compte par le modèle. Les photos présentées à l'annexe 1 illustrent ce phénomène.

La figure 3.5 présente la comparaison entre les limites de la superficie mouillée relevées aux débits de calibration du modèle et les positions des limites calculées par le modèle. D'une façon générale, les limites des superficies mouillées calculées sont assez bien ajustées aux limites observées pour les secteurs aval et amont du site modélisé, tandis que le niveau d'eau calculé dans le secteur centre est un peu trop bas, à faible débit. La granulométrie grossière, forçant l'écoulement en seuil déversant sur les blocs, contribue à rehausser le niveau d'eau dans ce secteur.

L'annexe 4.2 présente les cartes des profondeurs d'écoulement de même que des champs de vitesses calculés aux débits de calibration. Sur les figures de champs de vitesses, la longueur des vecteurs est proportionnelle à la vitesse du courant et leur orientation indique la direction du courant, tandis que la couleur permet de distinguer aisément l'ordre de grandeur de la vitesse d'écoulement en spécifiant des intervalles dans la gamme des vitesses calculées.

Une fois la calibration du modèle complétée, une simulation de validation a été réalisée au débit de 1,6 m<sup>3</sup>/s, valeur pour laquelle les différents paramètres ont été mesurés le 28 juillet 1997. Le tableau 3.8 présente la comparaison entre les conditions d'écoulement calculées et observées. Les figures 3.6a et 3.6b illustrent respectivement la validation de l'orientation de l'écoulement et celle des limites de la

TABLEAU 3.6 Calibration du modèle hydrodynamique avec les vitesses de courant.

| Point | Calibration 1<br>9,2 m <sup>3</sup> /s<br>Vitesse (m/s) |          |       | Calibration 2<br>0,6 m <sup>3</sup> /s<br>Vitesse (m/s) |          |       |
|-------|---|----------|-------|---|----------|-------|
|       | mesurée   | calculée | écart | mesurée   | calculée | écart |
| V1    | -   | -        | -     | 0,62  | 0,54     | 0,08  |
| V2    | -   | -        | -     | 0,71  | 0,76     | -0,05 |
| V3    | -   | -        | -     | 0,55  | 0,58     | -0,03 |
| V4    | -   | -        | -     | 0,68  | 0,42     | 0,27  |
| V5    | 1,19  | 1,20     | -0,01 | 0,64  | 0,42     | 0,22  |
| V6    | -   | -        | -     | -   | -        | -     |
| V7    | 0,59  | 0,56     | 0,03  | -   | -        | -     |

TABLEAU 3.7 Calibration du modèle hydrodynamique avec les profondeurs d'écoulement.

| Point | Calibration 1<br>9,2 m <sup>3</sup> /s<br>Profondeur (m) |          |       | Calibration 2<br>0,6 m <sup>3</sup> /s<br>Profondeur (m) |          |       |
|-------|--|----------|-------|--|----------|-------|
|       | mesurée  | calculée | écart | mesurée  | calculée | écart |
| V1    | -  | -        | -     | 0,43   | 0,29     | 0,14  |
| V2    | -  | -        | -     | 0,37   | 0,27     | 0,10  |
| V3    | -  | -        | -     | 0,37   | 0,24     | 0,12  |
| V4    | -  | -        | -     | 0,37   | 0,30     | 0,07  |
| V5    | 0,49   | 0,51     | -0,02 | 0,49   | 0,45     | 0,03  |
| V6    | -  | -        | -     | -  | -        | -     |
| V7    | 0,73   | 0,73     | 0,00  | -  | -        | -     |

a) 0,6 m<sup>3</sup>/s

b) 9,2 m<sup>3</sup>/s

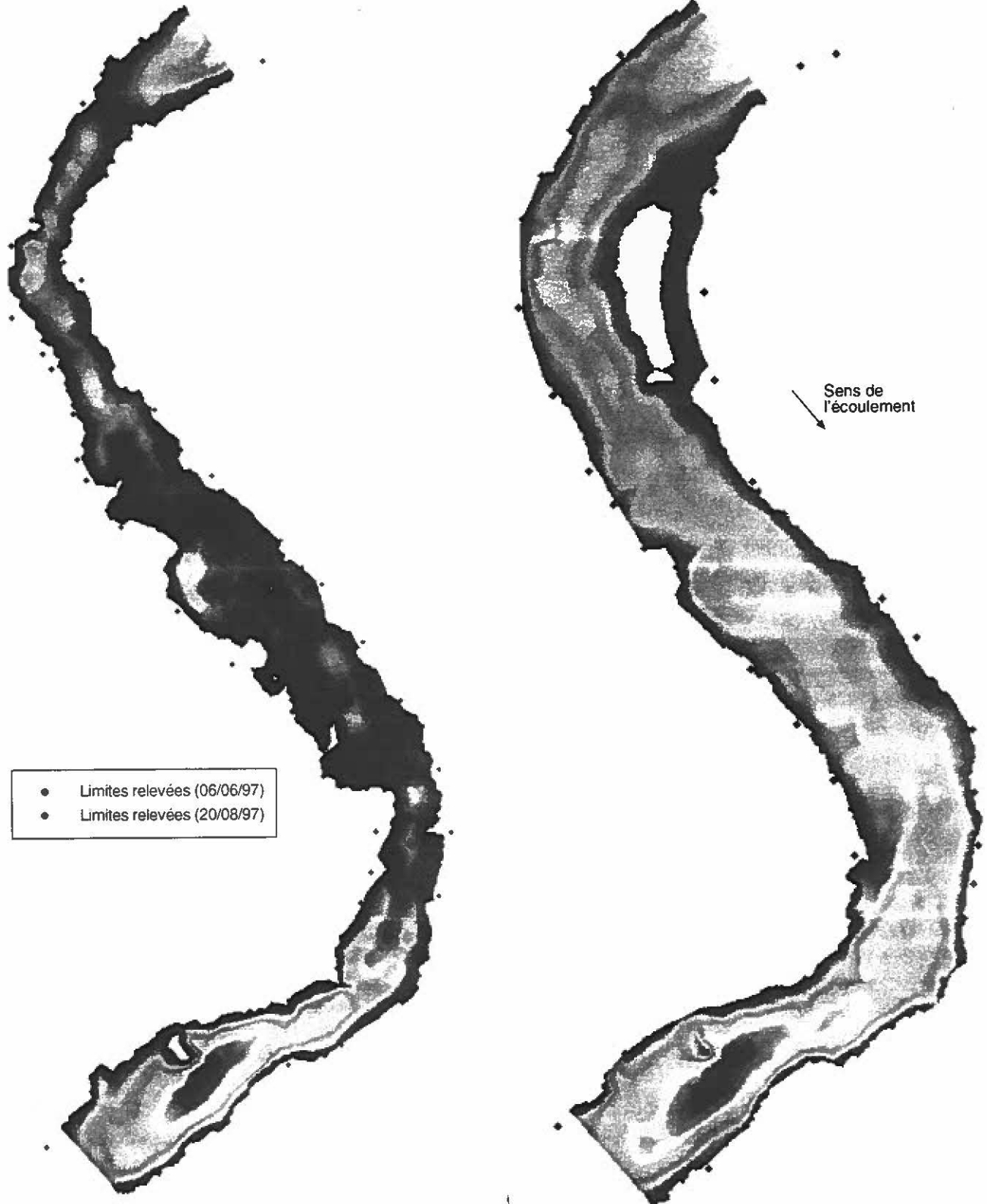


FIGURE 3.5 Comparaison des limites de la superficie mouillée pour les débits de calibration dans le tronçon modélisé de la rivière Saint-Charles.

a) Orientation et module des vitesses

b) Limite de la superficie mouillée

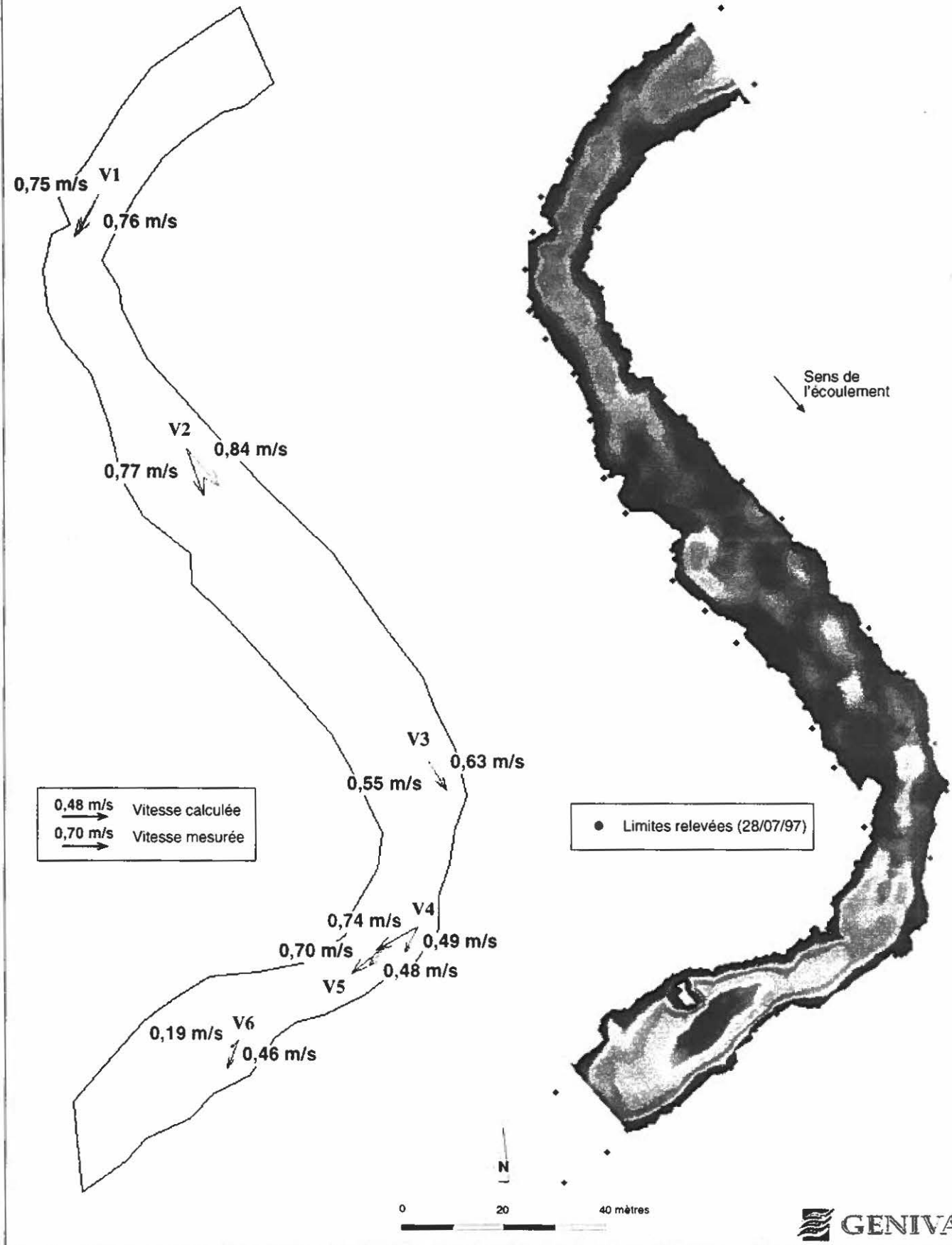


FIGURE 3.6 Validation des vitesses de courant et des limites de la superficie mouillée pour un débit de  $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$ .

TABLEAU 3.8 Validation du modèle hydrodynamique pour les vitesses de courant et les profondeurs d'écoulement au débit de 1,6 m<sup>3</sup>/s.

| POINT | VITESSE (m/s) |          |       | ORIENTATION (°) | PROFONDEUR (m) |          |       |
|-------|---------------|----------|-------|-----------------|----------------|----------|-------|
|       | mesurée       | calculée | écart | écart           | mesurée        | calculée | écart |
| V1    | 0,76          | 0,75     | 0,01  | 2               | 0,49           | 0,44     | 0,05  |
| V2    | 0,77          | 0,84     | -0,07 | 21              | 0,33           | 0,24     | 0,09  |
| V3    | 0,55          | 0,63     | -0,08 | 0               | 0,58           | 0,42     | 0,15  |
| V4    | 0,74          | 0,49     | 0,25  | 34              | 0,40           | 0,36     | 0,04  |
| V5    | 0,70          | 0,48     | 0,22  | 12              | 0,55           | 0,54     | 0,01  |
| V6    | 0,46          | 0,19     | 0,27  | 20              | 1,10           | 1,10     | -0,01 |
| V7    | -             | -        | -     | -               | -              | -        | -     |

superficie mouillée. Ces résultats démontrent que l'ajustement des conditions d'écoulement modélisées aux conditions observées est satisfaisant. Par ailleurs, la validation des limites de la superficie mouillée, moins sensibles aux variations locales, confirme la capacité du modèle à reproduire les conditions d'écoulement du secteur modélisé.

Des simulations ont été réalisées pour onze débits, répartis dans la gamme de 0,2 à 15 m<sup>3</sup>/s, de façon à permettre une analyse précise de l'évolution des surfaces d'habitats en fonction des débits de la rivière. La vérification de «la conservation du débit» entre les limites amont et aval du modèle révèle une erreur relative variant de 5 % à 10 %, l'erreur maximale correspondant au débit le plus faible.

### 3.3.2 Modèles d'habitat

#### 3.3.2.1 Critères d'habitat

Les critères d'habitat doivent être définis en fonction des caractéristiques physiques des habitats essentiels aux diverses phases du cycle de vie de la faune aquatique qui y est associée. Mais la détermination de caractéristiques pour l'ensemble des groupes fauniques concernés serait fastidieuse, voire impossible, puisque pour plusieurs d'entre eux, de telles caractéristiques ne sont pas définies sous la forme d'IFIM. Une alternative envisageable et réaliste consiste à choisir une espèce sensible, dont les caractéristiques d'habitat sont connues et peuvent être modélisées en fonction du débit de la rivière. À cet égard, l'espèce retenue est l'omble de fontaine.

Plusieurs études ont porté sur la détermination de caractéristiques d'habitats pour l'omble de fontaine. Therrien et Lachance (1997) en font une revue exhaustive. En s'appuyant sur les documents les plus pertinents, deux critères ont été retenus afin de couvrir une large gamme de stades de vie et d'activités essentielles, tout en ayant des variables qui puissent être modulées en fonction du débit. Il s'agit des critères suivants :

- vitesse moyenne du courant au-dessus des sites de fraie durant le développement embryonnaire (Raleigh, 1982), illustrée à la figure 3.7. Cet indice reflète la qualité des habitats de fraie ainsi que celle des habitats hivernaux des juvéniles. Pour déterminer les habitats de fraie potentiels de l'omble de fontaine dans le tronçon étudié, les caractéristiques spécifiées dans Paquet et Legault (1992) ont été utilisées, soit : une vitesse de courant variant de 40 à 90 cm/s, une profondeur de 10 à 30 cm et un substrat à dominance de gravier ou caillou (particules de 0,9 à 5,0 cm de diamètre);
- pourcentage de la surface du cours d'eau ombragée entre 10h00 et 14h00 heures (Figure 3.8) selon Raleigh (1982). Cet indice s'applique aux habitats de croissance surtout pour les adultes. La qualité de cet habitat est liée à son utilisation comme aire de repos, abri, couvert, ou site d'alimentation à partir de la dérive benthique.

À ceux-ci ont été ajoutées des courbes d'habitat mises au point pour les alevins de saumon atlantique dans une rivière du Québec, la Moisie (Bourgeois *et al.*, 1996). En effet, bien que ce ne soit pas la même espèce de salmonidé, il y a suffisamment de similitudes dans leurs tailles et leurs comportements pour justifier l'utilisation de ces courbes pour l'omble de fontaine. De plus, elles ont l'avantage d'avoir été mises au point au Québec, donc d'être plus représentatives des particularités régionales qui sont fréquemment observées à cet égard (Therrien et Lachance, 1997). Ces courbes portent sur le substrat, la profondeur et la vitesse de courant (Figure 3.9). De plus, une pondération est apportée après qu'une analyse en composante principale ait permis de déterminer quel agencement était le plus significatif selon les résultats enregistrés sur le terrain (Boudreault, 1991).

Enfin, les périodes visées pour l'application de ces critères à la rivière Saint-Charles sont les suivantes (S. Georges et J. Boivin, MEF, comm. pers. 1997) : octobre pour la fraie, octobre à mars pour la survie hivernale des juvéniles et juin à septembre pour la croissance.

### 3.3.2.2 Méthode d'application au modèle hydrodynamique

Les résultats des simulations hydrodynamiques ont été intégrés au modèle d'habitat, de façon à quantifier la valeur du site en regard de l'acceptabilité des habitats, de même que d'estimer leur variabilité en fonction du débit.

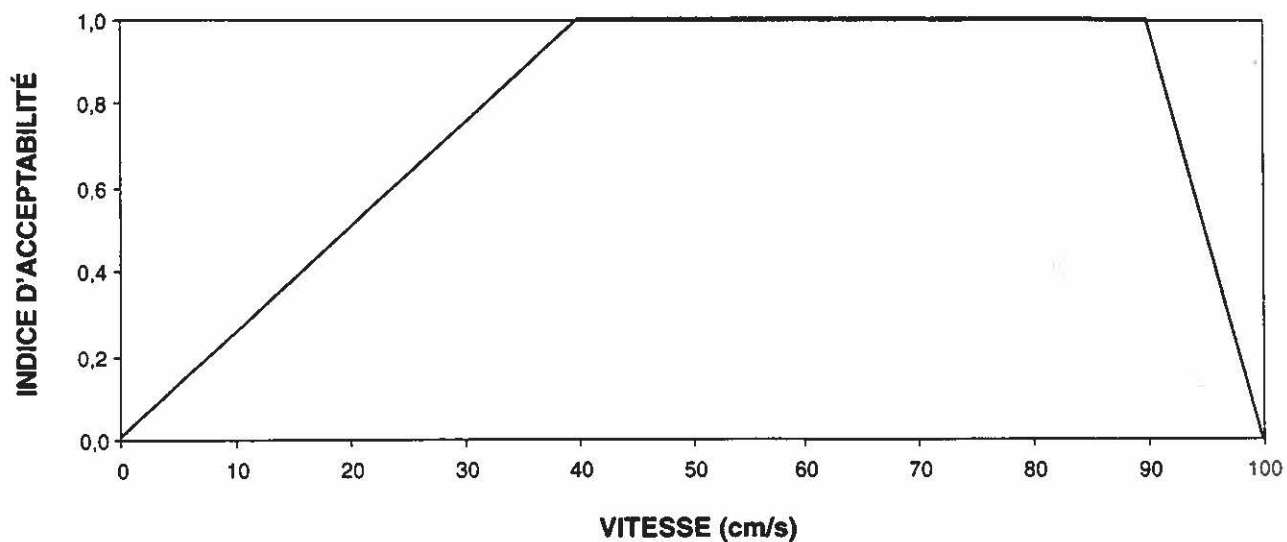


FIGURE 3.7 Courbe d'acceptabilité de la vitesse moyenne du courant au-dessus des sites de fraie durant le développement embryonnaire de l'omble de fontaine (Raleigh, 1982).

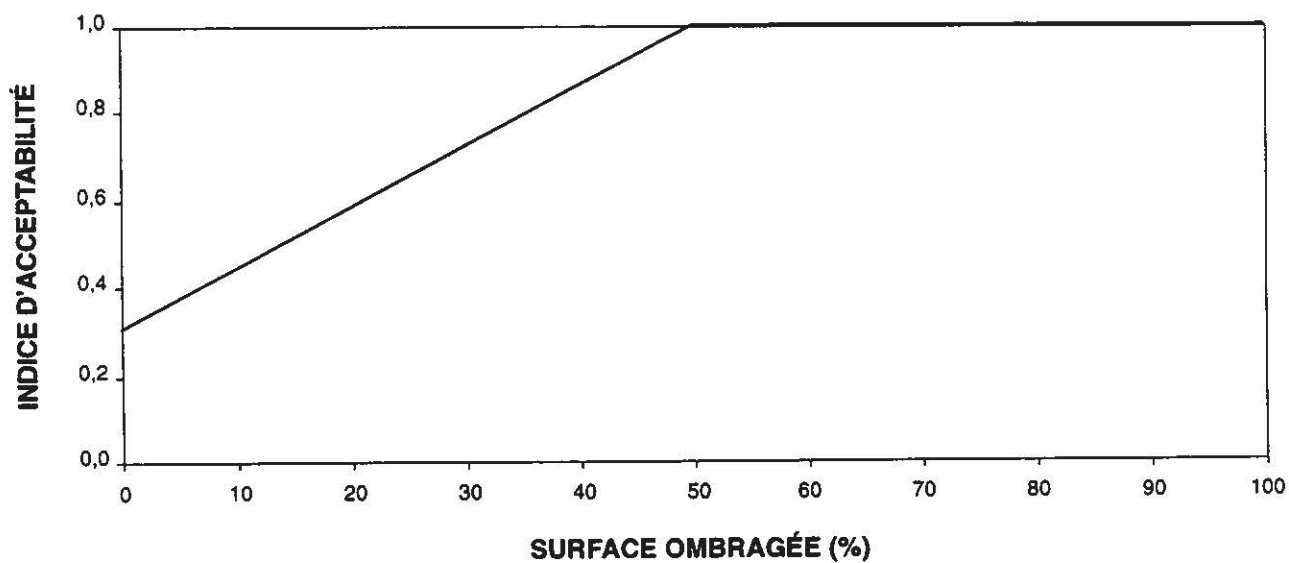


FIGURE 3.8 Courbe d'acceptabilité du pourcentage de la surface du cours d'eau ombragée entre 10h00 et 14h00 heures (Raleigh, 1982).

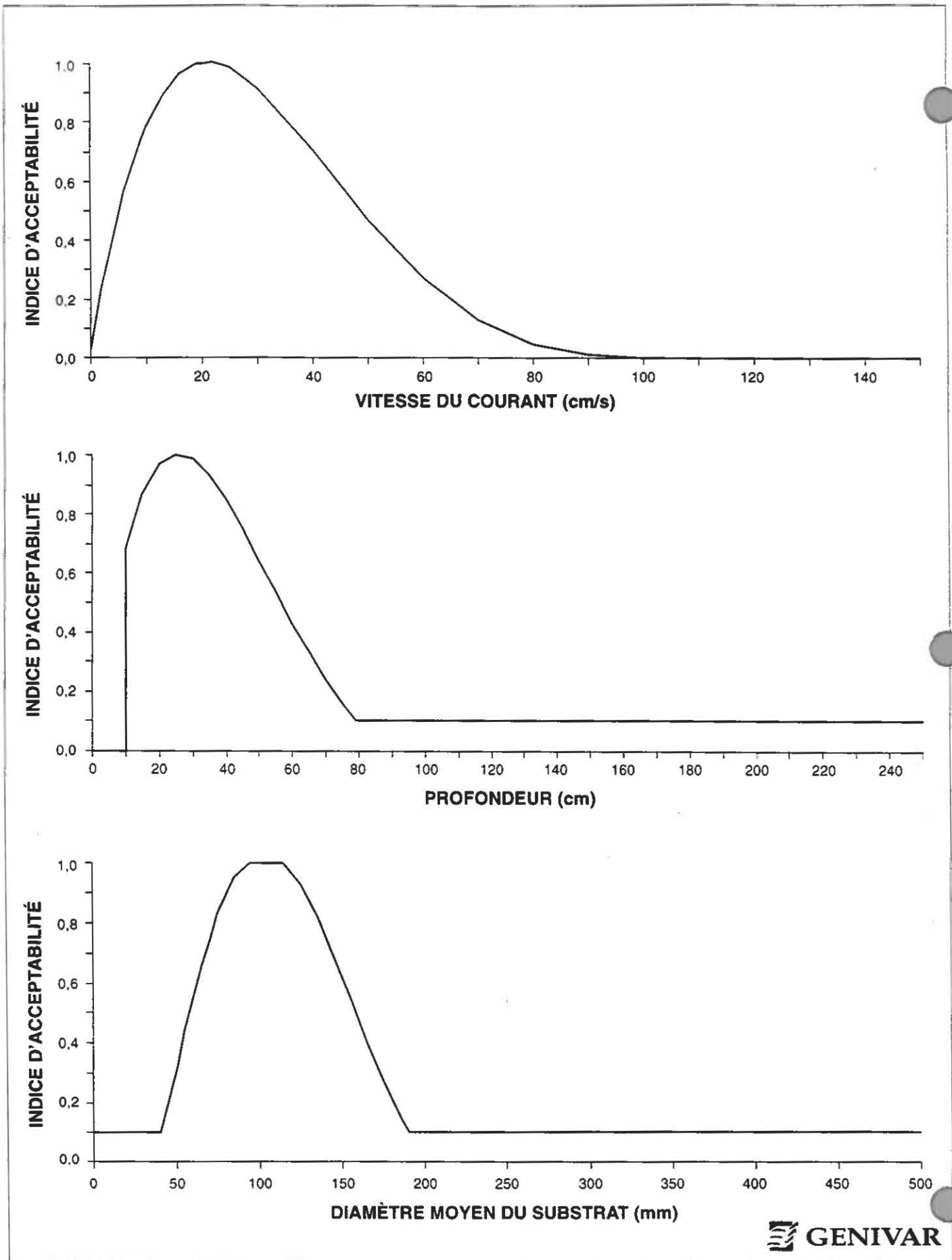


FIGURE 3.9 Courbes d'acceptabilité de trois variables physiques pour les alevins de salmonidés.

La méthodologie suivie pour la modélisation des habitats pour chacun des cycles vitaux est présentée.

### **Acceptabilité des habitats pour les alevins**

Le modèle considéré pour l'évaluation de la qualité des habitats pour l'alevin est basé sur l'utilisation des courbes de préférence permettant le calcul des indices d'acceptabilité pour la vitesse ( $I_V$ ), la profondeur ( $I_H$ ) et le substrat ( $I_S$ ), pour chacun des nœuds du maillage. Ainsi, une fois l'acceptabilité du substrat et des conditions hydrodynamiques connue, l'indice global ( $I_G$ ) est obtenu en calculant la moyenne géométrique des indices d'acceptabilité, en utilisant la pondération appropriée pour chacun des paramètres (Boudreault, 1991):

$$I_G = I_V^{0,526} + I_H^{0,095} + I_S^{0,379}$$

L'indice global constitue une variable distribuée permettant d'apprécier la qualité et la répartition des habitats le long du site modélisé. La visualisation sur carte isosurface de l'indice global à différents débits permet aussi d'évaluer le déplacement des habitats en fonction du débit. Par ailleurs, la visualisation des indices d'acceptabilité pour la profondeur, la vitesse et le substrat, permettent de mieux comprendre l'évolution de l'indice global et les raisons du déplacement de certains habitats.

Le calcul de l'aire pondérée utile (APU) permet de comparer, à partir d'une variable globale, la disponibilité des habitats en fonction du débit. Le calcul de l'APU est réalisé de la façon suivante :

$$APU = \sum_{i=1}^{n, \text{nœuds}} A_i(\text{profondeur}_i > 0) \cdot I_g(x, y)_i$$

Ce qui représente, pour tous les nœuds mouillés du domaine, la somme du produit des aires tributaires nodales et des indices globaux. La vérification de l'état sec ou mouillé des nœuds est simplement réalisée en multipliant les aires nodales par le vecteur logique vérifiant si la profondeur d'eau au nœud est supérieure à zéro, de façon à rendre nulles les superficies nodales des nœuds secs.

Le calcul de la superficie tributaire de chacun des nœuds du maillage hydrodynamique a été réalisé en appliquant la méthode des polygones de Thiessen. Les arêtes des polygones des nœuds sont formés par les médiatrices des segments d'union entre un des nœuds et ses voisins immédiats. Le domaine de calcul, d'une superficie totale de 6389 m<sup>2</sup>, a ainsi été discrétisé en 5731 cellules de superficies variant entre 0,15 et 2,9 m<sup>2</sup>.

L'interprétation des résultats en regard de la superficie brute d'habitat est réalisée en considérant la superficie d'habitat pour laquelle l'indice global est au-delà d'un critère d'acceptabilité déterminé ( $I_g > 0,4$ ), selon la relation suivante :

$$\text{Aire} = \sum_{i=1}^{n \text{ noeuds}} A_i (\text{profondeur}_i > 0) \cdot (I_g(x, y)_i > 0,4)$$

### **Acceptabilité des habitats de fraie**

L'analyse de l'acceptabilité des habitats de fraie potentiels repose sur l'identification des gammes de valeurs acceptables et optimales en ce qui a trait au substrat et à la profondeur. La classe dominante d'un assemblage granulométrique adéquat pour la fraie de l'omble de fontaine doit être composée de gravier ou de caillou. La profondeur d'écoulement doit se situer entre 10 et 30 cm, alors que la vitesse d'écoulement optimale doit varier de 40 à 90 cm/s (section 3.3.2.1).

Pour chacun des débits simulés, une boucle sur les nœuds du maillage permet d'identifier tous les nœuds répondant à ces critères. La somme des superficies tributaires des nœuds sélectionnés constitue la superficie des sites de fraie potentiels.

Le calcul de l'indice d'acceptabilité pour la vitesse moyenne du courant au-dessus des sites de fraie, durant le développement embryonnaire, est réalisé à partir de la moyenne des vitesses calculées aux nœuds répondant aux critères précédents, pondérée en fonction des superficies tributaires des nœuds.

La variabilité en fonction du débit est évaluée d'après la variation des aires de fraie et de l'évolution de l'indice d'acceptabilité pour la vitesse moyenne du courant au-dessus des sites de fraie durant le développement embryonnaire.

### **Acceptabilité des habitats pour les adultes**

Les paramètres évalués pour déterminer l'acceptabilité des habitats pour les adultes sont l'évolution de la superficie mouillée et le pourcentage de la surface du cours d'eau ombragée entre 10 h et 14 h.

Le calcul de la superficie mouillée consiste à additionner les superficies tributaires des nœuds dont la profondeur est supérieure à zéro. L'analyse du taux de variation de ce paramètre en fonction du débit permet, dans certains cas, de déterminer les débits cibles pour lesquels une faible augmentation du débit conduit à une augmentation substantielle de la superficie mouillée.

Le pourcentage de la surface ombragée du cours d'eau a été déterminé en recherchant tous les nœuds du maillage situés à l'intérieur d'un des polygones délimitant les zones

d'ombrage. Pour chacun des débits simulés, il s'agit d'additionner les superficies tributaires des nœuds ombragés, dont la profondeur est supérieure à zéro. L'indice d'acceptabilité est ensuite calculé pour chacun des débits à partir des superficies relatives calculées.

### 3.4 Résultats des simulations

#### 3.4.1 Habitats d'alevinage

##### 3.4.1.1 Variabilité en fonction du débit

Les cartes présentant la distribution des valeurs d'indices d'acceptabilité pour la vitesse, la profondeur et le substrat permettent de constater la contribution de chacun des paramètres à l'indice global (Figure 3.10). Le substrat en place sur la majeure partie du site d'étude semble de trop fort calibre pour l'alevinage. C'est une situation fréquente dans ce type de modélisation parce que le diamètre moyen du substrat ou le substrat dominant, lorsqu'il est trop grossier, ne rend pas compte des microhabitats, soit des petites accumulations de gravier ou d'autres substrats relativement fins qui sont plus adéquats. Ainsi, même si seulement quelques zones à granulométrie plus fine se retrouvent à l'intérieur de la gamme de préférence, les habitats adéquats sont certainement présents en plus grandes proportions. Cet artefact du modèle est pris en compte dans la pondération qui lie les trois variables, puisqu'elle s'appuie sur des résultats *in situ*.

La comparaison des cartes d'isosurface d'indice global montre un changement important dans la distribution des habitats entre les débits de 0,6 et 9,16 m<sup>3</sup>/s (Figure 3.11). À faible débit, le lit mineur de la rivière constitue un habitat de bonne qualité pour les alevins, alors que les habitats acceptables sont confinés aux berges lorsque le débit augmente, en raison de l'écoulement rapide et de la profondeur plus élevée dans le chenal principal. Le même phénomène survient à une échelle réduite entre les débits 0,6 et 1,6 m<sup>3</sup>/s, intervalle au cours duquel l'indice global diminue le long du thalweg, tandis que la valeur et la superficie des habitats augmentent de part et d'autre du chenal d'écoulement principal.

Le calcul d'APU pour chacun des débits simulés permet de constater que l'aire pondérée utilisable augmente très rapidement avec le débit pour les débits situés dans la gamme de 0,2 à 0,6 m<sup>3</sup>/s. Entre 0,6 et 3,0 m<sup>3</sup>/s la valeur de l'habitat en terme d'APU demeure supérieure à 1600 m<sup>2</sup> avec une valeur maximale de 1700 m<sup>2</sup> pour un débit de l'ordre de 1,3 m<sup>3</sup>/s. Puis, les valeurs d'APU diminuent et atteignent un plateau autour de 1450 m<sup>2</sup> pour les débits simulés dans la gamme de 6 à 15 m<sup>3</sup>/s.

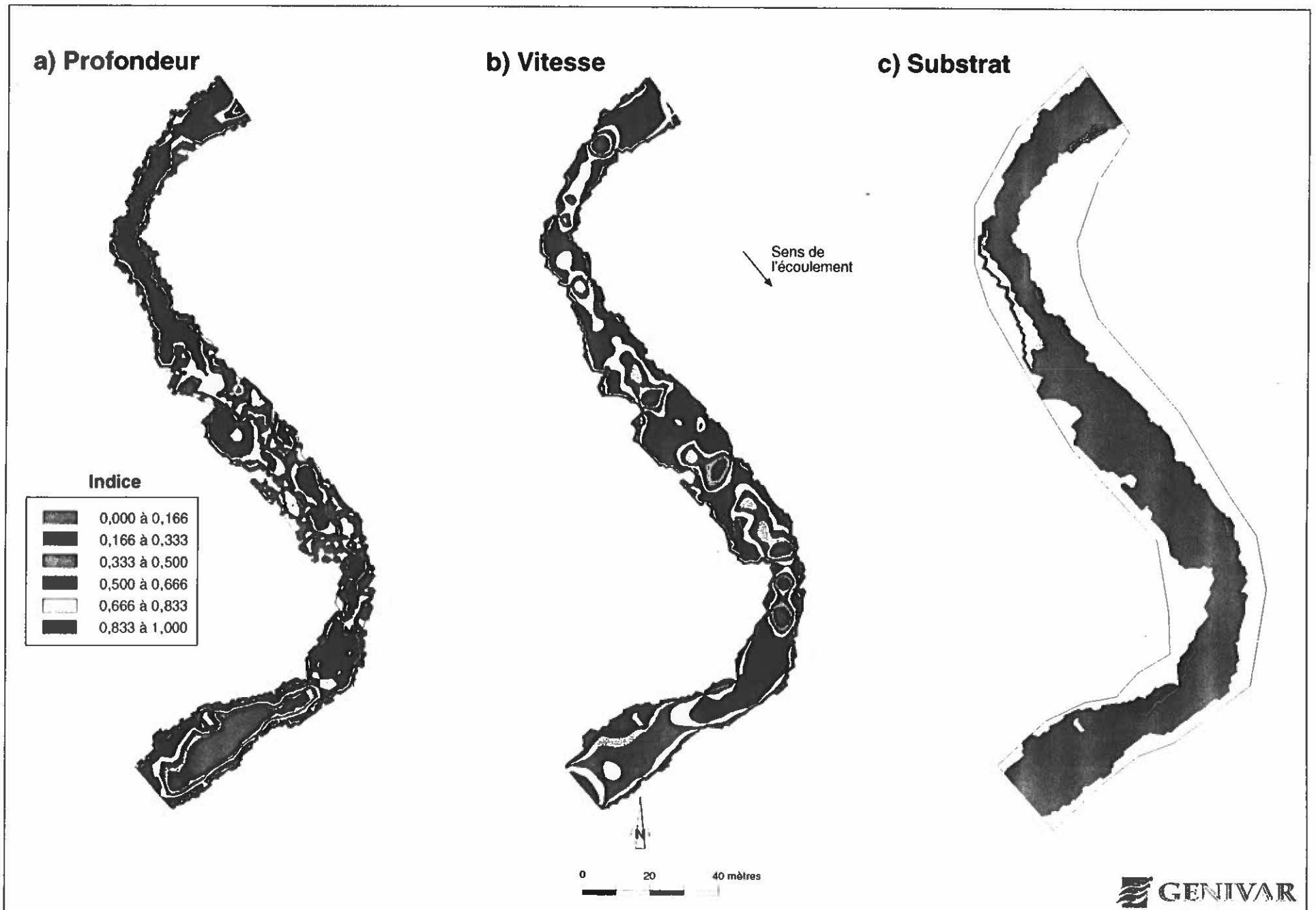


FIGURE 3.10 Indice de préférence des alevins en fonction de la profondeur, de la vitesse et du substrat pour un débit de 0,6 m<sup>3</sup>/s.

a) 0,6 m<sup>3</sup>/s

b) 9,2 m<sup>3</sup>/s

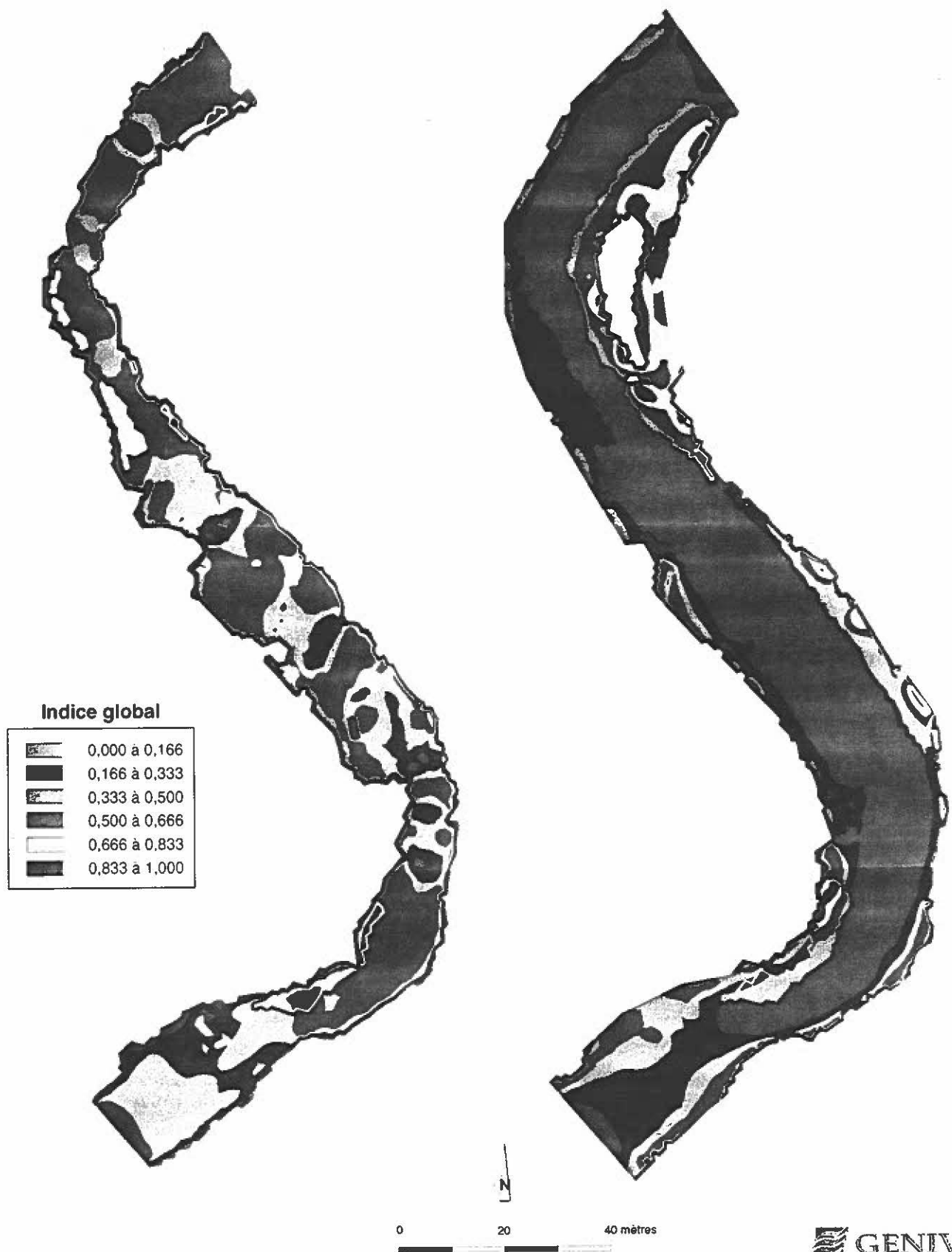
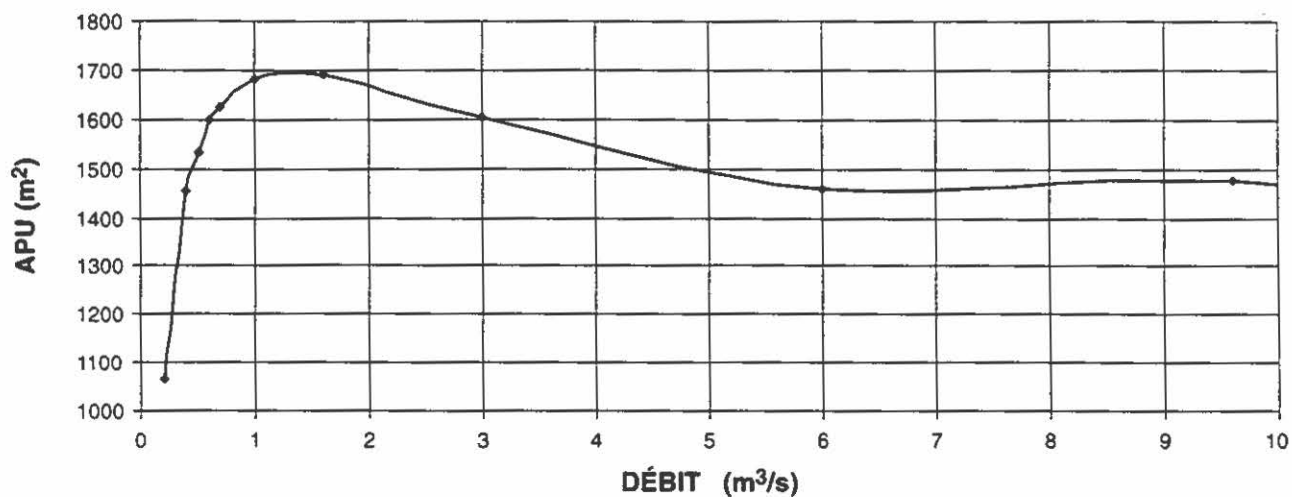


FIGURE 3.11 Comparaison des simulations d'habitats pour des débits de 0,6 et 9,2 m<sup>3</sup>/s dans le tronçon modélisé de la rivière Saint-Charles.

a) Aire pondérée utilisable (APU)



b) Superficie avec l'indice global supérieur à 0,4

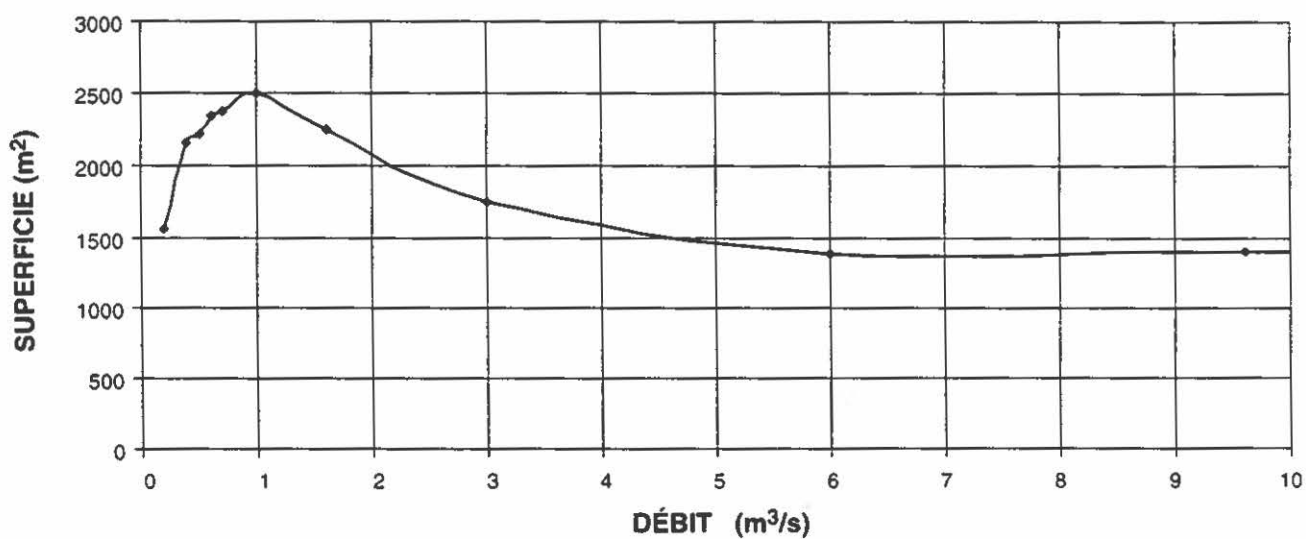


FIGURE 3.12 Relation entre le débit et l'habitat des alevins en fonction de a) l'aire pondérée utilisable et b) la superficie dont l'indice global d'acceptabilité est supérieur à 0,4.

Dans cette gamme, les secteurs dont l'indice global est élevé sont concentrés sur les rives et la superficie d'habitat varie peu avec le débit, en raison de la configuration plutôt régulière des berges, à l'exception d'un petit bras secondaire qui s'inonde à un débit de l'ordre de 8,5 m<sup>3</sup>/s.

La création de ce bras d'écoulement secondaire dans la portion supérieure de la plage de galets et de cailloux génère une superficie d'habitat d'indice élevé dans le secteur amont du site. Toutefois, l'intermittence de l'écoulement dans ce bras, ne permet pas de maintenir la faune benthique nécessaire à l'alimentation de la faune ichthyenne. Le caractère permanent du modèle ne tient pas compte de ce phénomène transitoire, qu'il faut cependant considérer dans l'analyse des résultats.

Le calcul des superficies d'habitat dont l'indice global est supérieur à 0,4 (Raleigh, 1982) permet d'évaluer la superficie d'habitats de qualité minimale en considérant des superficies réelles, par opposition aux superficies pondérées (Figure 3.12b). La superficie maximale d'habitat d'indice global supérieur à 0,4 a été obtenue pour un débit de 1 m<sup>3</sup>/s, soit une superficie de 2500 m<sup>2</sup>, correspondant à près de 40 % de la superficie totale du domaine d'étude considéré.

#### 3.4.1.2 Débit optimal

L'analyse des résultats obtenus en ce qui a trait à la répartition des habitats selon l'indice global, montre que pour de faibles débits (0,2 à 1,6 m<sup>3</sup>/s), l'augmentation de la superficie mouillée entraîne une augmentation des superficies d'habitat de qualité. Pour un débit supérieur à 1,6 m<sup>3</sup>/s, l'augmentation de la profondeur et des vitesses d'écoulement, au-delà des valeurs optimales définies par les courbes d'acceptabilité, diminue la valeur des habitats situés dans le chenal d'écoulement principal.

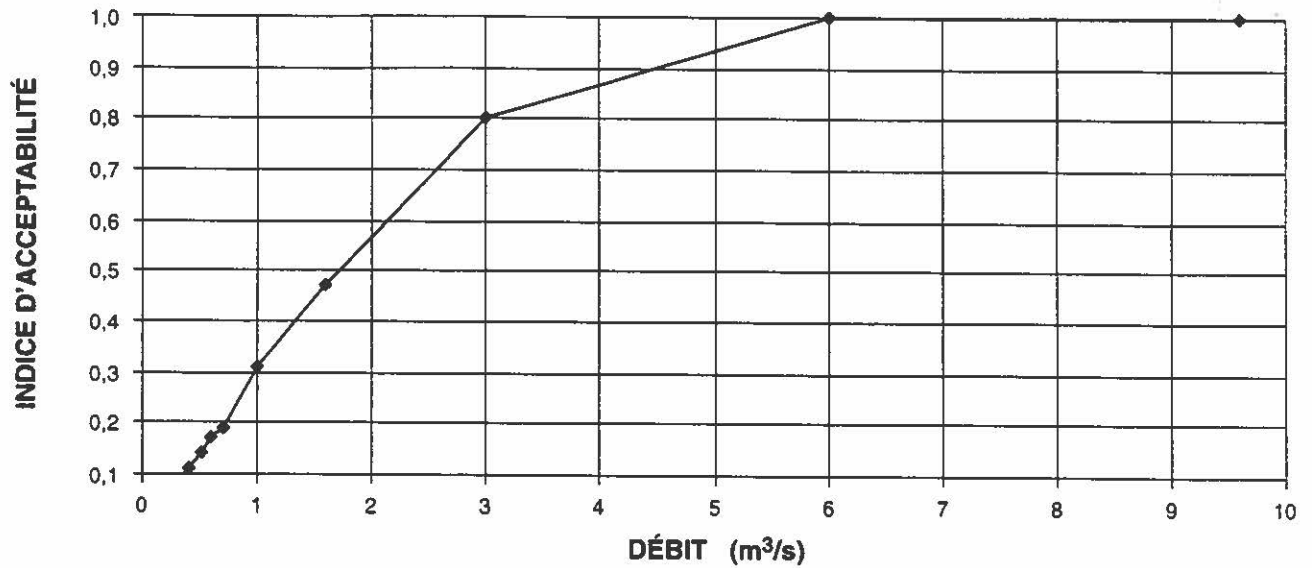
#### 3.4.2 Habitats de fraie

##### 3.4.2.1 Variabilité en fonction du débit

L'indice global d'acceptabilité pour la vitesse du courant au-dessus des sites de fraie durant le développement embryonnaire montre que l'indice d'acceptabilité de 1,0 est atteint à 6 m<sup>3</sup>/s et maintenu à ce niveau pour les débits supérieurs de la gamme des débits simulés, tandis que l'indice seuil de 0,4 est atteint à environ 1,3 m<sup>3</sup>/s (Figure 3.13a).

La superficie relative des sites de fraie, calculée en fonction des critères de substrat et de profondeur pour la gamme des débits simulés, la plus faible (2,2 %) est atteint à un débit de 0,6 m<sup>3</sup>/s. (Figure 3.13b) La superficie relative augmente progressivement avec le débit dans la gamme de 0,6 à 6 m<sup>3</sup>/s. Au-delà de 6 m<sup>3</sup>/s, l'augmentation du

a) Indice d'acceptabilité pour la vitesse du courant au-dessus des sites de fraie



b) Superficie relative des sites de fraie potentiels en fonction de la granulométrie et de la profondeur d'eau

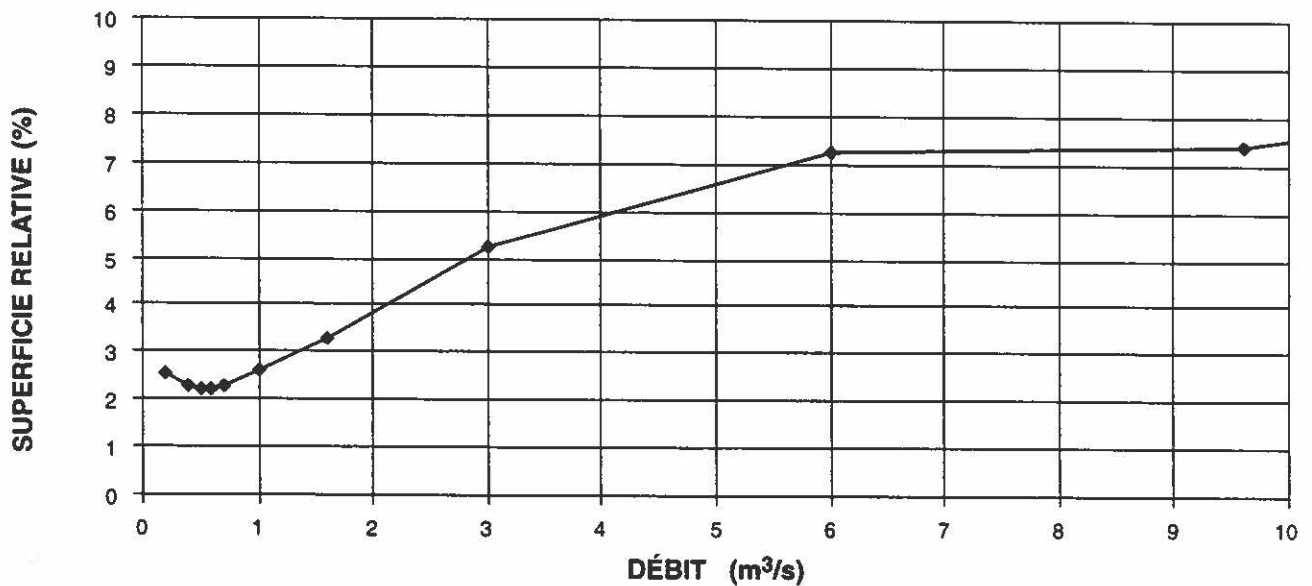


FIGURE 3.13 Relation entre le débit et l'habitat de fraie en fonction de a) l'indice d'acceptabilité pour la vitesse de courant et b) la superficie relative des sites de fraie.

débit n'entraîne pas d'augmentation substantielle de la superficie relative de sites de fraie potentiels, conduisant plutôt à un déplacement des sites potentiels vers le haut des berges. Ce type de débit ne survient qu'en période de crue.

#### 3.4.2.1 Débit optimal

Les sites de fraie potentiels occupent moins de 10 % de la superficie relative du site d'étude. Les résultats montrent que les conditions sont favorables à la fraie à partir d'un débit de 1,3 m<sup>3</sup>/s. Les conditions deviennent très bonnes à partir d'un débit de 6 m<sup>3</sup>/s.

Étant donné les objectifs visés, les simulations n'ont pas été menées jusqu'à des débits suffisamment élevés pour conduire à une diminution de l'indice d'acceptabilité, qui survient lorsque la vitesse moyenne au-dessus des sites de fraie dépasse 90 cm/s. Toutefois, il est évident qu'une limite supérieure existe.

#### 3.4.3 Habitats pour les adultes

##### 3.4.3.1 Superficie mouillée

La superficie mouillée augmente avec le débit, rapidement pour les débits faibles et lentement pour les débits élevés (Figure 3.14a). Le taux de variation de la superficie mouillée en fonction du débit diminue de façon importante pour un débit supérieur à 0,6 m<sup>3</sup>/s, indiquant que la superficie du lit mineur est recouverte aux environs de ce débit (Figure 3.14b). La progression des limites de la superficie mouillée est par la suite plus lente sur le lit majeur en raison de la pente des berges plus forte dans cette portion du lit.

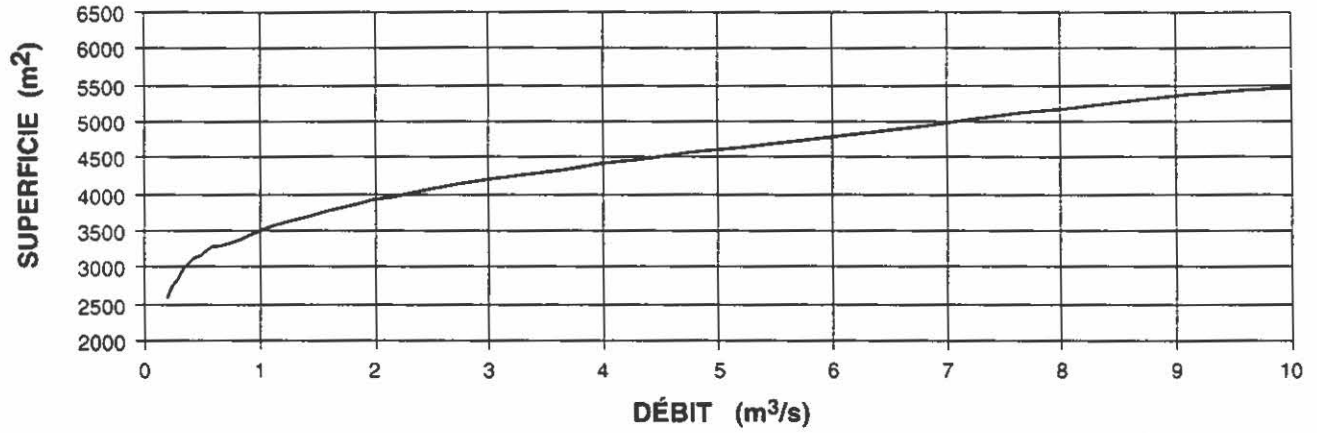
##### 3.4.3.2 Ombrage

La superficie relative ombragée du cours d'eau est maximale à un débit de 1,6 m<sup>3</sup>/s (Figure 3.15), ce qui représente près de 14 % de la superficie mouillée. Toutefois, ce critère est peu déterminant, car l'indice d'acceptabilité est situé entre 0,2 et 0,3, sur toute la gamme des débits simulés.

### 3.5 **Discussions sur le débit écologique**

À partir des analyses présentées dans les sections précédentes, la valeur du débit écologique ou débit réservé peut varier en fonction de la méthode utilisée pour la définir. Les résultats des analyses en fonction du débit réservé et de la gamme de débits optimums se résument comme suit:

a) Superficie mouillée



b) Taux de variation de la superficie mouillée

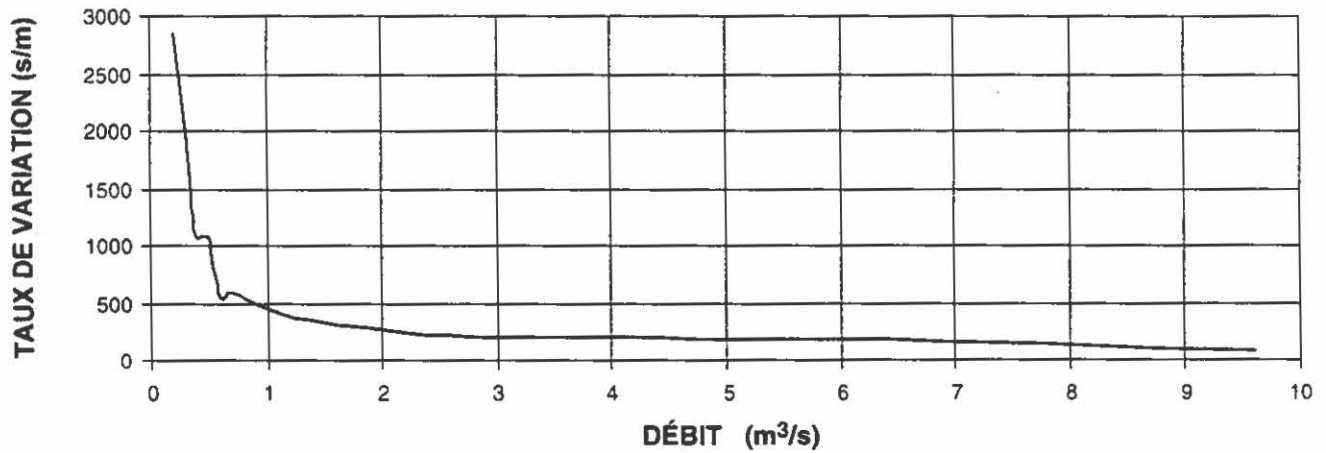


FIGURE 3.14 Relation entre le débit et l'habitat des adultes basée sur a) la superficie mouillée et b) le taux de variation de la superficie mouillée.

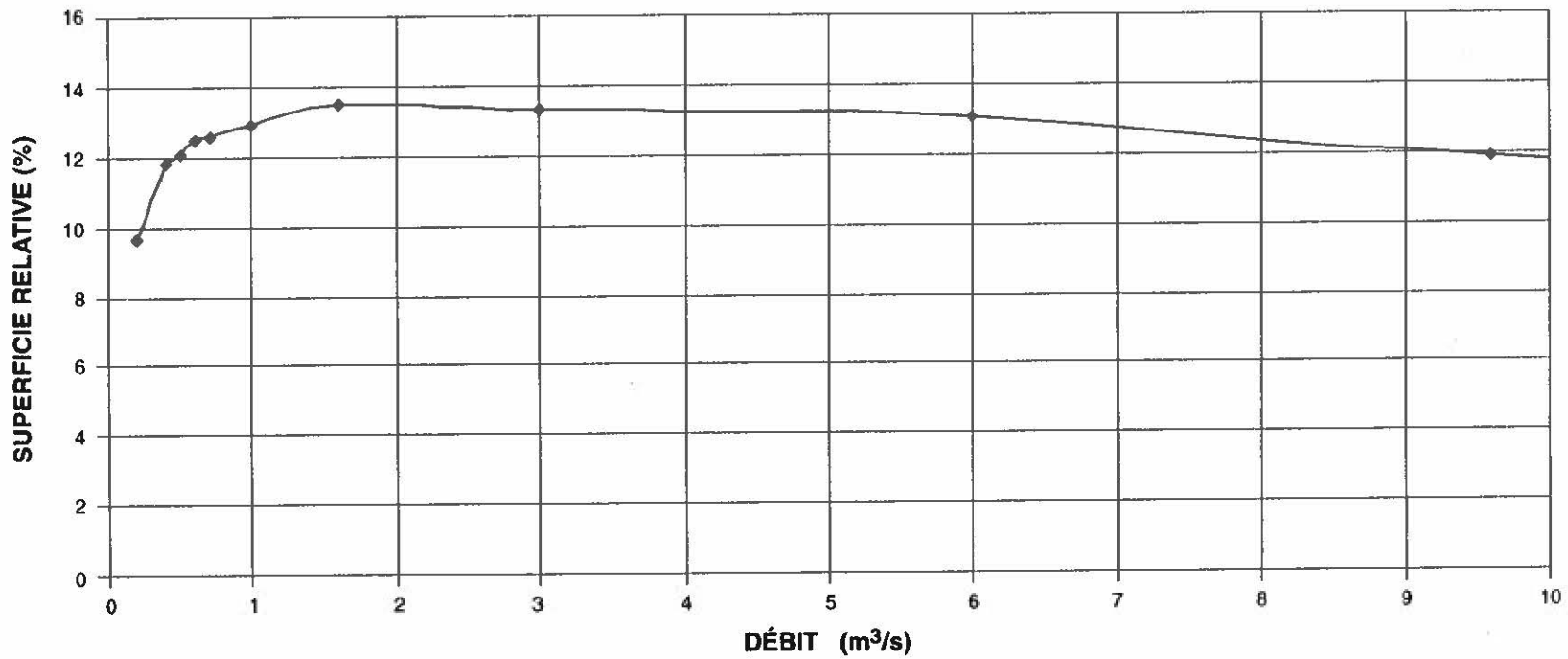


FIGURE 3.15 Relation entre le débit et la surface relative du cours d'eau ombragée entre 10h et 14h en été.

- le débit correspondant à un habitat d'alevinage de qualité maximale est de  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$  en se basant sur l'aire pondérée utilisable, ou de  $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$  en considérant les surfaces mouillées ayant un indice d'acceptabilité de plus de 0,4. Par ailleurs, cette valeur optimale de  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$  se situe à l'intérieur d'une gamme de débits ( $0,6$  à  $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ) jugée acceptable pour l'alevinage;
- l'indice d'acceptabilité, de même que la superficie relative des sites de fraie atteignent leur maximum à un débit de  $6,0 \text{ m}^3/\text{s}$ . Toutefois un débit de  $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$  est suffisant pour assurer une acceptabilité de 0,4, jugée adéquate pour la fraie;
- en considérant la superficie mouillée en fonction du débit, le taux de perte de surface augmente très rapidement pour un débit inférieur à  $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- le débit de  $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$  présente la valeur maximale de superficie relative ombragée, bien que cette superficie reste assez constante entre  $0,4$  et  $9,6 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Ces valeurs de débit écologique, calculées pour une espèce piscicole relativement peu tolérante, seront adéquates pour l'ensemble des espèces de poissons et pour la faune utilisant la rivière. De plus, elles permettent le maintien des activités récréatives pratiquées en rivière, ainsi que l'amélioration de certaines comme la baignade, qui sera favorisée par un niveau d'eau plus élevé.

Afin d'optimiser le processus de sélection d'un débit réservé, une analyse statistique des débits de la rivière Saint-Charles à la station 050904 a permis de comparer différents scénarios de débits réservés en évaluant le nombre de jours où le débit réservé n'aurait pas été respecté et quel serait le volume correspondant à combler par un apport supplémentaire à partir du réservoir du lac Saint-Charles (Tableau 3.9).

L'été au cours duquel les débits se sont avérés les plus faibles demeure sans contredit celui de l'année 1991, où un volume de plus de  $5 \text{ hm}^3$  aurait été requis pour assurer un débit réservé de  $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ . Les étés de 1978, 1979, 1989 et 1995 sont également caractérisés par une faible hydraulité.

Les débits mesurés à la station 050904 sont demeurés supérieurs à  $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$  pour seulement 6 des 27 années d'observations disponibles (1973, 1974, 1976, 1981, 1986 et 1994). On peut également noter que le volume moyen requis ( $760\,000 \text{ m}^3$ ) s'étend sur une période de 3 semaines. De façon similaire, avec un débit réservé de  $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , les mêmes étés de faible hydraulité exigent un volume additionnel d'eau de l'ordre de  $1 \text{ hm}^3$ , alors que la moyenne est de  $340\,000 \text{ m}^3$ . Pour un débit réservé de  $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ , le besoin estival moyen en eau est très faible et se situe à moins de  $80\,000 \text{ m}^3$ .

TABLEAU 3.9 Évaluation des volumes d'eau à puiser dans le lac Saint-Charles (entre le 1<sup>er</sup> juin et le 30 septembre) pour assurer un débit réservé à la station 050904 de la rivière Saint-Charles selon trois scénarios.

| Année   | $Q_{050904} < Q_{\text{réserve}}$ (jours) |                       |                       | Volume requis (m <sup>3</sup> ) |                       |                       |
|---------|---|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|
|         | 0,3 m <sup>3</sup> /s                     | 0,6 m <sup>3</sup> /s | 0,9 m <sup>3</sup> /s | 0,3 m <sup>3</sup> /s           | 0,6 m <sup>3</sup> /s | 0,9 m <sup>3</sup> /s |
| 1969    | 1   | 3                     | 7                     | 10 368                          | 68 256                | 206 496               |
| 1970    | 0   | 4                     | 17                    | 0                               | 32 832                | 284 256               |
| 1971    | 0   | 1                     | 5                     | 0                               | 2 592                 | 69 120                |
| 1972    | 0   | 1                     | 1                     | 0                               | 7 776                 | 33 696                |
| 1973    | 0   | 0                     | 0                     | 0                               | 0                     | 0                     |
| 1974    | 0   | 0                     | 0                     | 0                               | 0                     | 0                     |
| 1975    | 0   | 10                    | 24                    | 0                               | 95 040                | 551 232               |
| 1976    | 0   | 0                     | 0                     | 0                               | 0                     | 0                     |
| 1977    | 0   | 0                     | 5                     | 0                               | 0                     | 73 440                |
| 1978    | 26  | 48                    | 67                    | 300 845                         | 1 235 261             | 2 701 814             |
| 1979    | 19  | 36                    | 43                    | 159 408                         | 956 534               | 1 988 928             |
| 1980    | 0   | 3                     | 9                     | 0                               | 10 541                | 170 899               |
| 1981    | 0   | 0                     | 0                     | 0                               | 0                     | 0                     |
| 1982    | 0   | 3                     | 9                     | 0                               | 34 042                | 166 579               |
| 1983    | 21  | 30                    | 35                    | 330 566                         | 1 065 658             | 1 907 539             |
| 1984    | 8   | 9                     | 11                    | 120 960                         | 341 194               | 579 917               |
| 1985    | 0   | 1                     | 4                     | 0                               | 2 938                 | 56 851                |
| 1986    | 0   | 0                     | 0                     | 0                               | 0                     | 0                     |
| 1987    | 0   | 4                     | 9                     | 0                               | 25 056                | 151 027               |
| 1988    | 4   | 12                    | 20                    | 5 616                           | 212 458               | 645 581               |
| 1989    | 25  | 40                    | 54                    | 308 189                         | 1 172 362             | 2 379 370             |
| 1990    | 3   | 12                    | 22                    | 5 962                           | 209 866               | 663 379               |
| 1991    | 54  | 83                    | 99                    | 781 229                         | 2 581 459             | 5 003 597             |
| 1992    | 3   | 4                     | 7                     | 7 690                           | 95 818                | 237 859               |
| 1993    | 3   | 10                    | 17                    | 20 045                          | 183 341               | 555 984               |
| 1994    | 0   | 0                     | 0                     | 0                               | 0                     | 0                     |
| 1995    | 15  | 45                    | 55                    | 74 304                          | 852 941               | 2 155 939             |
| moyenne | 7   | 13                    | 19                    | 78 710                          | 340 221               | 762 352               |

Compte tenu de ces résultats, nous suggérons de maintenir dans la rivière Saint-Charles, en aval de la prise d'eau de la ville, les débits suivants :

- pour la période estivale (1<sup>er</sup> juin au 30 septembre), assurer un débit minimal de 0,9 m<sup>3</sup>/s afin de maintenir la qualité et la quantité des habitats pour la croissance des alevins. En cas de situation exceptionnelle, c'est-à-dire un été de très faible hydraulité comme 1991, le débit minimal pourrait être réduit à 0,6 m<sup>3</sup>/s;
- en période de fraie (1<sup>er</sup> au 31 octobre), assurer un débit minimal de 1,3 m<sup>3</sup>/s, afin de maintenir la qualité de l'habitat à un niveau adéquat (indice d'acceptabilité de 0,4 et plus);
- en période hivernale (1<sup>er</sup> novembre au 30 mai), assurer un débit minimal de 0,6 m<sup>3</sup>/s permettant l'irrigation des sites de fraie sous couvert de glace. En cas de situation exceptionnelle, où les apports hydriques au lac Saint-Charles devenaient très faibles lors de l'étiage hivernal (i.e. 1992-1993), le débit minimal pourrait être réduit à 0,4 m<sup>3</sup>/s.

## **4. GESTION DU LAC SAINT-CHARLES**

---

Ce chapitre présente une analyse préliminaire de la faisabilité d'exploiter la réserve du lac Saint-Charles pour le maintien dans la rivière d'un débit écologique tel que défini au chapitre précédent.

Des simulations de la gestion du lac ont été effectuées en se basant sur les données disponibles. Les résultats obtenus permettent d'évaluer la séquence des variations des niveaux d'eau et des débits de sortie du lac au cours de la période estivale. Ces mêmes résultats sont comparés aux niveaux d'eau observés et aux débits de sortie du lac Saint-Charles qui ont pu être évalués par le biais d'une reconstitution basée sur l'analyse des données disponibles. Une comparaison des débits, résultant de l'application du mode de gestion simulé et des débits mesurés à la station de jaugeage de la rivière Saint-Charles, est également présentée.

Enfin, un suivi de la gestion des débits effectuée par la Ville de Québec est réalisé. Ce suivi couvre la période de 1995 à 1998 et analyse les résultats de la gestion des débits sur le lac Saint-Charles et dans la rivière.

### **4.1 Simulations de la gestion du lac Saint-Charles**

Cette section décrit les données disponibles pour procéder aux simulations de gestion du lac Saint-Charles, le mode de gestion ainsi que les hypothèses de calcul considérées, les différentes étapes de calculs intermédiaires réalisées de même que la méthode de calcul suivie pour l'exécution des simulations.

#### **4.1.1 Informations disponibles**

Les données à partir desquelles les simulations ont été réalisées comprennent:

- les débits mesurés aux stations de jaugeage 050904, 050906, et 050908 opérées respectivement sur les rivières Saint-Charles, Jaune et Nelson par le MEF (source: MEF);
- les données de fluctuation des niveaux d'eau du lac Saint-Charles (source: Ville de Québec);
- les données relatives aux volumes d'eau brute soutirés quotidiennement de la rivière Saint-Charles pour les fins d'approvisionnement de la Ville de Québec en eau potable. Ces données correspondent aux volumes d'eau enregistrés à l'entrée de l'usine et représentent la presque totalité des volumes traités, à l'exception de certaines périodes d'entretien de l'usine où l'eau a été retournée à la rivière par un canal de dérivation (by pass) (source: Ville de Québec).

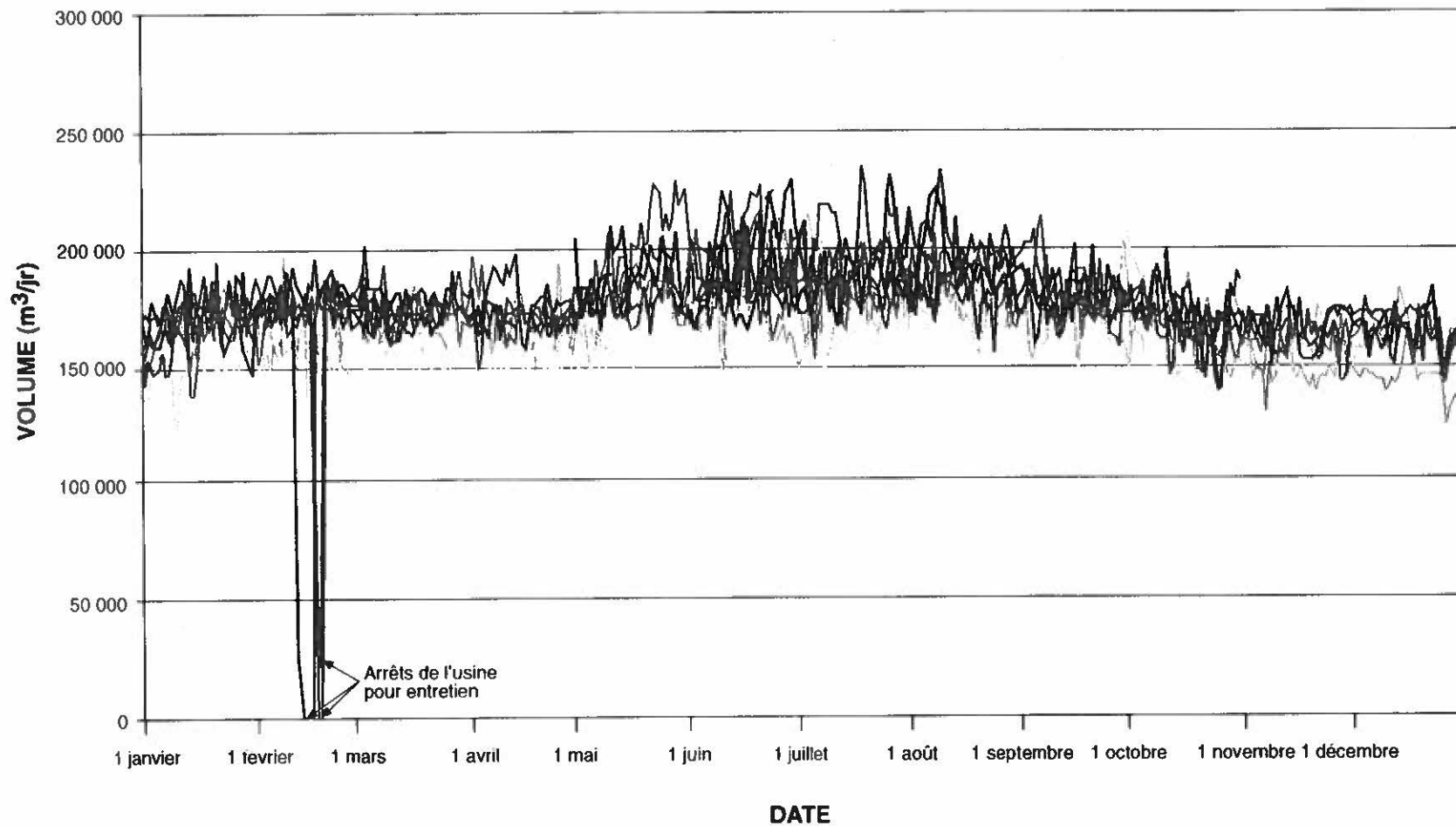
L'ensemble de ces données ne sont disponibles simultanément que pour l'année 1989. C'est pour cette raison que l'année 1991 n'a pas été utilisée pour les simulations bien que celle-ci fut l'année où l'étiage a été le plus sévère (voir tableau 3.9). La période du 1<sup>er</sup> juin au 30 septembre 1989, caractérisée par une faible hydraullicité, est celle considérée pour fins de simulations. D'autres simulations ont également été effectuée pour les étés 1986 et 1985, représentant respectivement des années de forte et de moyenne hydraullicité. Pour ces années, l'ensemble des données citées plus haut étaient disponibles à l'exception des données relatives aux volumes d'approvisionnement en eau brute. Compte tenu de la relative constance des volumes d'approvisionnement prélevés (Figure 4.1), les simulations ont été effectuées pour ces deux années en considérant un volume journalier soutiré de 184 662 m<sup>3</sup> (équivalant à un débit moyen journalier de 2,14 m<sup>3</sup>/s). Notons que les pointes observées correspondent vraisemblablement à des travaux d'entretien à l'usine de traitement.

De plus, de façon à analyser la sensibilité des résultats à cette hypothèse, des simulations supplémentaires ont été réalisées en considérant des séries de volumes quotidiens d'approvisionnement générées à partir de simulations de type Monte-Carlo. Ce type de simulations permet de générer aléatoirement une ou plusieurs séries de données qui présentent les mêmes caractéristiques statistiques que l'échantillon de base. Dans le présent contexte d'application, il a été supposé que la distribution des volumes d'approvisionnement suivait une loi normale.

Il faut mentionner que les données de niveau du lac Saint-Charles ne sont pas disponibles sur une base quotidienne. Typiquement, l'intervalle de temps entre les mesures de niveaux du lac varie mais excède rarement 7 jours. De façon générale, les mesures sont prises aux 2 ou 3 jours. Compte tenu de la régularité des variations des niveaux du lac, ces derniers ont été estimés selon une interpolation linéaire pour les journées entre lesquelles aucune mesure n'avait été effectuée. L'analyse des figures présentées à la figure 4.2 convainc facilement de la validité de cette approche, bien que certains rehaussements du niveau du lac sur une très courte période auraient pu être négligés. Les baisses prononcées des niveaux du lac Saint-Charles observées en 1997 ont été causées par deux événements distincts, soit un abaissement dû à des relâchés de débits supérieurs à ceux qu'aurait requis l'application d'un débit de 0,9 m<sup>3</sup>/s dans la rivière au mois d'août et un abaissement du lac au mois d'octobre afin d'effectuer des travaux de stabilisation des berges.

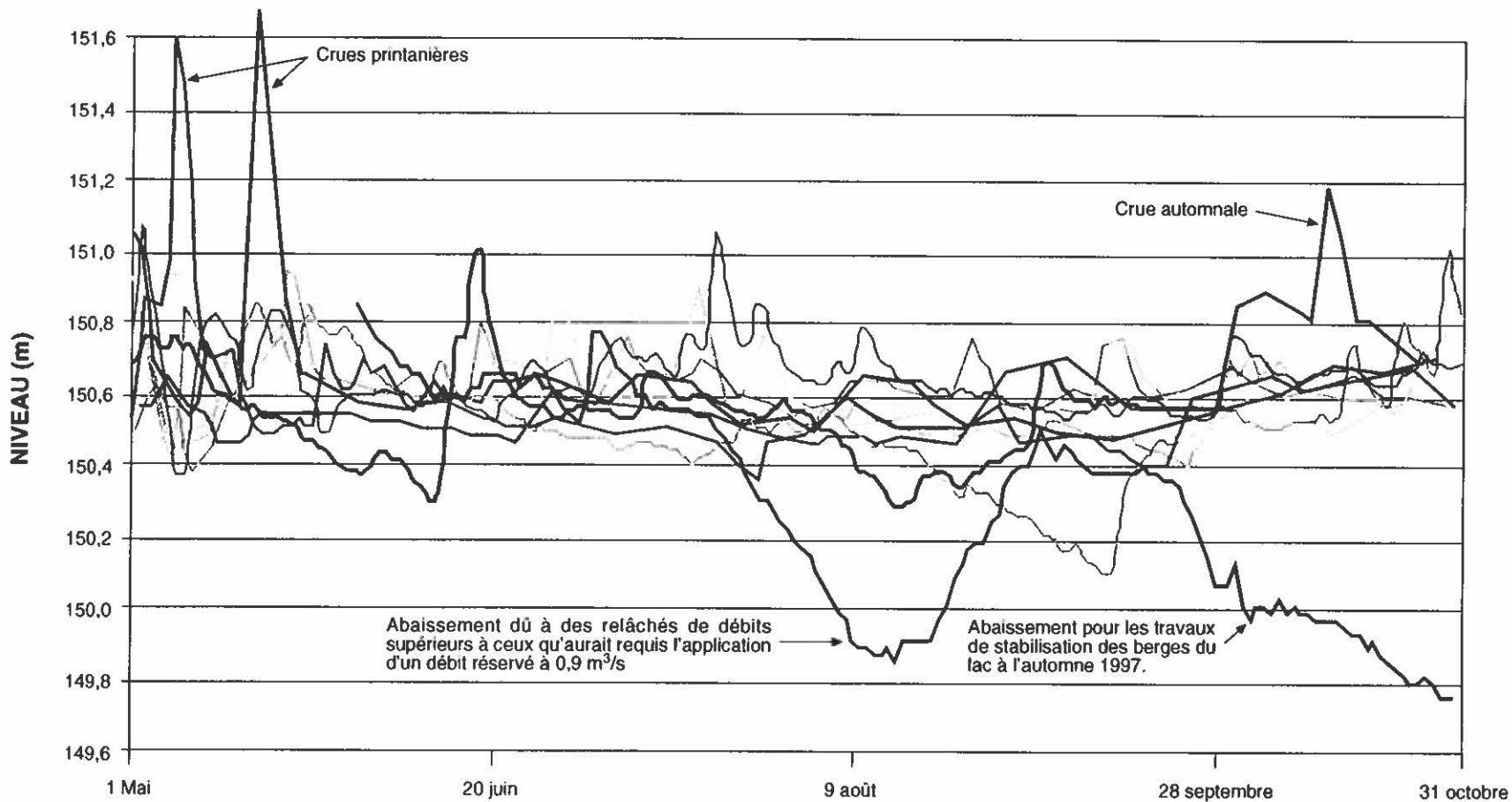
#### 4.1.2 Approche retenue pour la réalisation des simulations

Les simulations de la gestion du lac Saint-Charles ont été réalisées pour 1989, 1985 et 1986, caractérisant respectivement des années de faible, de moyenne et de forte hydraullicité. Ces simulations couvrent la période du 1<sup>er</sup> mai au 30 octobre pour les



|   |      |   |      |
|---|------|---|------|
| — | 1989 | — | 1994 |
| — | 1990 | — | 1995 |
| — | 1991 | — | 1996 |
| — | 1992 | — | 1997 |
| — | 1993 | — | 1998 |

FIGURE 4.1 Volume d'approvisionnement d'eau prélevé dans la rivière Saint-Charles à l'usine de traitement de la ville de Québec.



DATE

|      |      |
|------|------|
| 1985 | 1990 |
| 1986 | 1995 |
| 1987 | 1996 |
| 1988 | 1997 |
| 1989 | 1998 |

**GENIVAR**

#12027

FIGURE 4.2 Évolution du niveau d'eau du lac Saint-Charles du 1<sup>er</sup> mai au 31 octobre.

trois années considérées. Le maintien de trois débits réservés différents (respectivement de 0,3 m<sup>3</sup>/s, 0,6 m<sup>3</sup>/s et 0,9 m<sup>3</sup>/s) à la station de jaugeage de la rivière Saint-Charles a été considéré dans le cadre de ces simulations. Au début de chaque période de simulation, un niveau initial du lac a été posé. Deux séries de simulations distinctes ont été effectuées en posant respectivement la valeur de ce niveau initial à 150,5 et 151,0 m. Notons que, pour les fins des simulations, le niveau du décret (150,46 m) a été arrondi à 150,5 m.

Pour chaque journée considérée dans les simulations, la valeur du débit qui doit être évacué du lac Saint-Charles est déterminée selon les conditions suivantes:

- le débit au point de localisation de la station de jaugeage doit au moins être égal au débit réservé visé. Dans le cas contraire, le débit minimal qui doit être évacué du lac Saint-Charles correspond à la différence du débit réservé visé et de la somme des apports des rivières Jaune et Nelson, de laquelle est soustrait le débit d'approvisionnement en eau;
- en tout temps, et ce, même si les apports des rivières Jaune et Nelson suffisent à assurer un débit supérieur au débit réservé visé, nous considérons un débit évacué conservateur de 0,2 m<sup>3</sup>/s, ceci afin d'assurer un débit acceptable entre le barrage et le point de confluence des rivières Jaune et Saint-Charles;
- en tout temps également, si le niveau maximal du lac est atteint, l'équivalent des apports naturels au lac doit être évacué de façon à ce que le niveau maximal ne soit pas dépassé, mais qu'il soit maintenu en prévision des étiages futurs.

Une fois que le débit moyen à évacuer au cours de la journée considérée est fixé, le volume résultant du lac au début de la prochaine journée peut être calculé à partir de la relation suivante:

$$V_{j+1} = V_j + Q_n * dt - Q_{dév} * dt$$

- où
- $V_{j+1}$ : volume d'emmagasinement du lac pour la journée suivant celle considérée
  - $V_j$ : volume d'emmagasinement du lac pour la journée considérée
  - $Q_n$ : apports naturels, sous la forme d'un débit moyen journalier
  - $Q_{dév}$ : débit moyen journalier évacué
  - $dt$ : intervalle de temps

Le volume d'emmagasinement ne constitue pas une information directement accessible. Il peut par contre être déterminé à partir du niveau du lac qui figure dans la liste des informations disponibles pour les années de simulations. La procédure consiste essentiellement à déterminer le volume défini par la bathymétrie du lac contenue sous la cote à laquelle s'établit le niveau d'eau.

De façon à faciliter la détermination du volume d'eau correspondant au niveau d'eau du lac pour chaque période au cours desquelles ces données sont disponibles, un modèle numérique de la bathymétrie du lac a été constitué. Une vue tridimensionnelle de ce modèle est présentée à l'annexe 5. Le modèle numérique de la bathymétrie du lac Saint-Charles a été constitué selon la méthode présentée dans McNeil et Marche (1994). Cette méthode consiste d'abord à établir, avec un "krigeage dual", une fonction d'interpolation caractérisant la variation, dans l'espace, de la bathymétrie du lac en se basant sur des mesures ponctuelles de ce paramètre. Par la suite, une élévation représentative de la bathymétrie du lac est calculée pour chaque noeud du maillage qui sert de support géométrique au modèle numérique de bathymétrie. Les données qui ont servi d'informations de base à l'application de la méthode du "krigeage dual" comprennent:

- les courbes d'iso-profondeur qui apparaissent sur la carte bathymétrique du lac Saint-Charles établie par le ministère des Ressources naturelles, lesquelles ont été numérisées;
- les données de terrain définies sous la forme de points cotés;
- les courbes de niveau et les points cotés apparaissant sur les cartes topographiques des zones adjacentes au lac qui ont été numérisés puis ajoutés à l'échantillon dans le but d'améliorer la précision du modèle numérique de bathymétrie du lac à proximité des berges.

Une fois le modèle numérique de bathymétrie créé, l'étape qui suit consiste à calculer le volume contenu en dessous de différentes élévations correspondant au niveau du lac. À partir de l'échantillon obtenu, une fonction d'interpolation décrivant la courbe élévation-volume caractérisant le lac a été définie (Annexe 5.2). Cette fonction d'interpolation est utilisée de façon intensive dans l'exécution des simulations pour convertir un niveau d'eau donné en un volume d'emmagasinement correspondant.

Les données disponibles, énumérées à la section précédente, ne comprennent pas la série d'apports naturels au lac Saint-Charles. Cependant, cette information peut être déduite à partir des données disponibles au terme de l'exécution d'une série de calculs intermédiaires. Pour ce faire, une première étape doit être réalisée pour estimer les débits évacués du lac au cours des périodes d'analyse. Par la suite, l'analyse de l'évolution des niveaux du lac, qui constitue une information connue, et des débits évacués permettent l'évaluation des apports naturels associés à la réaction hydrologique du bassin versant tributaire au lac Saint-Charles. Les deux sections qui suivent décrivent brièvement les étapes de calcul nécessaires à la reconstitution des séries de débits évacués du lac et des apports naturels.

#### 4.1.2.1 Reconstitution des séries de débits évacués du lac Saint-Charles

En vertu du principe de la conservation de la masse, le débit qui s'écoule dans la rivière Saint-Charles en amont du point d'approvisionnement en eau correspond à l'addition du débit évacué du lac Saint-Charles aux apports des rivières Jaune et Nelson. Dans le même ordre d'idée, la valeur du débit moyen journalier mesuré à la station de jaugeage 050904 correspond à la différence entre le débit de la rivière Saint-Charles, en amont du point d'approvisionnement, et le débit d'approvisionnement qui est soutiré.

Connaissant la valeur des débits mesurés aux stations 050904, 050906 et 050908, ainsi que le débit soutiré de la rivière Saint-Charles (connu pour 1989 et estimé pour 1985 et 1986) en amont de la station 050904, le débit évacué par le lac Saint-Charles peut être évalué à partir de la relation suivante:

$$Q_{\text{dév}} = Q_{050904} - Q_{050906} - Q_{050908} + V_{\text{app}}/dt$$

où la valeur de  $V_{\text{app}}$  correspond au volume d'approvisionnement de l'usine de traitement et sous l'hypothèse que les apports ou les pertes cumulées par l'écoulement le long des parcours suivants sont négligeables:

- du lac Saint-Charles au point d'approvisionnement en eau sur la rivière Saint-Charles;
- du point d'approvisionnement en eau jusqu'à la station de jaugeage de la rivière Saint-Charles;
- de la station de jaugeage de la rivière Jaune au point d'approvisionnement en eau sur la rivière Saint-Charles;
- de la station de jaugeage de la rivière Nelson au point d'approvisionnement en eau sur la rivière Saint-Charles.

Il convient de noter que, dans le cadre de la présente analyse, cette dernière hypothèse demeure justifiable par rapport à l'influence qu'elle peut avoir sur les résultats. D'abord, les stations de jaugeage 050906 et 050908, situées respectivement sur les rivières Jaune et Nelson, sont toutes deux situées relativement près de leur point de confluence respectif avec la rivière Saint-Charles. Par ailleurs, il n'existe que deux autres tributaires, les ruisseaux Valet et des Eaux Fraîches, autres que les rivières Jaune et Nelson, dont l'écoulement contribue sous forme d'apport au débit de la rivière Saint-Charles, entre le lac et la station de jaugeage 050904. Toutefois, ces tributaires ne drainent qu'une très faible portion du bassin versant tributaire à la station 050904.

En toute rigueur, il convient de mentionner que ces portions de tributaires contribuent, sous la forme de différents processus du cycle hydrologique (échanges de flux d'écoulement souterrain entre la nappe et le cours d'eau, ruissellement hypodermique dans la couche de sol non saturé, ruissellement de surface, etc.), au débit de la rivière Saint-Charles. Cependant, dans le cadre de cette analyse, il demeure justifié de considérer que la valeur de ces apports est négligeable par rapport à ceux des écoulements à surface libre de la décharge du lac Saint-Charles ainsi que des rivières Jaune et Nelson. Par ailleurs, les techniques qui sont en mesure de le faire ne permettraient que l'obtention de résultats approximatifs dont la considération pourrait potentiellement conduire à des erreurs plus importantes que celles encourues en les négligeant.

La figure 4.3 présente les hydrogrammes des débits évacués du lac Saint-Charles au cours des étés de 1985, 1986 et 1989, superposés aux hydrogrammes des débits des rivières Jaune et Nelson mesurés respectivement aux stations 050906 et 050908. Une appréciation de la validité de ces résultats est brièvement formulée à partir de leur analyse qualitative. De prime abord, il appert que:

- ces résultats demeurent cohérents d'un point de vue physique en ce qu'aucun des débits obtenus ne s'avère négatif;
- et que les valeurs obtenues de la reconstitution se situent dans des ordres de grandeur réalistes.

#### 4.1.2.2 Reconstitution des séries d'apports naturels au lac Saint-Charles

En se basant à la fois sur les fluctuations des niveaux d'eau mesurés et les débits de sortie du lac Saint-Charles, la valeur des apports naturels au plan d'eau, associée à la réaction hydrologique de la portion du bassin versant qui lui est tributaire, peut être évaluée sur la base des calculs qui suivent.

En vertu du principe de conservation de la masse, la variation du niveau d'emmagasinement du lac au cours d'une journée donnée doit égaler le bilan correspondant à la différence des volumes d'apports et de sortie du lac. Exprimé sous forme d'équation, ce principe se présente comme suit:

$$Q_n * dt - Q_{\text{dév}} * dt - (V_{j+1} - V_j) = 0$$

où les termes de l'équation correspondent à ceux de l'équation présentée plus haut.

Les processus d'évapotranspiration, d'échanges de flux avec la nappe ainsi que d'apports sous forme de précipitation directe (volume d'eau tombée sous forme de

pluie sur la surface du lac) ne sont pas considérés dans ce bilan. En se référant aux données météorologiques du ministère de l'Environnement et de la Faune (voir tableau 2.3), l'évapotranspiration potentielle varie, sur une base mensuelle, entre 22 et 131 mm (avril à octobre), alors que la précipitation de pluie oscille entre 85 et 132 mm pour la même période. Sur une base quotidienne, ces quantités (1 à un peu plus de 4 mm) demeurent faibles par rapport aux fluctuations observées. Pour l'ensemble des mois d'été, un bilan légèrement positif est observé entre la quantité de précipitation et celle associée à l'évapotranspiration. De plus, ces processus sont intégrés indirectement dans le bilan hydrologique du bassin au site de la station du MEF (050904). Par conséquent, pour les fins de la reconstitution des débits d'apport au lac Saint-Charles, ces processus du cycle hydrologique n'ont pas été analysés en détail puisqu'ils n'auraient pas eu d'impacts majeurs sur les résultats obtenus. Il faut mentionner que les données d'évapotranspiration ont généralement tendance à surestimer l'évaporation réelle qui serait observée sur un plan d'eau. Sur une base annuelle, l'évaporation qui agit sur un plan d'eau représente approximativement 70 % de l'évapotranspiration estimée à partir des informations disponibles aux stations de mesures météorologiques.

À partir de la courbe volume – élévation disponible, la série des apports naturels est constituée en procédant simplement au calcul suivant:

$$Q_n = (V_{j+1} - V_j) / dt + Q_{dév}$$

La figure 4.4 présente les hydrogrammes des débits reconstitués d'apports naturels au lac Saint-Charles au cours des étés de 1985, 1986 et 1989, superposés aux hydrogrammes des débits des rivières Jaune et Nelson mesurés respectivement aux stations 050906 et 050908. Ces résultats demeurent cohérents d'un point de vue physique et suggèrent une réaction hydrologique relativement homogène de la portion du bassin non régularisée.

Il convient de mentionner que ces résultats constituent un indice indirect de la validité des résultats obtenus dans le cadre de l'évaluation des débits évacués du lac Saint-Charles. Dans le cadre de la gestion actuelle du lac Saint-Charles, les opérations s'effectuent sur une base régulière, mais à des intervalles de temps qui sont relativement espacés. En ce sens, il n'est pas surprenant que les débits déversés du lac Saint-Charles présentent une certaine similarité hydrologique avec les débits mesurés au sein des bassins des rivières Jaune et Nelson. Ceci s'explique par le fait qu'actuellement, la gestion du lac est effectuée, en période estivale, en agissant seulement sur l'ouverture des deux vannes de fond et ce, à des intervalles relativement espacés. Il faut également ajouter que, lorsque le niveau du plan d'eau excède la cote de 150,42 m, une portion du débit sortant du lac est déversée par les pertuis. Aussi, au cours de la période séparant deux ajustements consécutifs des vannes de fond, le débit déversé de même que le niveau du lac s'ajustent en fonction de la valeur des apports naturels.

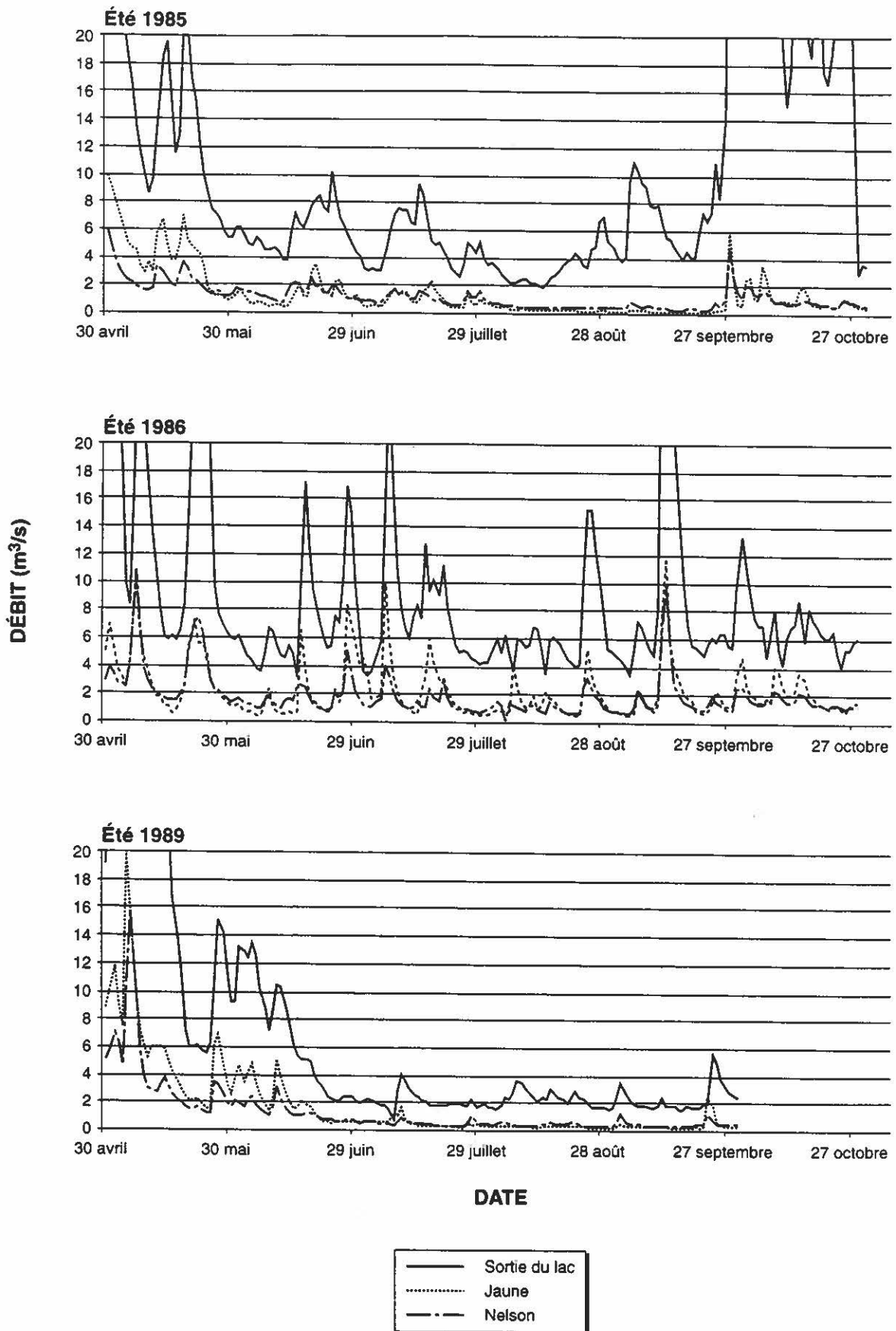


FIGURE 4.3 Hydrogrammes des débits à la sortie du lac Saint-Charles ainsi que des rivières Jaune et Nelson.

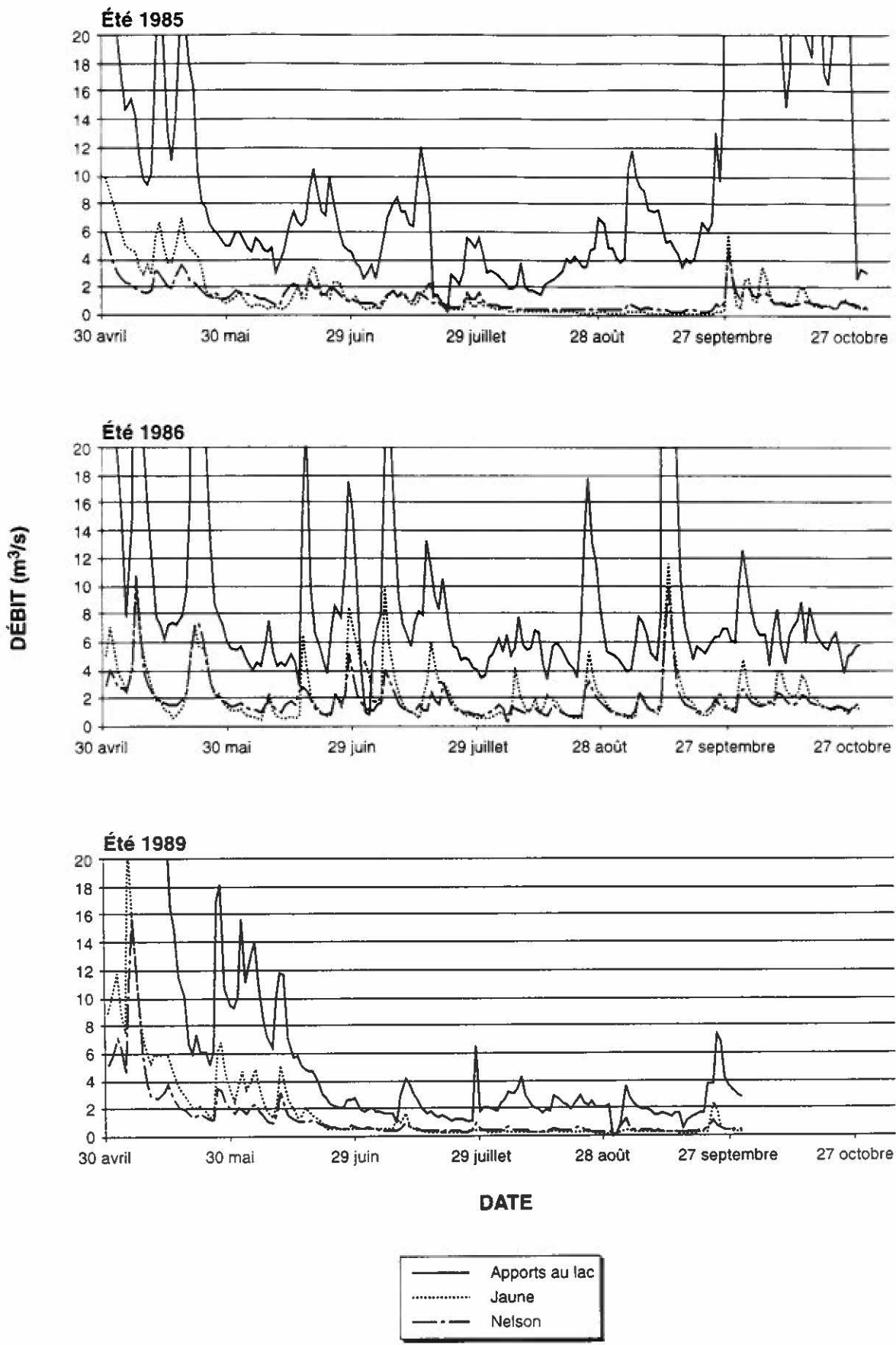


FIGURE 4.4 Hydrogrammes des apports naturels au lac Saint-Charles ainsi que des rivières Jaune et Nelson.

## 4.2 Résultats

Les figures de l'annexe 5.3 présentent une comparaison des différents résultats obtenus des simulations réalisées et des données observées au cours des étés 1985, 1986 et 1989.

Au cours de l'été 1985, retenu comme un été d'hydraulicité moyenne, le niveau du lac a pu être maintenu pendant la quasi totalité de la période d'analyse. Le recours à l'exploitation de la réserve du lac Saint-Charles pour suppléer aux faibles débits observés à la station 050904 n'a été nécessaire qu'au cours de deux périodes d'une durée limitée.

Le 21 juillet, le débit d'apports naturels au lac (évalué à  $0,93 \text{ m}^3/\text{s}$  par le biais des opérations de reconstitution) s'est avéré insuffisant pour combler le manque à gagner pour que soit maintenu un débit réservé quelconque, compte tenu des débits des rivières Jaune ( $1,08 \text{ m}^3/\text{s}$ ) et Nelson ( $0,79 \text{ m}^3/\text{s}$ ) et le débit moyen journalier correspondant au volume estival moyen soutiré ( $2,14 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Dans le scénario du maintien du débit réservé de  $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$  (avec un niveau initial du lac à  $150,5 \text{ m}$ ),  $141\,076 \text{ m}^3$  ont été requis ce qui a occasionné la baisse du niveau du lac de  $4 \text{ cm}$  (Annexe 5.3c).

La durée du deuxième épisode, où il a été nécessaire de puiser dans la réserve du lac pour maintenir un débit réservé, varie selon les scénarios, entre 1 et 10 jours. Au cours de cette période, le volume nécessaire de puiser dans la réserve du lac Saint-Charles pour le scénario le plus critique (scénario  $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ ) se limite à  $246\,263 \text{ m}^3$ . Compte tenu des apports naturels au lac au cours de cette période, le marnage observé demeure inférieur à  $0,07 \text{ m}$ . Au cours de cette période, le plus faible débit mesuré à la station de jaugeage 050904 est de  $0,57 \text{ m}^3/\text{s}$ .

L'été 1989 en fut un particulièrement sévère sur le plan de l'hydraulicité. En ce sens, il est heureux qu'il s'agisse de la seule année où l'ensemble des données nécessaires à l'exécution des simulations sont disponibles, parce que cet été est représentatif d'années au cours desquelles la gestion du lac pourrait s'avérer la plus problématique. Pour tous les scénarios, le niveau du lac a pu tout de même être maintenu à la cote maximale considérée jusqu'au 4 juillet. Après cette date, il a cependant été nécessaire d'exploiter, de façon plus ou moins intensive selon les scénarios, la réserve du lac pour maintenir le débit de la rivière Saint-Charles.

Pour le scénario le plus critique ( $150,5 \text{ m}$ ;  $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ , annexe 5.3o), le niveau du lac a atteint un premier niveau minimum de  $150,18 \text{ m}$  (marnage correspondant de  $0,32 \text{ m}$  étalé sur 14 jours) en raison d'apports naturels au lac particulièrement faibles (débit minimum atteint de  $1,05 \text{ m}^3/\text{s}$ ). À la station 050904, le débit mesuré a descendu

jusqu'à 0,08 m<sup>3</sup>/s au cours de cette période. Après l'atteinte de ce premier niveau minimum, le lac a pu être rehaussé jusqu'à la cote de 150,43 m par un accroissement ponctuel des apports naturels et des débits des rivières Jaune et Nelson au cours de la période s'échelonnant du 27 juillet au 10 août. Par contre, après le 26 août, la réserve du lac a été mise à contribution de façon importante (déversement d'un volume total de 1 657 864 m<sup>3</sup> jusqu'au 21 septembre). Le niveau minimal a alors descendu jusqu'à la cote de 150,06 m. Il faut toutefois noter que le débit mesuré à la station 050904 a atteint des valeurs très basses (jusqu'à 0,04 m<sup>3</sup>/s) au cours de cette période.

En ce qui a trait à l'été 1991, pour laquelle des simulations similaires à 1989, ne peuvent être réalisées, il est estimé que le marnage du lac Saint-Charles aurait été probablement le double de celui de l'année 1989. Par conséquent, il n'aurait pas été possible de maintenir le débit réservé de 0,9 m<sup>3</sup>/s.

En 1986, l'été a été caractérisé par une hydraulicité forte et les apports non régularisés (i.e. rivières Jaune et Nelson) ont été suffisants pour maintenir à la fois le niveau du lac à son niveau maximal et les débits en aval de la station d'approvisionnement en eau à des valeurs supérieures au débit minimal visé (Annexes 5.3g à 5.3l).

De façon générale, les principales observations qui peuvent être tirées de la comparaison des résultats obtenus des simulations avec les données mesurées ou reconstituées peuvent être résumées comme suit:

- les fluctuations observées du niveau du lac, associées au mode de gestion actuel, sont d'une amplitude importante par rapport au contrôle qui pourrait être effectué. Notons qu'il serait possible d'optimiser la gestion afin d'obtenir un contrôle plus fin avec l'ouvrage actuel
- de façon générale, il n'existe que peu d'écart entre les séries de débits simulés et mesurés à la station de jaugeage de la rivière Saint-Charles. Cependant, au cours des périodes d'étiages sévères, cet écart a tendance à augmenter;
- le maintien du débit réservé le long du tronçon de la rivière Saint-Charles, situé en aval du point d'approvisionnement en eau, n'exige le recours à la réserve du lac Saint-Charles qu'occasionnellement, pour des périodes de durée limitée et pour des volumes correspondants qui demeurent relativement faibles et qui ne causent pas de marnage considérable du lac s'ils sont comparés aux fluctuations observées dans le cadre du mode de gestion actuel.

En conséquence, ces résultats suggèrent que la problématique actuelle du maintien d'un débit minimal dans la rivière Saint-Charles n'est pas associée à des prélèvements pour les fins d'approvisionnement en eau trop importants par rapport

aux ressources hydrologiques impliquées. Il apparaît, à la lumière des résultats obtenus, que cette situation soit davantage liée à la modalité d'ajustement des ouvrages de contrôle du niveau et de débit déversé du lac.

Les résultats obtenus de l'application du mode de gestion simulé aux données hydrologiques associées aux étés de 1985 et de 1986, en considérant trois séries synthétiques de volumes d'approvisionnement (Annexe 5.4), permettent de constater le peu de sensibilité des résultats au profil de la courbe des volumes d'approvisionnement et, par le fait même, de justifier la considération d'un profil constant pour les simulations réalisées pour les années 1985 et 1986. Les trois séries synthétiques distinctes de volumes quotidiens d'approvisionnement ont été générées selon l'approche dite de Monte-Carlo.

Les simulations de la gestion du lac Saint-Charles ont été réalisées pour deux niveaux distincts, respectivement 150,5 et 151,0 m. Pour un débit réservé cible donné, les résultats obtenus pour chacun de ces deux niveaux montrent peu de sensibilité à ce paramètre. Cette tendance s'explique par le fait que la superficie du lac ne varie que très peu dans la plage définie entre les deux niveaux considérés. Ainsi, lorsqu'un certain volume d'eau est soutiré de la réserve du lac pour maintenir le débit réservé en aval, la variation correspondante du niveau demeure approximativement la même quelque soit le niveau à partir duquel cette ponction a été effectuée. En conséquence, les résultats obtenus en regard des fluctuations du niveau du lac peuvent être facilement considérés pour d'autres niveaux que ceux retenus pour les simulations, en autant que ces autres niveaux s'établissent à une cote relativement proche de 150,5 et 151,0 m.

### **4.3 Discussion et considérations pratiques**

Des simulations d'un mode de gestion visant à maintenir un débit réservé dans la rivière Saint-Charles ont été réalisées. De façon globale, les résultats indiquent que les épisodes de faibles débits mesurés à la station de jaugeage de la rivière Saint-Charles sont davantage liés à une problématique de gestion de la réserve du lac qu'à une problématique liée à une carence des ressources hydriques.

Il convient cependant de rappeler que ces simulations ont été réalisées en tenant pour acquis que:

- les gestionnaires disposent:
  - d'une évaluation suffisamment fiable de la relation niveau-débit au Château d'Eau, ceci pour que puisse être déterminé, le cas échéant, le manque à gagner pour que le débit à la station de jaugeage de la rivière Saint-Charles demeure au moins égal au débit réservé visé;

- d'une mesure du niveau du lac Saint-Charles et des relations permettant le transfert de ce niveau sous la forme d'un volume.
- les infrastructures assurant le contrôle du niveau et du débit évacué du lac Saint-Charles permettent un ajustement journalier suffisamment précis.

Par ailleurs, il faut également préciser que le maintien du débit réservé a été le seul critère pris en compte pour l'établissement des règles d'exploitation qui ont été établies sur une base journalière dans le cadre des simulations réalisées. Ni l'utilisation du lac aux fins de fournir un volume supplémentaire d'eau à la station de traitement de la ville, ni les aspects relatifs au risque d'inondation n'ont été considérés.

Par ailleurs, une relation entre le niveau et le débit au Château d'Eau permettrait aux opérateurs de l'usine de traitement de suivre l'évolution du débit en aval du barrage de la prise d'eau. Quant au débit déversé par les ouvrages d'évacuation que comporte le barrage, il peut être déterminé à partir de relations hydrauliques classiques en fonction du niveau d'eau du lac ainsi que des caractéristiques et des dimensions des dispositifs d'évacuation des eaux du barrage. Éventuellement, le niveau de la rivière Saint-Charles, directement en aval du barrage, pourrait également s'avérer une information nécessaire à cette évaluation.

En ce qui concerne la possibilité de procéder à un ajustement plus régulier des ouvrages de contrôle, il faut reconnaître que l'implantation du mode de gestion considéré dans le cadre des simulations implique une augmentation des ressources humaines par rapport à la situation actuelle et ce, tant pour la collecte de données que pour la manipulation des ouvrages de contrôle. Une façon d'éviter cette recrudescence des besoins au niveau des ressources humaines consiste à automatiser la collecte des données nécessaires et le fonctionnement des ouvrages de contrôle.

En récapitulant, le mode de gestion mis en œuvre pour le maintien d'un débit réservé dans la rivière Saint-Charles pourrait prendre la forme suivante:

- détermination du débit de la rivière déversé au seuil du Château d'Eau en fonction d'une mesure du niveau d'eau et de la relation niveau - débit caractérisant le seuil (relation qui devrait être validée par jaugeage);
- évaluation du débit à évacuer du lac Saint-Charles pour assurer le débit réservé en aval du seuil du Château d'Eau;
- selon le débit évalué à l'étape précédente et en fonction du niveau courant du lac Saint-Charles, ajuster les ouvrages de contrôle du niveau et du débit évacué du lac.

Si on envisage de changer le niveau normal (150,46 m), la détermination du niveau optimal du lac devrait faire l'objet d'une analyse ultérieure prenant en compte:

- la qualité des habitats situés dans les limites du marais en fonction du niveau du lac;
- les risques d'inondation en amont et en aval du barrage en fonction des hydrogrammes associés à des crues de différentes récurrences.

Précisons que quelques relevés d'arpentage réalisés à l'automne 1997 permettent d'estimer que la cote de 150,5 m du lac Saint-Charles maintient le marais du nord submergé.

La zonation végétale actuelle (plantes submergées et flottantes, plantes émergentes, etc.) du marais est en relation étroite avec les fluctuations du niveau de l'eau résultant de l'exploitation du lac en période estivale, correspondant à la période de croissance de la végétation. Actuellement, en fonction de la reconstitution partielle des données d'exploitation (1985 à 1990), le marais supporte des fluctuations estivales graduelles de niveau entre les cotes 150,4 m et 150,9 m, l'écart annuel étant généralement de l'ordre de 20 à 25 cm (moyenne de 29 cm), mais pouvant atteindre 47 cm (1985). Par ailleurs, pour ces années de référence, l'abaissement du niveau de l'eau du lac sous la cote de 150,5 m, la limite supérieure approximative du marais, est survenu pour des durées pouvant atteindre 20 jours une année sur deux et un maximum de 37 jours. En maintenant la cote actuelle d'exploitation, soit environ 150,5 m, en accordant un débit réservé de 0,9 m<sup>3</sup>/s et en maximisant la réserve d'eau du lac, les fluctuations du niveau de l'eau et les périodes d'abaissement sous la cote de 150,5 m seraient maintenues dans la fourchette des valeurs actuelles.

La configuration du seuil du barrage devra éventuellement faire l'objet de modifications, pour augmenter la réserve utile du lac. De telles modifications impliquent qu'un effort devrait être mis pour établir une meilleure relation entre la capacité d'évacuation du lac et l'effet de remous observé directement à la sortie du lac Saint-Charles. De plus, un plan d'opération du barrage du lac Saint-Charles devrait être produit pour guider l'exploitation optimale du réservoir. Enfin, toute modification de la cote normale du lac, visant à accroître la réserve d'eau, pourrait nécessiter une révision du décret de 1984.

#### **4.4 Suivi de la gestion des débits**

Depuis 1995, la Ville de Québec a modifié sa gestion du lac Saint-Charles afin de maintenir un débit plus grand dans la rivière. Cette section analyse la gestion effectuée par la Ville entre 1995 et 1998. L'analyse porte sur trois aspects; le volume

d'eau traitée à l'usine d'eau potable, les niveaux d'eau du lac Saint-Charles et enfin les débits enregistrés à la station hydrométrique de la rivière Saint-Charles.

En ce qui concerne les volumes d'eau traités à l'usine d'eau potable, la figure 4.1 illustre bien que le volume d'approvisionnement estival depuis 1995 est similaire à celui que l'on retrouvait depuis 1989. Pour l'été 1998 le volume journalier estival moyen était de l'ordre de  $186\,600\text{ m}^3$ , ce qui se compare avec celui de  $184\,662\text{ m}^3$  rencontré entre 1989 et 1997.

Les niveaux du lac Saint-Charles montrés à la figure 4.2 permettent de constater que les étés de 1995 et 1997 ont connu une hydraulicité faible. En effet, les niveaux du lac sont très bas en septembre 1995 de même qu'en août 1997. Rappelons que les faibles niveaux observés à l'automne 1997 étaient dus à l'abaissement du lac aux fins des travaux de stabilisation de berges. Par ailleurs, nous pouvons observer des baisses de niveaux du lac en juin et à la mi-août 1998. La baisse du mois de juin est une conséquence directe du printemps relativement beau et sec que l'on a connu et qui a fait en sorte qu'un volume d'eau supplémentaire était requis pour assurer le maintien du débit réservé de  $0,9\text{ m}^3/\text{s}$  dans la rivière Saint-Charles. Une situation similaire s'est reproduite au mois d'août, bien qu'il soit tout à fait normal de retrouver une faible hydraulicité à cette période de l'année.

La figure 4.5 illustre l'hydrogramme enregistré à la station 050904 sur le rivière Saint-Charles pour la période de mai à octobre (1995 à 1998), alors que les débits mensuels minimum, moyen et maximum sont présentés au tableau 4.1. Nous pouvons observer tel que mentionné plus haut, que les étés de 1995 et 1997 ont eu une hydraulicité assez faible. En fait, en 1995 on a remarqué des débits minimum de l'ordre de  $0,2\text{ m}^3/\text{s}$  pour les mois de juillet, août et septembre et des moyennes mensuelles d'à peine  $1,0\text{ m}^3/\text{s}$ . En comparaison, les moyennes mensuelles pour les mêmes mois varient entre  $2,8$  et  $14,2\text{ m}^3/\text{s}$  en 1996, une année d'hydraulicité plus élevée. Enfin, on peut également constater que le printemps 1998 a été assez sec. Le débit moyen du mois de mai a été de  $6,0\text{ m}^3/\text{s}$  alors qu'il se situe normalement à  $20\text{ m}^3/\text{s}$ , ce qui explique la baisse du niveau du lac mentionné ci-dessus.

Les statistiques d'étiage estival (1<sup>er</sup> juin au 30 septembre) ont été calculées pour les rivières Saint-Charles et Montmorency. Le bassin versant de ce cours d'eau, voisin de celui de la rivière Saint-Charles, a été utilisé pour déterminer les récurrences naturelles, car il n'est pas régularisé, bien qu'on y retrouve, entre autres, la prise d'eau de la Ville de Beauport. Le tableau 4.2 présente les statistiques d'étiage de la rivière Montmorency pour des durées de 1 à 30 jours avec des périodes de récurrence variant de 2 à 100 ans. À titre d'indication, le débit d'étiage hebdomadaire moyen (le débit 7Q2) se situe à  $12,3\text{ m}^3/\text{s}$ , alors que pour la même durée, avec une période de retour de 10 ans (le débit 7Q10) le débit correspondant est de  $7,5\text{ m}^3/\text{s}$ .

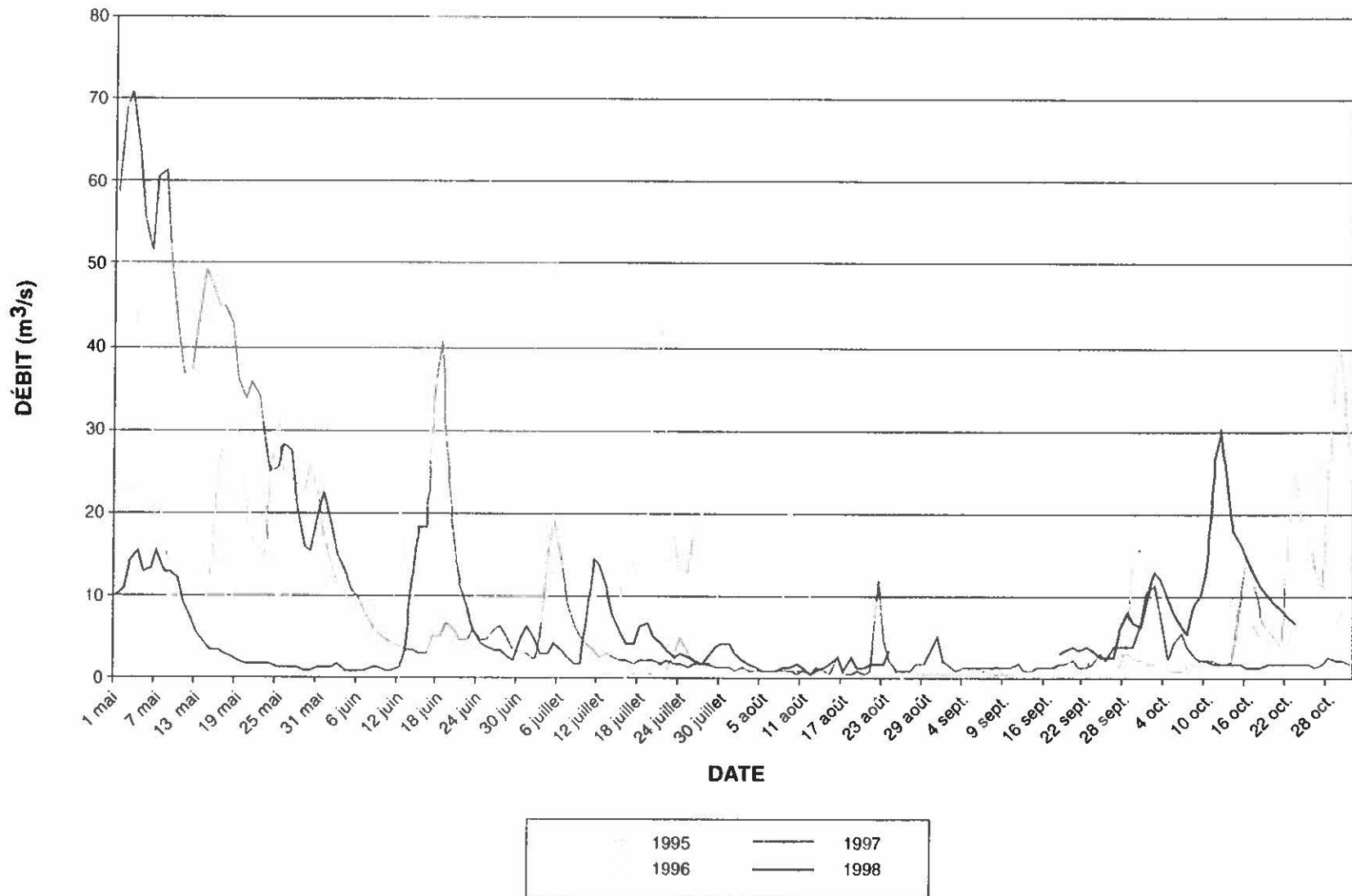


FIGURE 4.5 Hydrogrammes estivaux de la rivière Saint-Charles enregistrés à la station 050904 entre 1995 et 1998.

TABLEAU 4.1. Statistiques mensuelles des débits enregistrés à la station 050904 sur la rivière Saint-Charles.

| Débit (m <sup>3</sup> /s) | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 |
|---------------------------|------|------|------|------|
| <b>Mai</b>                |      |      |      |      |
| Minimum:                  | 7.4  | 2.1  | 15.3 | 1.0  |
| Moyenne:                  | 20.1 | 19.3 | 41.0 | 6.0  |
| Maximum:                  | 33.0 | 54.6 | 71.1 | 15.3 |
| <b>Juin</b>               |      |      |      |      |
| Minimum:                  | 0.76 | 0.41 | 2.8  | 0.64 |
| Moyenne:                  | 6.5  | 3.8  | 6.7  | 7.8  |
| Maximum:                  | 20.9 | 11.9 | 22.2 | 40.7 |
| <b>Juillet</b>            |      |      |      |      |
| Minimum:                  | 0.18 | 5.2  | 1.1  | 1.6  |
| Moyenne:                  | 1.2  | 14.2 | 4.0  | 4.7  |
| Maximum:                  | 4.9  | 41.9 | 18.9 | 14.6 |
| <b>Août</b>               |      |      |      |      |
| Minimum:                  | 0.19 | 1.8  | 0.34 | 0.57 |
| Moyenne:                  | 1.1  | 6.5  | 1.6  | 1.5  |
| Maximum:                  | 5.8  | 19.9 | 12.1 | 3.2  |
| <b>Septembre</b>          |      |      |      |      |
| Minimum:                  | 0.22 | 0.52 | 0.94 | 2.4  |
| Moyenne:                  | 1.2  | 2.8  | 1.9  | 4.2  |
| Maximum:                  | 4.0  | 15.7 | 6.4  | 8.0  |
| <b>Octobre</b>            |      |      |      |      |
| Minimum:                  | 0.85 | 3.5  | 1.3  | 5.4  |
| Moyenne:                  | 10.6 | 8.5  | 6.6  | 12.4 |
| Maximum:                  | 40.4 | 13.0 | 11.2 | 30.3 |

TABLEAU 4.2 Statistiques des étiages estivaux (1<sup>er</sup> juin au 30 septembre) sur la rivière Montmorency (période de 1965 à 1995) à la station 051001.

| Récurrence<br>(ans) | Durée (en jour) |      |      |      |      |
|---------------------|-----------------|------|------|------|------|
|                     | 1               | 3    | 7    | 15   | 30   |
| 2                   | 10,4            | 10,9 | 12,3 | 14,4 | 17,2 |
| 5                   | 7,7             | 8,1  | 9,0  | 10,4 | 12,2 |
| 10                  | 6,6             | 6,9  | 7,5  | 8,6  | 10,3 |
| 20                  | 5,9             | 6,1  | 6,6  | 7,3  | 9,1  |
| 50                  | 5,2             | 5,3  | 5,7  | 6,0  | 8,2  |
| 100                 | 4,8             | 4,9  | 5,1  | 5,3  | 7,7  |

Les statistiques d'étiage de 1995 à 1998 de même que la récurrence correspondante sont données au tableau 4.3. Ainsi, pour 1995, nous pouvons voir la faible hydraulité dans la région avec un étiage d'une récurrence de l'ordre de 40 ans (jusqu'à 90 ans sur une base mensuelle). Les étés de 1996 et 1998 ont été comparables avec des récurrences inférieures à 5 ans, alors que l'été de 1997 se situait plutôt entre 10 et 15 ans. Dans le cas de la rivière Saint-Charles, les statistiques d'étiage estivaux pour la même période indiquent que la sévérité des étiages est réduite. En effet, les récurrences rencontrées sur la rivière Saint-Charles étaient de l'ordre de 5 à 10 ans en 1995 (contre 40 à 90 ans pour la Montmorency), alors que, pour les autres années on retrouvait les étiages interannuels (récurrence de 2 ans ou moins).

Enfin, le tableau 4.4 présente le nombre de jours ainsi que le volume d'eau requis pour maintenir divers scénarios de débits réservés. La moyenne des jours où différents scénarios de débits réservés n'ont pas été atteints entre 1969 et 1994 est respectivement de 6, 12 et 18 jours pour les débits de 0,3, 0,6 et 0,9 m<sup>3</sup>/s. Les volumes d'eau correspondants pour combler ces mêmes scénarios de débits réservés sont de 78 880, 320 501 et 708 752 m<sup>3</sup>, respectivement. Lorsque l'on compare ces moyennes aux valeurs correspondantes pour 1995 à 1998, nous pouvons constater qu'exception faite de 1995, une année d'hydraulité très faible, le nombre de jours et le volume équivalent où les débits réservés n'ont pas été atteints sont inférieurs à la moyenne à long terme.

En conclusion, il nous apparaît évident que depuis 1995, la Ville de Québec a réussi à gérer les débits de la rivière Saint-Charles de manière à y maintenir un débit le plus adéquat possible, et ce même si en réalité, par décret, elle n'est tenue de conserver

qu'un débit de 0,09 m<sup>3</sup>/s. En fait, durant les trois dernières années les débits estivaux n'ont jamais descendu sous 0,3 m<sup>3</sup>/s. Avec une gestion plus fine des débits, il aurait même été possible de garder un débit supérieur à 0,9 m<sup>3</sup>/s, car le volume requis pour le faire est relativement faible en comparaison du volume d'eau disponible dans le lac Saint-Charles.

TABLEAU 4.3 Débits estivaux observés (en m<sup>3</sup>/s) sur les rivières Montmorency et Saint-Charles (le chiffre entre parenthèses indique la récurrence du débit en années).

| Année                        | Durée (en jour) |           |           |           |           |
|------------------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                              | 1               | 3         | 7         | 15        | 30        |
| <i>RIVIÈRE MONTMORENCY</i>   |                 |           |           |           |           |
| 1995                         | 5,4 (40)        | 5,5 (40)  | 5,9 (30)  | 6,2 (40)  | 7,8 (90)  |
| 1996                         | 8,9 (4)         | 9,1 (3)   | 9,9 (4)   | 11 (4)    | 14,4 (4)  |
| 1997                         | 6,8 (9)         | 7,0 (9)   | 7,5 (10)  | 8,4 (12)  | 9,5 (15)  |
| 1998                         | 7,8 (5)         | 8,3 (4)   | 9,6 (4)   | 11,5 (4)  | 13,4 (4)  |
| <i>RIVIÈRE SAINT-CHARLES</i> |                 |           |           |           |           |
| 1995                         | 0,18 (4)        | 0,21 (4)  | 0,26 (5)  | 0,34 (8)  | 0,40 (11) |
| 1996                         | 0,41 (<2)       | 0,56 (<2) | 0,86 (<2) | 1,28 (<2) | 1,95 (2)  |
| 1997                         | 0,34 (2)        | 0,66 (<2) | 0,69 (2)  | 0,77 (3)  | 1,03 (4)  |
| 1998                         | 0,57 (<2)       | 0,76 (<2) | 0,95 (<2) | 1,07 (<2) | 1,40 (3)  |

TABLEAU 4.4 Évaluation des volumes d'eau supplémentaires à puiser dans le lac Saint-Charles (entre le 1<sup>er</sup> juin et le 30 septembre) afin d'assurer un débit réservé à la station 050904 de la rivière Saint-Charles selon trois scénarios.

| Année                 | Q <sub>050904</sub> < Q <sub>réserve</sub> (jours) |                       |                       | Volume requis (m <sup>3</sup> ) |                       |                       |
|-----------------------|--|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                       | 0,3 m <sup>3</sup> /s                              | 0,6 m <sup>3</sup> /s | 0,9 m <sup>3</sup> /s | 0,3 m <sup>3</sup> /s           | 0,6 m <sup>3</sup> /s | 0,9 m <sup>3</sup> /s |
| 1995                  | 15   | 45                    | 55                    | 74 304                          | 852 941               | 2 155 939             |
| 1996                  | 0  | 3                     | 8                     | 0                               | 30 585                | 188 697               |
| 1997                  | 0  | 6                     | 17                    | 0                               | 44 064                | 312 768               |
| 1998                  | 0  | 1                     | 8                     | 0                               | 2592                  | 101 088               |
| Moyenne:<br>1969-1994 | 6  | 12                    | 18                    | 78 880                          | 320 501               | 708 752               |

## **5. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS**

---

Ce chapitre rend compte des faits saillants concernant les objectifs principaux de l'étude d'optimisation de la gestion des débits de la rivière Saint-Charles et fait état des recommandations rattachées aux résultats obtenus. Rappelons que les objectifs en question sont : l'actualisation des informations caractérisant le bassin versant, la détermination d'un débit écologique dans le tronçon de la rivière compris entre Château d'Eau et la rivière Lorette, ainsi que la faisabilité d'application de ce débit en considérant les diverses composantes naturelles et humaines du lac Saint-Charles.

### ***Actualisation des informations***

La cote trophique du lac Saint-Charles se classe au stade de mésotrophe avancé. Cela indique que le lac n'est pas encore considéré eutrophe mais qu'il est près de cet état. Ce sont les apports d'origine anthropique qui contribuent le plus significativement à cette évolution vers une eutrophisation du lac. Le principal apport contraignant à cet égard est le phosphore qui favorise la croissance de la végétation, ce qui entraîne un déficit en oxygène dissous.

Les principales sources de phosphore sont les habitations non reliées à un réseau d'égout et munies de fosses septiques inadéquates, que ce soit autour du lac ou dans le bassin de la rivière des Hurons, la fertilisation des sols et indirectement l'artificialisation et l'érosion des berges, ainsi que le déboisement excessif autour du lac. La Ville de Québec a incidemment entrepris depuis 1995 un programme de stabilisation de berges et de reboisement de ses terrains en bordure du lac qui contribuera à réduire les apports de surface au lac.

Le marais situé dans la portion nord du lac contribue également à diminuer les apports de phosphore en filtrant les eaux provenant du lac Delage et de la rivière des Hurons. Les espèces végétales peuplant ce marais sont adaptées à la gestion actuelle du niveau du lac, laquelle comporte des périodes d'exploitation pouvant se prolonger durant plus d'une vingtaine de jours sous la cote de 150,5 m, ainsi qu'à des fluctuations graduelles du niveau de l'eau de l'ordre de 20 à 25 cm en moyenne.

Les espèces de poisson présentes dans le lac sont pratiquement les mêmes que pour le tronçon de rivière situé en amont de l'embouchure de la rivière Lorette, mais le milieu lotique est plus propice aux salmonidés que le lac. En effet, nonobstant le déficit en oxygène de la couche d'eau profonde, la présence d'un prédateur comme le grand brochet est limitante pour les salmonidés dans le lac. Par ailleurs, dans la portion amont de la rivière Saint-Charles, la production benthique semble suffisamment riche et adéquate pour supporter des salmonidés et elle est le reflet d'une eau de bonne qualité.

### **Débit écologique**

En ce qui concerne le débit écologique de la rivière Saint-Charles, l'utilisation d'une méthode hydrobiologique a permis d'établir un débit réservé pour différentes périodes de l'année en se basant sur des critères biologiques pour l'omble de fontaine. Ce débit réservé se définit comme suit:

- pour la période estivale (1<sup>er</sup> juin au 30 septembre), assurer un débit minimal de 0,9 m<sup>3</sup>/s afin de maintenir la qualité et la quantité des habitats pour la croissance des alevins. En cas de situation exceptionnelle, c'est-à-dire un été de très faible hydraulité comme 1991, le débit minimal pourrait être réduit à 0,6 m<sup>3</sup>/s;
- en période de fraie (1<sup>er</sup> au 31 octobre), assurer un débit minimal de 1,3 m<sup>3</sup>/s, afin de maintenir la qualité de l'habitat à un niveau adéquat (indice d'acceptabilité de 0,4 et plus);
- en période hivernale (1<sup>er</sup> novembre au 30 mai), assurer un débit minimal de 0,6 m<sup>3</sup>/s permettant l'irrigation des sites de fraie sous couvert de glace. En cas de situation exceptionnelle, où les apports hydriques au lac Saint-Charles devenaient très faibles lors de l'étiage hivernal (i.e. 1992-1993), le débit minimal pourrait être réduit à 0,4 m<sup>3</sup>/s.

Ces valeurs de débit permettront le maintien des activités récréatives dans la rivière et pourraient même améliorer la pratique de certaines d'entre elles, comme la baignade.

### **Gestion de l'eau du lac Saint-Charles**

La faisabilité d'utiliser le volume d'emménagement d'eau du lac Saint-Charles pour assurer un débit réservé dans la rivière Saint-Charles a été démontrée en simulant des conditions d'exploitation du lac pour des étés d'hydraulité faible, moyenne et forte, en utilisant respectivement les données de 1985, de 1986 et de 1989. De façon générale, les principales observations qui peuvent être tirées de ces simulations se résument comme suit:

- le maintien du débit réservé le long du tronçon de la rivière Saint-Charles, situé en aval du point d'approvisionnement en eau, n'exige le recours à la réserve du lac Saint-Charles qu'occasionnellement, pour des périodes de durée limitée et pour des volumes correspondants qui demeurent relativement faibles et qui ne provoquent pas de marnage considérable du lac;
- les fluctuations observées du niveau du lac associées au mode de gestion actuel s'avèrent assez élevées par rapport au contrôle qui pourrait être effectué.

En conséquence, ces résultats indiquent que la problématique actuelle du maintien d'un débit minimal dans la rivière Saint-Charles n'est pas associée à des prélèvements trop élevés pour les fins d'approvisionnement en eau par rapport aux ressources hydrologiques impliquées. Il apparaît, à la lumière des résultats obtenus, que cette situation soit davantage liée à la modalité d'ajustement des ouvrages de contrôle du niveau et de débit déversé du lac. Par contre, avec l'ouvrage actuel, il serait possible d'optimiser son fonctionnement afin d'obtenir une gestion plus fine des débits.

En hydraulicité moyenne ou forte, l'octroi du débit réservé minimal estival de 0,9 m<sup>3</sup>/s n'aura aucune influence sur le maintien du marais puisque la gestion du niveau du lac sera équivalente à celle existante. Par contre, en hydraulicité faible, le débit réservé exceptionnel devrait être appliqué afin de minimiser l'abaissement du niveau d'eau du marais sous la cote de 150,5 m pour des périodes prolongées. Soulignons que, depuis 1995, la Ville de Québec a réussi à maintenir dans la rivière Saint-Charles un débit relativement près des valeurs proposées dans cette étude sans trop diminuer la cote du lac Saint-Charles ni causer de problème à son système écologique.

### **Recommandations**

Les activités suivantes sont proposées afin de concrétiser les objectifs de cette étude, à savoir:

1. Poursuivre l'application des débits réservés identifiés dans cette étude;
2. Poursuivre le programme de revégétalisation des berges autour du lac pour améliorer la stabilité des berges et la qualité écologique du milieu;
3. Élaborer un plan d'exploitation du réservoir du lac Saint-Charles. Ce plan d'exploitation devra comprendre les activités suivantes:
  - réaliser la courbe de tarage à Château d'Eau et relier les données hydrométriques avec celles de la station du MEF;
  - si requis, optimiser les cotes de gestion du lac Saint-Charles en fonction des risques d'inondation et du maintien du marais du nord et effectuer le calcul des capacités d'évacuation du barrage actuel.
  - élaborer un guide d'exploitation du barrage du lac Saint-Charles qui inclut des modalités de gestion prévisionnelles;
  - suggérer les modifications et les contrôles requis au barrage afin de permettre une gestion fine des niveaux et des débits;
4. Élaborer un programme de suivi de l'efficacité des mesures de gestion, tant au niveau du lac que de la rivière.

## 6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- ALAIN, J. 1981. Projet d'assainissement : diagnose du lac Saint-Charles 81-22. Document préparé par la Direction générale des inventaires et de la recherche. Ministère de l'Environnement, Québec. 33 p.
- APEL DU LAC SAINT-CHARLES. 1981. Étude descriptive du bassin versant du lac Saint-Charles. Lac-Saint-Charles, 110 p.
- BARABÉ, G. 1989. Étude hydrologique du bassin de la rivière Saint-Charles, Direction générale des ressources hydriques, ministère de l'Environnement du Québec, 35 p.
- BEAULIEU, R., DESROCHERS, F., PROVENCHER, P. et P. SCHEMBRI. 1992. Pour une meilleure mise en valeur du lac Saint-Charles. Mémoire présenté dans le cadre du programme de maîtrise en aménagement du territoire et développement régional, Université Laval, 164 p.
- BELZILE, L. 1986. Étude sommaire de la qualité de l'eau d'un tributaire du lac Saint-Charles, en rapport avec le rejet d'égout de la municipalité du Lac Delage. Rapport d'étape préparé pour l'APEL du Lac-Saint-Charles par Gilles Shooner et Associés inc. 7 p. et annexes.
- BELZILE, L., BÉRUBÉ, P., HOANG, V.D. et M. LECLERC. 1997. Méthode écohydrologique de détermination des débits réservés pour la protection des habitats du poisson dans les rivières du Québec. Rapport présenté par l'INRS-Eau et le Groupe-conseil Génivar inc. au ministère de l'Environnement et de la Faune et à Pêches et Océans Canada. 83 p. + 8 annexes
- BERGERON, B. et C. PLEAU. 1983. Évaluation des captures et de l'importance du déplacement des truites arc-en-cielensemencées dans la rivière Saint-Charles. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Québec, 17 p.
- BÉRUBÉ, P. 1989. Étude des conditions de productivité des habitats des saumons juvéniles dans des ruisseaux pépinières de la Baie-Des-Chaleurs (Gaspésie). Rapport de Gilles Shooner et Associés présenté à l'Association des Pêcheurs Commerciaux de Saumons de la Province de Québec, Inc. 56 p. et annexes.
- BÉRUBÉ, P et J. THERRIEN. 1993. Logiciel de calcul du potentiel salmonicole pour l'omble de fontaine en rivière. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche et Groupe Environnement Shooner inc. (Preliminaire, version 1.0).
- BIDER, J.R. et S. MATTE. 1991. Atlas des amphibiens et reptiles du Québec 1988-1989-1990. Société d'histoire naturelle de la vallée du Saint-Laurent et ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Québec, Canada, 429 p.
- BIDER, J.R. et S. MATTE. 1994. Atlas des amphibiens et reptiles du Québec. Société d'histoire naturelle de la vallée du Saint-Laurent et ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Direction de la faune et des habitats, Québec, 106 p.

- BISSONNETTE, J. et C. LEBLANC. 1983. Synthèse et étude de la qualité de l'eau et du potentiel faunique du lac Saint-Charles. Proposition d'un schéma d'aménagement pour les environs du lac Saint-Charles (APEL), Québec, 210 p.
- BOUDREAU, A. 1984. Méthodologie utilisée pour la photo-interprétation des rivières à saumon de la Côte-Nord. Rapport de Gilles Shooner et associés inc. présenté au ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. 26 p.
- BOUDREAU, A. 1991. Projet Sainte-Marguerite. Étude des répercussions du détournement des rivières aux Pékans et Carheil sur le saumon et les utilisateurs de la rivière Moisie. Rapport synthèse présenté à la vice-présidence Environnement d'Hydro-Québec par le Groupe Environnement Shooner inc. 177 p. et annexes
- BOUDREAU, A. et G. BOURGEOIS. 1995. Gestion des débits d'étiage sur la rivière des Escoumins: Rapport des activités de suivi de 1994. Rapport présenté à la Fondation de la faune du Québec et ses partenaires: Hydro-Québec, Ministère des Pêches et des Océans, Bureau fédéral de développement régional, Programme de développement économique du saumon, par le Groupe Environnement Shooner, division du Groupe-conseil Génivar inc. 36 p. et annexes.
- BOURGEOIS, G. et A. BOUDREAU. 1996. Gestion des débits d'étiage sur la rivière des Escoumins. Rapport des activités de suivi de 1995. Rapport final présenté à la Fondation de la faune du Québec par le Groupe-conseil Génivar inc., Division Environnement Shooner, 41 p. et annexes.
- BOURGEOIS, G., BOUDREAU, P., BOUDREAU, A. et M. LECLERC. 1996. Validation de l'habitat salmonicole au site Taoti sur la rivière Moisie. Rapport final présenté par le Groupe-conseil Génivar inc. et INRS-Eau à la vice-présidence Ingénierie et Services, Hydro-Québec, 49 p. et annexes.
- BOURGEOIS, G., BEAULIEU, C. et F. GAUTHIER. 1994. Étude de gestion des débits sur le bassin hydrographique de la rivière Matane. Préparé par le Groupe-conseil Solivar (Groupe Environnement Shooner) pour la Société de gestion de la rivière Matane. 41 p. et annexes.
- BOVEE, K. 1982. A guide to stream habitat analysis using the Instream Flow Incremental Methodology. US Fish and Wildlife Service, Instream Flow Information Paper no 12, FWS/OBS-82/26.
- BROUARD, D. et C. HARVEY. 1996. Étude du suivi des effets sur l'environnement aquatique. Rapport d'interprétation du premier cycle. Rapport du Groupe-conseil Génivar Inc. présenté à Produits forestiers Donohue Inc. Usine de Clermont. 71 p. et annexes.
- CAISSIE, D., EL-JABI, N. et G. BOURGEOIS. 1997. Évaluation du débit réservé par méthodes hydrologiques et hydrobiologiques. *Revue des Sciences de l'Eau*, (soumis pour publication).
- CCREM 1987. Canadian Water Quality Guidelines. Water quality Branch, Environment Canada, 357 p. + annexes.

- DROLET, D. 1996. Analyse descriptive et possibilités d'aménagement de la plaine d'inondation de la rivière Saint-Charles entre le barrage du lac Saint-Charles et l'usine de filtration d'eau de la Ville de Québec. Mémoire de maîtrise présenté à la Faculté des études supérieures de l'Université Laval, Faculté des lettres, département de géographie, 228 p et annexes.
- ENVIRAM (1986) INC. 1994. Plan intégré de restauration et de mise en valeur de la rivière Saint-Charles et de ses tributaires. Rapport présenté à Pêche en ville inc., 84 p.
- GÉRARDIN, V. et Y. LACHANCE. 1997. Vers une gestion intégrée des bassins versants. Atlas du cadre écologique de référence du bassin versant de la rivière Saint-Charles, Québec, Canada. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. Ministère de l'Environnement du Canada. 58 p.
- HÉBERT, S. 1995. Qualité des eaux du bassin de la rivière Saint-Charles, 1979-1995. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction des écosystèmes aquatiques. Rapport QE-101:41 p. + annexes.
- HARVEY, C. 1996. Étude du suivi des effets sur l'environnement aquatique. Rapport d'interprétation du premier cycle. Rapport du Groupe-conseil Génivar Inc. présenté à Désencrage Cascades. Division de Rolland inc. 53 p. et annexes.
- KULIK. 1990. A method to refine the New England Aquatic Base Flow Policy. Rivers (1): 8-22.
- LAJEUNESSE, D., BISSONNETTE, J., GÉRARDIN, V. et J. LABRECQUE. 1997. Caractérisation écologique du lit majeur de la rivière Saint-Charles, Québec. Gouvernement du Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Gouvernement du Canada, ministère de l'Environnement (sous presse).
- LECLERC, M., BELLEMARE, J.F. et S. TRUSSARD. 1990. Simulation hydrodynamique de l'estuaire supérieur du fleuve Saint-Laurent avec un modèle aux éléments finis couvrant - découvrant, Revue canadienne de génie civil 17 : 739-751.
- LECLERC, M., BOUDREAU, P. et L. BELZILE. 1991. Modélisation numérique des habitats à ouananiche d'un tronçon représentatif de la rivière Ashuapmushuan (km 68). Rapport scientifique, INRS-Eau numéro: RS-316, 78 p. et 3 annexes.
- LECLERC, M., BOUDREAU, A., BECHARA, J. A. et G. CORFA. 1995. Two-dimensional hydrodynamic modeling : A neglected tool in the instream flow incremental methodology, Transactions of the American Fisheries Society, 124: 645-662.
- LÉGARÉ, S. 1996. La sensibilité à l'eutrophisation du lac Saint-Charles. Département de biologie, Université Laval, 45 p.
- LEGENDRE, L. 1973. Phytoplankton organization in Baie-des-Chaleurs (Gulf of St. Lawrence). J. Ecol. 61: 135-149.

- LEGENDTRE, L et P. LEGENDRE. 1984. Écologie numérique. Tome 1. Le traitement multiple des données écologiques. Masson, Paris et les Presses de l'Université du Québec. 260 p.
- LEMIEUX, S. 1980. Les milieux humides. Publication du Service canadien de la faune. Là où nous vivons.
- LUPIEN, F. 1984. Proposition d'un schéma d'aménagement pour les environs du lac Saint-Charles. Mémoire de maîtrise en aménagement du territoire et développement régional, Université Laval, 135 p.
- MARCOTTE, F. 1982. Lac Saint-Charles, synthèse de données biophysiques et recommandation de conservation. Direction des réserves écologiques et sites naturels, ministère de l'Environnement du Québec, 17 p.
- MCCAFFERTY, W.P. 1981. Aquatic entomology. The Fishermen's and Ecologists'. Science Books International. 448 p.
- McNEIL, É. et C. MARCHE. 1994. SIG et impacts des inondations, Proceedings of the Canadian conference on GIS, pp 171-181.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE (MEF). 1995. Qualité des eaux de la rivière Saint-Charles 1979-1995. Document synthèse.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC (MENVIQ). 1990a. Cartographie des zones inondables des rivières Saint-Charles, du Berger, Lorette, Nelson et Jaune à Québec. Direction du domaine hydrique, 16 p.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC (MENVIQ). 1990b. Critères de qualité de l'eau. Service d'évaluation des rejets toxiques et Direction de la qualité des cours d'eau, ministère de l'Environnement du Québec, Québec, 423 p.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC (MENVIQ). 1991. Annuaire hydrologique 1989-1990. Direction du réseau hydrique, AH-31, Québec. 154 p.
- PAQUET, G. Et M. LEGAULT. 1992. Compte-rendu de la session de travail sur l'aménagement des habitats de la faune aquatique tenue à Québec du 26 au 28 novembre 1991. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la gestion des espèces et des habitats. Document de régie interne. 239 p.
- PECKARSKY, B.L., FRAISSINET, P.R., PENTON, M.A. et D.J. CONKLIN, JR. 1990. Freshwater macroinvertebrates of Northeastern North America. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press. Ithaca and London. 442 p.
- PENNACK, R.W. 1978. Freshwater invertebrates of the United States (Second edition). J. Wiley and Sons, N.Y., 803 p.
- PIELOU, E.C. 1975. Ecological diversity. Wiley, New-York.

- PRIES, J.H. 1994. L'utilisation des terres humides à des fins de traitement des eaux usées et des eaux pluviales au Canada. Terres humides durables. Communication 1994-1.
- RABENI, C.F. et G.W. MINSHALL. 1977. Factors affecting microdistribution of stream benthic insects. *Oikos*. 29 : 33-43.
- RALEIGH, R.F. 1982. Habitat suitability index models: Brook trout. U.S. Dept. Int., Fish Wildl. Serv. FWS/OBS-82/10.24. 42 pp.
- REISER, D.W., WESCHE, T.A. and C. ESTES. 1989. Status of instream flow legislation and practices in North America, *Fisheries*. 14(2): 22-29.
- ROCHETTE, ROCHEFORT ET ASSOCIÉS LTÉE. 1974. Plan directeur d'aqueduc - région métropolitaine de Québec. Volume I,II et sommaire. Rapports soumis à la Ville de Québec, Service de protection de l'environnement.
- SCOTT, W.B. et E.J. CROSSMAN. 1975. Poissons d'eau douce du Canada. *Fish. Res. Board Can. Bull.* 184 : 1027 p.
- SILVEY, L. 1976. R-2 Cross program : a sag-tape method of channel cross section measurement for use with instream flow determination, USDA Forest Service, Region 02, Lakewood, Colorado, 34 p.
- ST-JULIEN, P. 1995. Géologie de la région du Québec. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Secteur des mines. Rapport MB94-40:62 p. + cartes.
- SWARTZ, R.C. 1972. Biological criteria of environmental change in the Chesapeake Bay. - *Chesapeake Science*. 13 : S17-S41.
- TENNANT, D. 1976. Instream flow regime for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. *in* J.F. Orsborn and C.H. Allman (eds), *Proc. Symp. And Spec. Conf. On Instream Flow needs*, Vol II, Amer. Fish. Soc., Bethesda, Maryland, pp 359-373.
- THERRIEN, J. et S. LACHANCE. 1997. Outil diagnostique décrivant la qualité de l'habitat de l'omble de fontaine en rivière au Québec. Phase I: Revue de la documentation et choix des variables. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats. 63 p.
- WETZEL, R.G. 1975. *Limnology*, 1<sup>ère</sup> édition. W.B. Saunders Company, 743 p.
- WIGGINS, G.B. 1977. Larvae of the North America caddisfly genera (Tricoptera). Univ. Toronto Press, Toronto. 401 p.
- WILLIAMS, D.D. 1980. Some relationship between stream benthos and substrate heterogeneity. *Limnol. Oceanogr.* 25 (1) : 166-172.

**ANNEXE 1**

**Répertoire photographique**



PHOTO 1. Relevés du couvert de glace sur la rivière Saint-Charles le long du transect no 2 (11/03/97).

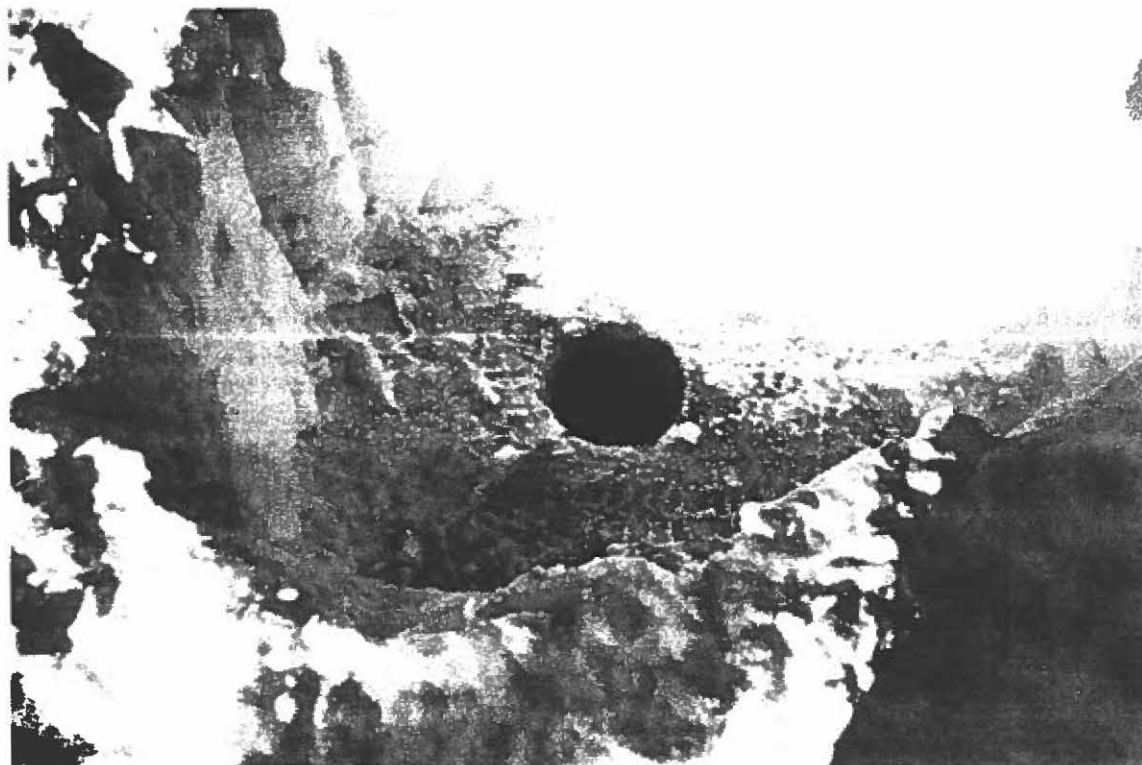


PHOTO 2. Forage dans le couvert de glace le long du transect no 2 (11/03/97).

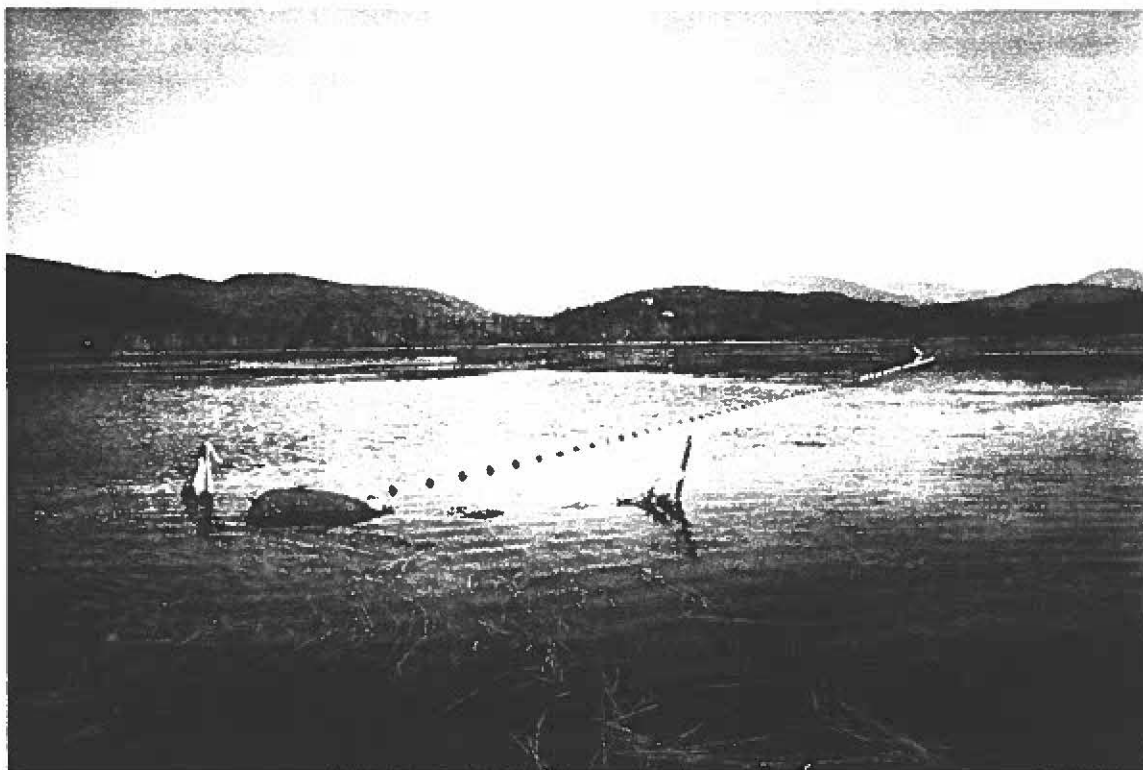


PHOTO 3. Relevés de pêche à la trappe dans la partie nord du lac Saint-Charles en juillet 1997.



PHOTO 4. Barrage de gestion de l'eau à l'exutoire du lac Saint-Charles.



PHOTO 5. Vue vers l'aval du tronçon modélisé de la rivière Saint-Charles situé dans le parc Chauveau.



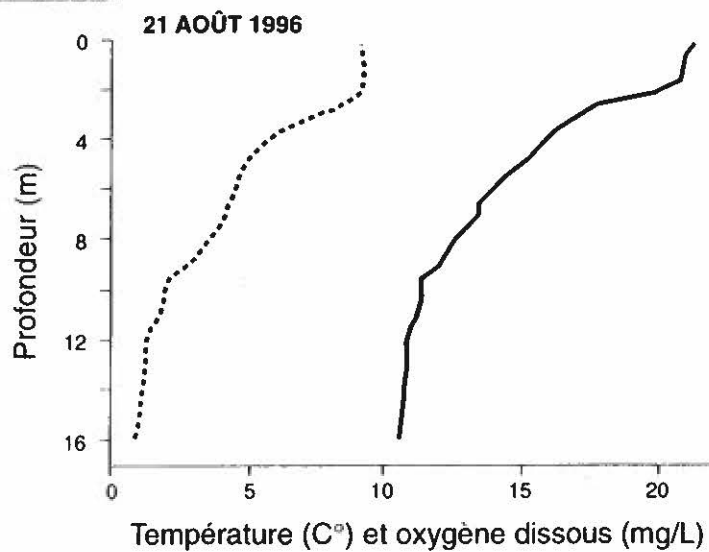
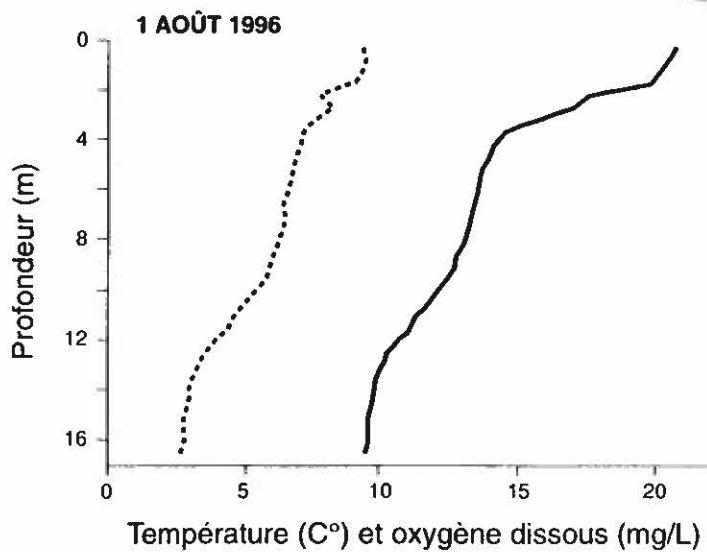
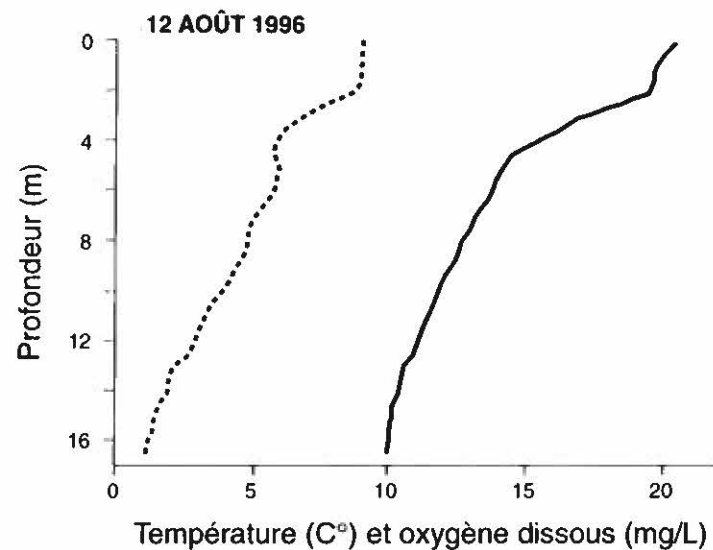
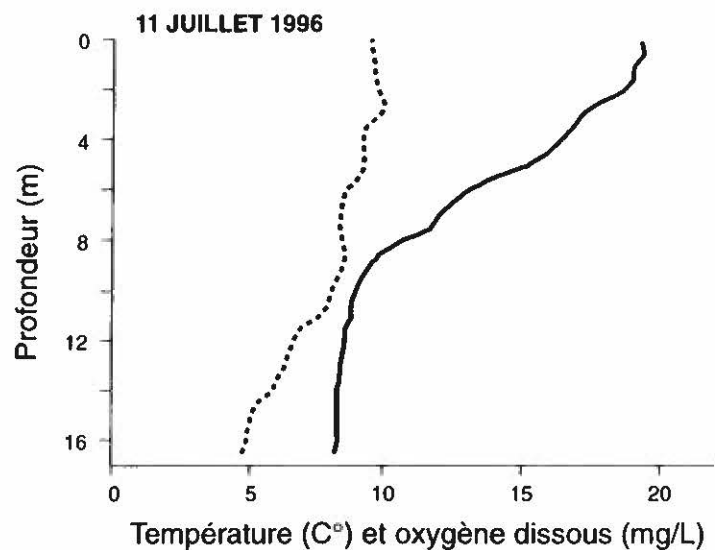
PHOTO 6. Granulométrie du fond de la rivière dans une partie du tronçon modélisé.



**ANNEXE 2**

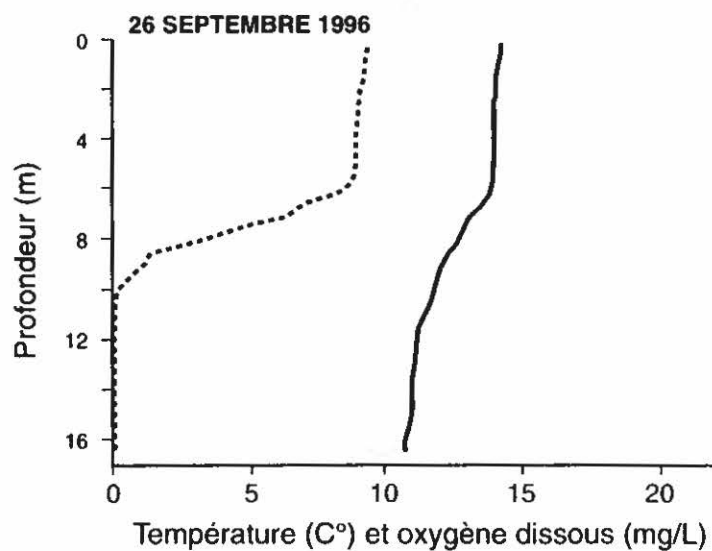
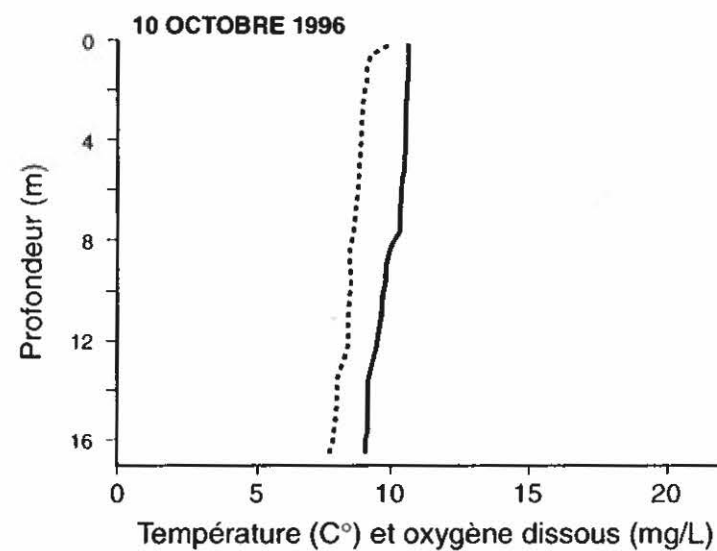
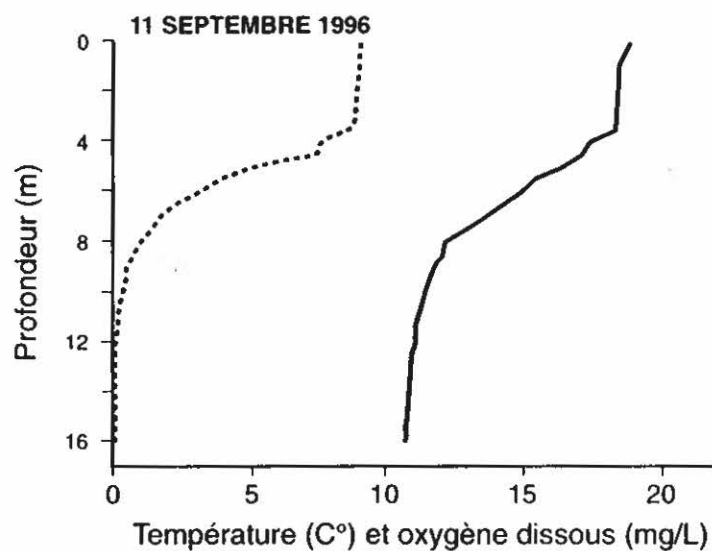
Stratification thermique et oxygène dissous  
dans le bassin nord du lac Saint-Charles en 1996

ANNEXE 2. Stratification thermique et oxygène dissous dans le bassin nord du lac Saint-Charles en 1996.



Température —  
Oxygène ·····

ANNEXE 2 (suite). Stratification thermique et oxygène dissous dans le bassin nord du lac Saint-Charles en 1996.



Température ———  
Oxygène ······

**ANNEXE 3**

Milieu biologique : données de référence

ANNEXE 3.1. Herpétofaune recensée dans le lac et la rivière Saint-Charles.

| Nom commun                                | Nom latin                        | Milieu <sup>1</sup>   | PÉRIODE D'OBSERVATION |             |
|---|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
|   |                                  |                       | Avant 1988            | Depuis 1988 |
| <b>Amphibien - Salamandres et tritons</b> |                                  |                       |                       |             |
| Necturne tacheté                          | <i>Necturus maculosus</i>        | indéterminé           |                       |             |
| Salamandre maculée                        | <i>Ambystoma maculatum</i>       | bassin versant        |                       |             |
| Salamandre sombre du nord                 | <i>Desmognathus fuscus</i>       | indéterminé           |                       |             |
| Salamandre à deux lignes                  | <i>Eurycea bislineata</i>        | bassin versant        |                       |             |
| <b>Amphibien - Anoures</b>                |                                  |                       |                       |             |
| Crapaud d'Amérique                        | <i>Bufo americanus</i>           | lac et bassin versant |                       |             |
| Rainette crucifère                        | <i>Pseudacris crucifer</i>       | lac et bassin versant |                       |             |
| Rainette versicolore                      | <i>Hyla versicolor</i>           | bassin versant        |                       |             |
| Grenouille verte                          | <i>Rana clamitans</i>            | lac et bassin versant |                       |             |
| Grenouille du nord                        | <i>Rana septentrionalis</i>      | lac et bassin versant |                       |             |
| Grenouille des bois                       | <i>Rana sylvatica</i>            | bassin versant        |                       |             |
| Grenouille léopard                        | <i>Rana pipiens</i>              | lac et bassin versant |                       |             |
| Grenouille des marais <sup>2</sup>        | <i>Rana palustris</i>            | bassin versant        |                       |             |
| <b>Reptile - tortues</b>                  |                                  |                       |                       |             |
| Tortue des bois <sup>2</sup>              | <i>Clemmys insculpta</i>         | bassin versant        |                       |             |
| Tortue peinte                             | <i>Chrysemys picta</i>           | bassin versant        |                       |             |
| <b>Reptile - Serpents</b>                 |                                  |                       |                       |             |
| Couleuvre à ventre rouge                  | <i>Storeria occipitomaculata</i> | bassin versant        |                       |             |
| Couleuvre rayée                           | <i>Thamnophis sirtalis</i>       | bassin versant        |                       |             |
| Couleuvre verte                           | <i>Opheodrys vernalis</i>        | bassin versant        |                       |             |
| Couleuvre tachetée                        | <i>Lampropeltis triangulum</i>   | indéterminé           |                       |             |

Source : Bider et Matte (1991, 1994)

<sup>1</sup> Les mentions " indéterminé " pourraient concerner des observations faites dans le comté de Québec mais hors du bassin versant de la rivière Saint-Charles; les mentions " bassin versant " réfère à un site qui n'est pas limitrophe à la rivière ou au lac.

<sup>2</sup> Espèce susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable et présente dans un rayon de 100 m de la rivière ou du lac (P. Aquin, MEF, comm. pers. 1997)

Annexe 3.2. Données brutes du benthos récolté dans la rivière Saint-Charles le 22 juillet 1997.

| Station | Phylum/classe | Ordre         | Famille         | Genre       | Stade  | Nombre |
|---------|---------------|---------------|-----------------|-------------|--------|--------|
| A-1     | Insectea      | Trichoptera   | Hydropsychidae  | Hydropsyche | Larve  | 51     |
| A-1     | Insectea      | Diptera       | Chironomidae    |             | Larve  | 130    |
| A-1     | Insectea      | Diptera       |                 |             | Larve  | 5      |
| A-1     | Insectea      | Plecoptera    |                 |             | Larve  | 1      |
| A-1     | Insectea      | Plecoptera    | Perlidae        | Agnetina    | Larve  | 1      |
| A-1     | Insectea      | Ephemeroptera | Ephemerillidae  | Serratella  | Larve  | 7      |
| A-1     | Insectea      | Ephemeroptera |                 |             | Larve  | 18     |
| A-1     | Insectea      | Trichoptera   |                 |             | Larve  | 3      |
| A-1     | Oligochaeta   | Oligochaeta   |                 |             | Ver    | 2      |
| A-1     | Insectea      | Coleoptera    | Elmidae         |             | Larve  | 1      |
| A-1     | Insectea      | Diptera       |                 |             | Pupe   | 5      |
| A-1     | Insectea      | Coleoptera    | Terrestre       |             | Adulte | 1      |
| A-1     | Insectea      | Trichoptera   | Glossosomatidae |             | Larve  | 1      |
| A-1     | Insectea      |               |                 |             | Pupe   | 1      |
| A-1     | Insectea      | Diptera       |                 |             | Adulte | 2      |
| A-2     | Insectea      | Ephemeroptera | Heptageniidae   |             | Larve  | 20     |
| A-2     | Insectea      | Plecoptera    | Chironomidae    |             | Larve  | 363    |
| A-2     | Insectea      | Trichoptera   | Hydropsychidae  | Hydropsyche | Larve  | 61     |
| A-2     | Insectea      | Diptera       |                 |             | Pupe   | 13     |
| A-2     | Insectea      | Diptera       |                 |             | Larve  | 4      |
| A-2     | Nemertea      | Nemertea      |                 |             | Adulte | 6      |
| A-2     | Insectea      | Trichoptera   | Glossosomatidae |             | Larve  | 5      |
| A-2     | Insectea      | Ephemeroptera |                 |             | Larve  | 5      |
| A-2     | Insectea      | Trichoptera   |                 |             | Nymphe | 3      |
| A-2     | Arachnoidea   | Acariforma    | Hydracarina     |             | Adulte | 4      |
| A-2     | Insectea      | Coleoptera    | Elmidae         | Steneimis   | Adulte | 2      |
| A-2     | Insectea      | Ephemeroptera | Ephemerellidae  | Serratella  | Larve  | 5      |
| A-3     | Insectea      | Ephemeroptera | Heptageniidae   |             | Larve  | 18     |
| A-3     | Insectea      | Diptera       | Chironomidae    |             | Larve  | 138    |
| A-3     | Insectea      | Trichoptera   | Hydropsychidae  | Hydropsyche | Larve  | 124    |
| A-3     | Insectea      | Diptera       |                 |             | Pupe   | 7      |
| A-3     | Insectea      | Diptera       |                 |             | Larve  | 5      |
| A-3     | Insectea      | Plecoptera    | Perlidae        |             | Larve  | 3      |
| A-3     | Insectea      | Trichoptera   | Glossosomatidae |             | Larve  | 2      |
| A-3     | Insectea      | Ephemeroptera | Ephemerellidae  | Serratella  | Larve  | 1      |
| A-3     | Insectea      | Trichoptera   |                 |             | Nymphe | 1      |
| A-3     | Nemertea      | Nemertea      |                 |             | Adulte | 2      |
| A-3     | Insectea      | Ephemeroptera |                 |             | Larve  | 9      |
| A-3     | Arachnoidea   | Acariforma    | Hydracarina     |             | Adulte | 1      |
| A-3     | Insectea      | Coleoptera    | Elmidae         |             | Larve  | 1      |
| A-3     | Insectea      | Trichoptera   | Psephenidae     |             | Larve  | 3      |
| A-4     | Insectea      | Coleoptera    |                 |             | Larve  | 1      |
| A-4     | Insectea      | Trichoptera   |                 |             | Larve  | 4      |
| A-4     | Insectea      | Ephemeroptera | Heptageniidae   |             | Larve  | 6      |
| A-4     | Insectea      | Diptera       | Chironomidae    |             | Larve  | 121    |
| A-4     | Insectea      | Trichoptera   | Hydropsychidae  | Hydropsyche | Larve  | 25     |
| A-4     | Insectea      | Diptera       |                 |             | Pupe   | 6      |
| A-4     | Insectea      | Diptera       |                 |             | Larve  | 4      |
| A-4     | Insectea      | Trichoptera   |                 |             | Nymphe | 1      |
| A-4     | Nemertea      | Nemertea      |                 |             | Adulte | 5      |
| A-4     | Insectea      | Coleoptera    | Elmidae         |             | Larve  | 2      |

Annexe 3.2. Données brutes du benthos récolté dans la rivière Saint-Charles le 22 juillet 1997.

| Station | Phylum/classe | Ordre         | Famille          | Genre       | Stade  | Nombre |
|---------|---------------|---------------|------------------|-------------|--------|--------|
| B-4     | Insectea      | Ephemeroptera | Heptageniidae    |             | Larve  | 9      |
| B-4     | Insectea      | Diptera       | Chironomidae     |             | Larve  | 53     |
| B-4     | Insectea      | Trichoptera   | Hydropsychidae   | Hydropsyche | Larve  | 61     |
| B-4     | Insectea      | Diptera       |                  |             | Pupe   | 3      |
| B-4     | Insectea      | Diptera       |                  |             | Larve  | 3      |
| B-4     | Insectea      | Ephemeroptera |                  |             | Larve  | 7      |
| B-4     | Nemertea      | Nemertea      |                  |             | Adulte | 7      |
| B-4     | Insectea      | Plecoptera    | Perlidae         | Paragnetina | Larve  | 2      |
| B-4     | Insectea      | Trichoptera   |                  |             | Larve  | 1      |
| C-4     | Insectea      | Ephemeroptera | Heptageniidae    |             | Larve  | 10     |
| C-4     | Insectea      | Diptera       | Chironomidae     |             | Larve  | 102    |
| C-4     | Insectea      | Trichoptera   | Hydropsychidae   | Hydropsyche | Larve  | 44     |
| C-4     | Insectea      | Diptera       |                  |             | Pupe   | 9      |
| C-4     | Insectea      | Diptera       |                  |             | Larve  | 5      |
| C-4     | Insectea      | Coleoptera    | Psephenidae      |             | Larve  | 1      |
| C-4     | Nemertea      | Nemertea      |                  |             | Adulte | 3      |
| C-4     | Insectea      | Ephemeroptera |                  |             | Larve  | 1      |
| C-4     | Arachnoidea   | Acariforma    | Hydracarina      |             | Adulte | 1      |
| C-4     | Insectea      | Coleoptera    | Elmidae          |             | Larve  | 3      |
| C-4     | Insectea      | Coleoptera    | Elmidae          |             | Adulte | 1      |
| D-1     | Insectea      | Ephemeroptera | Heptageniidae    |             | Larve  | 8      |
| D-1     | Insectea      | Diptera       | Chironomidae     |             | Larve  | 237    |
| D-1     | Insectea      | Trichoptera   | Hydropsychidae   | Hydropsyche | Larve  | 88     |
| D-1     | Insectea      | Diptera       |                  |             | Pupe   | 18     |
| D-1     | Insectea      | Diptera       |                  |             | Larve  | 7      |
| D-1     | Nemertea      | Nemertea      |                  |             | Adulte | 3      |
| D-1     | Insectea      | Ephemeroptera | Ephemerellidae   | Serratella  | Larve  | 6      |
| D-1     | Insectea      | Trichoptera   |                  |             | Nymphe | 3      |
| D-1     | Insectea      | Coleoptera    | Elmidae          |             | Larve  | 29     |
| D-1     | Insectea      | Plecoptera    | Perlidae         | Paragnetina | Larve  | 1      |
| D-1     | Insectea      | Odonata       |                  |             | Larve  | 1      |
| D-1     | Arachnoidea   | Acariforma    | Hydracarina      |             | Adulte | 1      |
| D-2     | Insectea      | Ephemeroptera | Heptageniidae    |             | Larve  | 4      |
| D-2     | Insectea      | Diptera       | Chironomidae     |             | Larve  | 127    |
| D-2     | Insectea      | Trichoptera   | Hydropsychidae   | Hydropsyche | Larve  | 158    |
| D-2     | Insectea      | Diptera       |                  |             | Pupe   | 15     |
| D-2     | Insectea      | Diptera       |                  |             | Larve  | 5      |
| D-2     | Oligochaeta   | Oligochaeta   |                  |             | Ver    | 1      |
| D-2     | Insectea      | Trichoptera   |                  |             | Nymphe | 3      |
| D-2     | Insectea      | Ephemeroptera |                  |             | Larve  | 3      |
| D-2     | Insectea      | Ephemeroptera |                  |             | Larve  | 3      |
| D-2     | Insectea      | Plecoptera    | Perlidae         | Paragnetina | Larve  | 1      |
| D-2     | Insectea      | Coleoptera    | Elmidae          |             | Larve  | 10     |
| D-2     | Insectea      | Trichoptera   | Lepidostomatidae | Lepidostoma | Larve  | 1      |
| D-2     | Insectea      | Trichoptera   | Glossosomatidae  |             | Larve  | 1      |
| D-3     | Insectea      | Diptera       | Chironomidae     |             | Larve  | 61     |
| D-3     | Insectea      | Trichoptera   | Hydropsychidae   | Hydropsyche | Larve  | 84     |
| D-3     | Insectea      | Diptera       |                  |             | Pupe   | 9      |
| D-3     | Insectea      | Diptera       |                  |             | Larve  | 4      |
| D-3     | Insectea      | Trichoptera   |                  |             | Larve  | 1      |
| D-3     | Insectea      | Plecoptera    | Perlidae         |             | Larve  | 1      |

Annexe 3.2. Données brutes du benthos récolté dans la rivière Saint-Charles le 22 juillet 1997.

| Station   | Phylum/classe | Ordre         | Famille         | Genre       | Stade  | Nombre |
|-----------|---------------|---------------|-----------------|-------------|--------|--------|
| D-3       | Insectea      | Plecoptera    | Perlidae        | Paragnetina | Larve  | 3      |
| D-3       | Insectea      | Ephemeroptera |                 |             | Larve  | 3      |
| D-3       | Insectea      | Coleoptera    | Elmidae         |             | Larve  | 3      |
| D-3       | Insectea      | Trichoptera   |                 |             | Nymphe | 3      |
| D-3       | Insectea      | Ephemeroptera | Ephemerellidae  | Serratella  | Larve  | 1      |
| D-4       | Insectea      | Diptera       | Chironomidae    |             | Larve  | 47     |
| D-4       | Insectea      | Trichoptera   | Hydropsychidae  | Hydropsyche | Larve  | 43     |
| D-4       | Insectea      | Diptera       |                 |             | Pupe   | 8      |
| D-4       | Insectea      | Diptera       |                 |             | Larve  | 6      |
| D-4       | Insectea      | Ephemeroptera | Leptophlebiidae |             | Larve  | 1      |
| D-4       | Gastropoda    | Gastropoda    | Ancylidae       |             | Adulte | 1      |
| D-4       | Insectea      | Trichoptera   |                 |             | Nymphe | 3      |
| D-4       | Insectea      | Megaloptera   | Sialidae        | Sialis      | Larve  | 1      |
| D-4       | Oligochaeta   | Oligochaeta   |                 |             | Adulte | 2      |
| D-4       | Insectea      | Ephemeroptera |                 |             | Larve  | 11     |
| D-4       | Insectea      | Plecoptera    | Perlidae        | Paragnetina | Larve  | 1      |
| D-4       | Insectea      | Coleoptera    |                 | Elmidae     | Larve  | 5      |
| D-4       | Insectea      | Ephemeroptera | Ephemerellidae  | Serratella  | Larve  | 1      |
| Dér.Am. 1 | Insectea      | Diptera       | Chironomidae    |             | Larve  | 57     |
| Dér.Am. 1 | Insectea      | Trichoptera   | Hydropsychidae  | Hydropsyche | Larve  | 65     |
| Dér.Am. 1 | Insectea      | Diptera       |                 |             | Pupe   | 7      |
| Dér.Am. 1 | Insectea      | Diptera       |                 |             | Larve  | 2      |
| Dér.Am. 1 | Insectea      | Plecoptera    | Perlidae        |             | Larve  | 8      |
| Dér.Am. 1 | Insectea      | Plecoptera    | Perlidae        | Paragnetina | Larve  | 10     |
| Dér.Am. 1 | Hirudinea     | Hirudinea     |                 |             | Adulte | 1      |
| Dér.Am. 1 | Insectea      | Coleoptera    | Psephenidae     |             | Larve  | 2      |
| Dér.Am. 1 | Oligochaeta   | Oligochaeta   |                 |             | Adulte | 1      |
| Dér.Am. 1 | Insectea      | Trichoptera   |                 |             | Nymphe | 8      |
| Dér.Am. 1 | Insectea      | Ephemeroptera |                 |             | Larve  | 16     |
| Dér.Am. 1 | Insectea      | Coleoptera    | Elmidae         |             | Larve  | 4      |
| Dér.Am. 1 | Insectea      | Coleoptera    |                 |             | Adulte | 8      |
| Dér.Am. 1 | Insectea      | Ephemeroptera | Oligoneuriidae  |             | Larve  | 1      |
| Dér.Am. 1 | Insectea      | Hymenoptera   | Formicidae      |             | Adulte | 2      |
| Dér.Am. 1 | Insectea      | Diptera       |                 |             | Adulte | 9      |
| Dér.Am. 1 | Insectea      | Hemiptera     |                 |             | Larve  | 1      |
| Dér.Am. 1 | Arachneida    | hirudinea     |                 |             | Adulte | 2      |
| Dér.Am. 1 | Insectea      | Trichoptera   |                 |             | Larve  | 3      |
| Dér.Am. 1 | Insectea      | Diptera       | Chironomidae    |             | Larve  | 944    |
| Dér.Am. 1 | Insectea      | Trichoptera   |                 |             | Larve  | 416    |
| Dér.Am. 1 | Insectea      | Diptera       |                 |             | Pupe   | 336    |
| Dér.Am. 1 | Insectea      | Diptera       |                 |             | Larve  | 16     |
| Dér.Am. 1 | Insectea      | Diptera       |                 |             | Adulte | 96     |
| Dér.Am. 1 | Arachnoidea   | Acariforma    | Hydracarina     |             | Adulte | 16     |
| Dér.Am. 1 | Insectea      | Ephemeroptera |                 |             | Larve  | 320    |
| Dér.Am. 1 | Insectea      | Hymenoptera   |                 |             | Adulte | 32     |
| Dér.Am. 1 | Insectea      | Coleoptera    |                 |             | Adulte | 32     |

ANNEXE 3.3 Ensemencements gouvernementaux dans le réseau hydrographique de la rivière Saint-Charles.

| <i>Années</i>                    | <i>Quantité</i> | <i>Stade</i> | <i>Milieu</i>         |
|----------------------------------|-----------------|--------------|-----------------------|
| <b><i>Omble de fontaine</i></b>  |                 |              |                       |
| 1944                             | 2 000           | alevin       | lac Saint-Charles     |
| 1963                             | 3 000           | fretin       | lac Saint-Charles     |
| 1979                             | 6 000           | 1+           | lac Saint-Charles     |
| <b>Total</b>                     | <b>11 000</b>   |              |                       |
| <b><i>Touladi</i></b>            |                 |              |                       |
| 1964                             | 4 000           | fretin       | lac Saint-Charles     |
| <b>Total</b>                     | <b>4 000</b>    |              |                       |
| <b><i>Omble de fontaine</i></b>  |                 |              |                       |
| 1934                             | 1 000           | fretin       | rivière Saint-Charles |
| 1938                             | 3 000           | fretin       | rivière Saint-Charles |
| 1939                             | 1 500           | fretin       | rivière Saint-Charles |
| 1950                             | 6 000           | fretin       | rivière Saint-Charles |
| 1963                             | 2 000           | fretin       | rivière Saint-Charles |
| 1964                             | 5 000           | fretin       | rivière Saint-Charles |
| 1979                             | 600             | 1+           | rivière Saint-Charles |
| 1982                             | 75              | adulte       | rivière Saint-Charles |
| 1982                             | 10 000          | alevin       | rivière Nelson        |
| 1982                             | 25 000          | alevin       | rivière Jaune         |
| 1984                             | 4 000           | 1+           | rivière Saint-Charles |
| 1984                             | 50              | 2+           | rivière Saint-Charles |
| 1984                             | 50              | adulte       | rivière Saint-Charles |
| 1985                             | 100             | adulte       | rivière Saint-Charles |
| 1986                             | 5 500           | 1+           | rivière Saint-Charles |
| 1987                             | 2 000           | 1+           | rivière Saint-Charles |
| 1989                             | 1 500           | 1+           | rivière Saint-Charles |
| 1991                             | 1 000           | 1+           | rivière Saint-Charles |
| 1992                             | 1 500           | 1+           | rivière Saint-Charles |
| 1993                             | 1 500           | 1+           | rivière Saint-Charles |
| 1994                             | 31 488          | 1+           | rivière Saint-Charles |
| 1996                             | 38 525          | 1+           | rivière Saint-Charles |
| <b>Total</b>                     | <b>141 388</b>  |              |                       |
| <b><i>Truite arc-en-ciel</i></b> |                 |              |                       |
| 1980                             | 35 000          | fretin       | rivière Saint-Charles |
| 1980                             | 100             | 1+           | rivière Saint-Charles |
| 1981                             | 260             | adulte       | rivière Saint-Charles |
| 1982                             | 3 000           | 1+           | rivière Saint-Charles |
| 1982                             | 75              | adulte       | rivière Saint-Charles |
| 1983                             | 2 000           | 1+           | rivière Saint-Charles |
| 1983                             | 75              | adulte       | rivière Saint-Charles |
| 1984                             | 1 500           | 1+           | rivière Saint-Charles |
| 1987                             | 4 500           | 1+           | rivière Saint-Charles |
| 1987                             | 31              | adulte       | rivière Saint-Charles |
| <b>Total</b>                     | <b>46 541</b>   |              |                       |

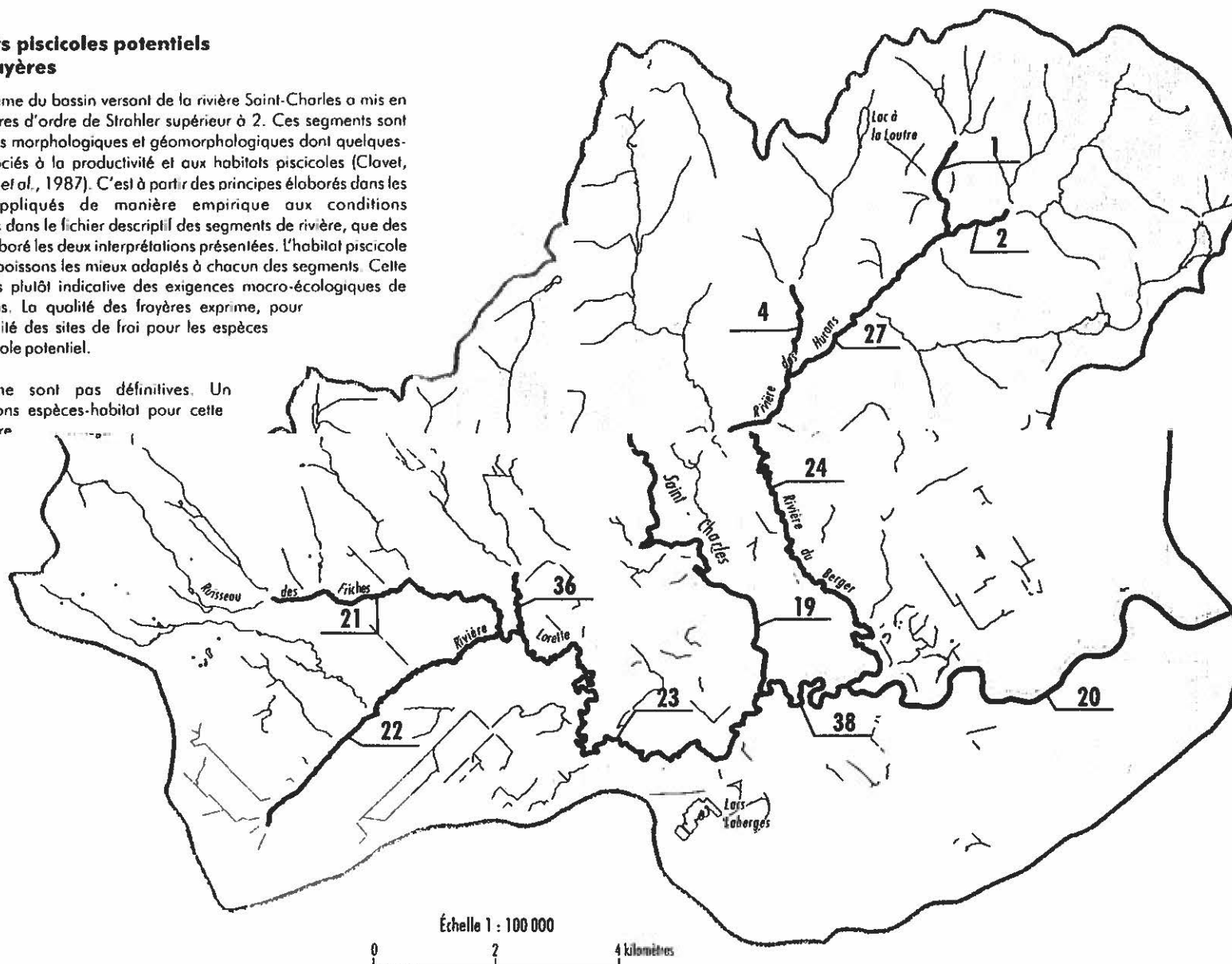
Source : MEF, données non-publiées, 1997.

## ANNEXE 3.4 Potentiel d'habitat du poisson

### Évaluation des habitats piscicoles potentiels et de la qualité des frayères

La cartographie de l'hydrosystème du bassin versant de la rivière Saint-Charles a mis en évidence 39 segments de rivières d'ordre de Strahler supérieur à 2. Ces segments sont caractérisés par des paramètres morphologiques et géomorphologiques dont quelques-uns sont particulièrement associés à la productivité et aux habitats piscicoles (Clavel, 1980; Boudreault, 1984; Côté *et al.*, 1987). C'est à partir des principes élaborés dans les références précédentes, appliqués de manière empirique aux conditions géomorphologiques explicitées dans le fichier descriptif des segments de rivière, que des biologistes du Ministère ont élaboré les deux interprétations présentées. L'habitat piscicole potentiel propose une liste de poissons les mieux adaptés à chacun des segments. Cette liste n'est pas exhaustive mais plutôt indicative des exigences macro-écologiques de quelques groupes de poissons. La qualité des frayères exprime, pour chacun des segments, la qualité des sites de frai pour les espèces correspondant à l'habitat piscicole potentiel.

Ces deux interprétations ne sont pas définitives. Un approfondissement des relations espèces-habitat pour cette région est absolument nécessaire.

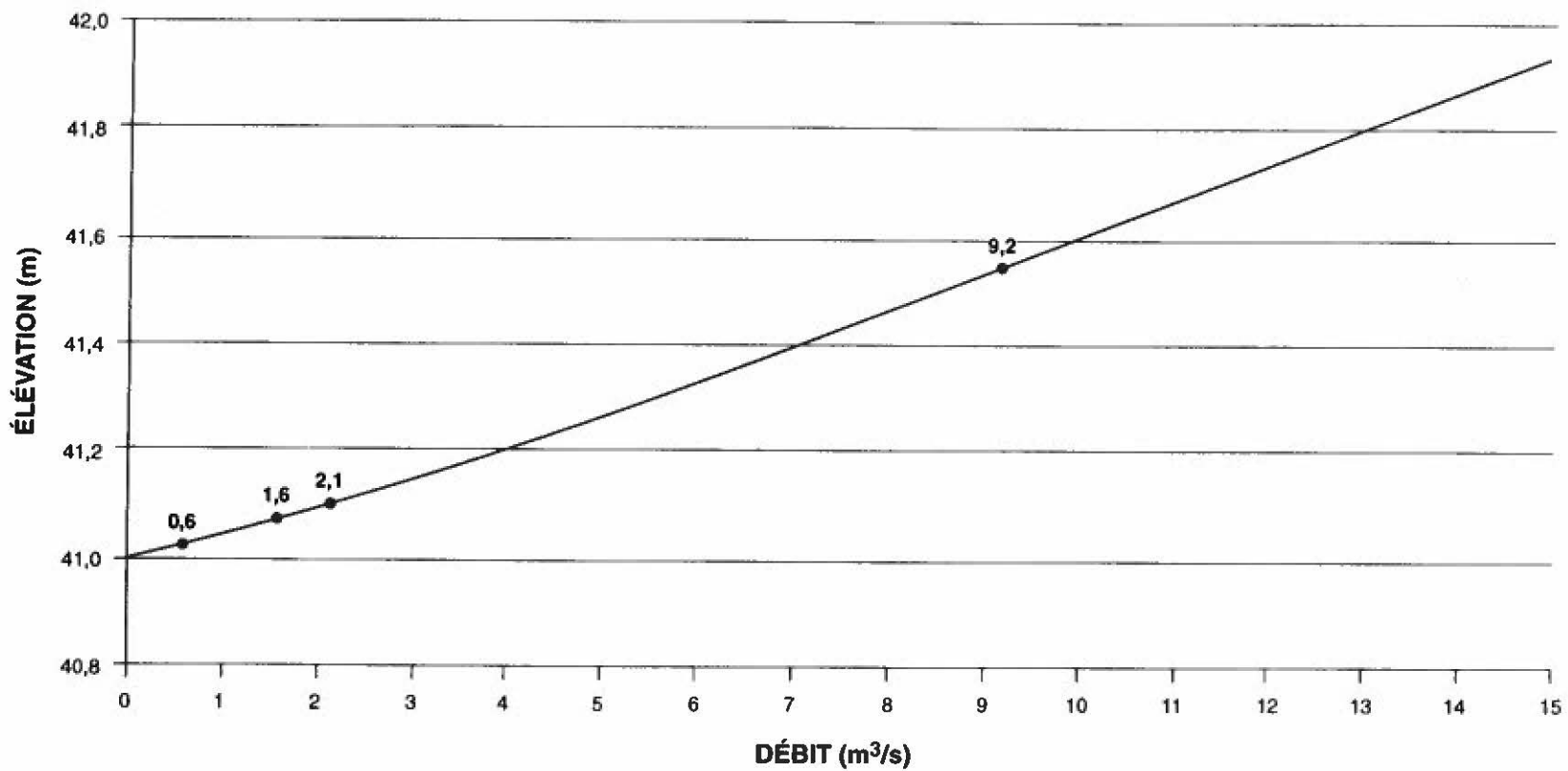


Tiré de Gerardin et Lachance (1997).

**ANNEXE 4**

Modélisation hydrodynamique

ANNEXE 4.1 Courbe de tarage à la limite aval du tronçon modélisé.

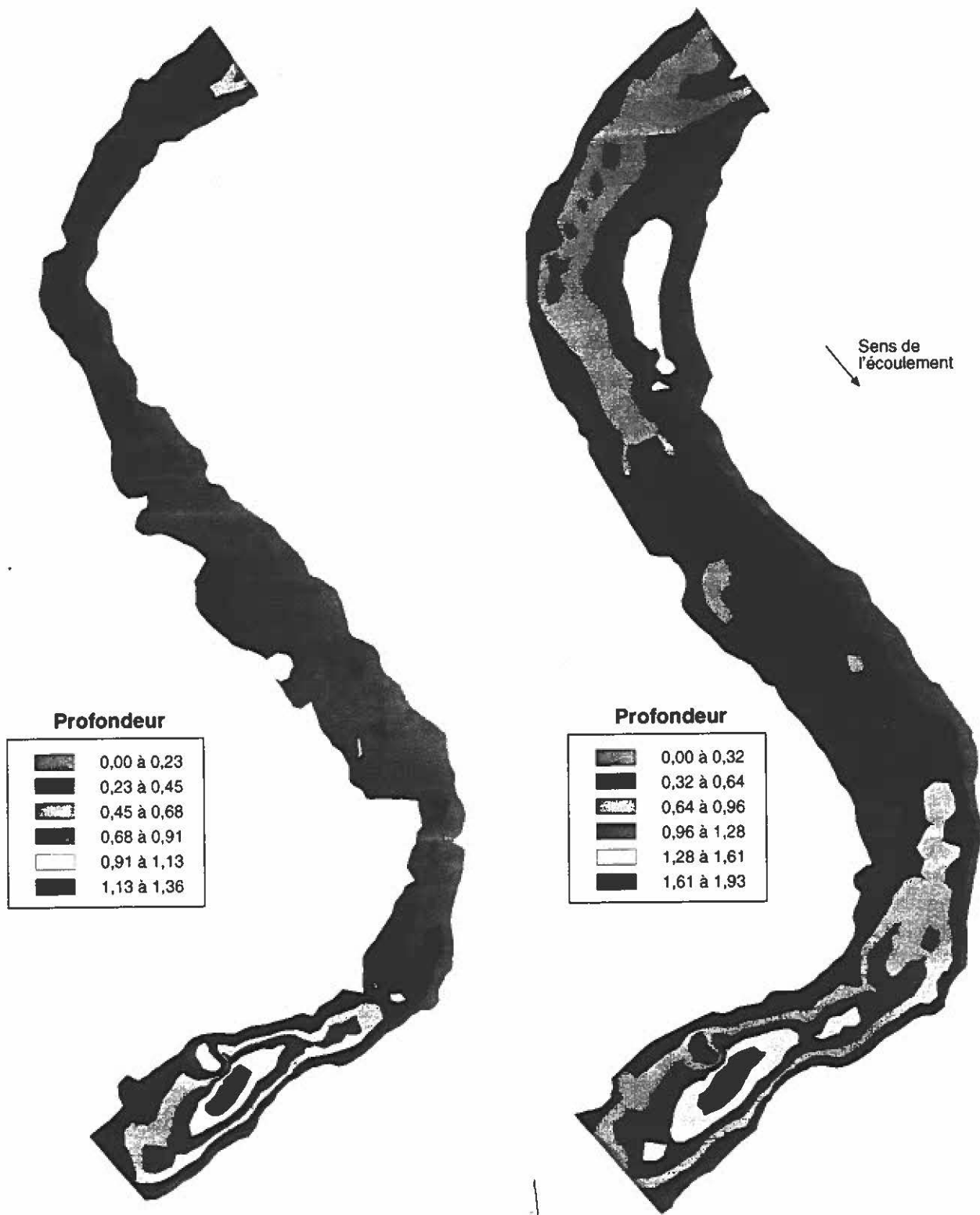


● Points mesurés

ANNEXE 4.2 Carte des profondeurs d'écoulement pour un débit de 0,6 et 9,2 m<sup>3</sup>/s.

a) 0,6 m<sup>3</sup>/s

b) 9,2 m<sup>3</sup>/s



Profondeur

|  |             |
|--|-------------|
|  | 0,00 à 0,23 |
|  | 0,23 à 0,45 |
|  | 0,45 à 0,68 |
|  | 0,68 à 0,91 |
|  | 0,91 à 1,13 |
|  | 1,13 à 1,36 |

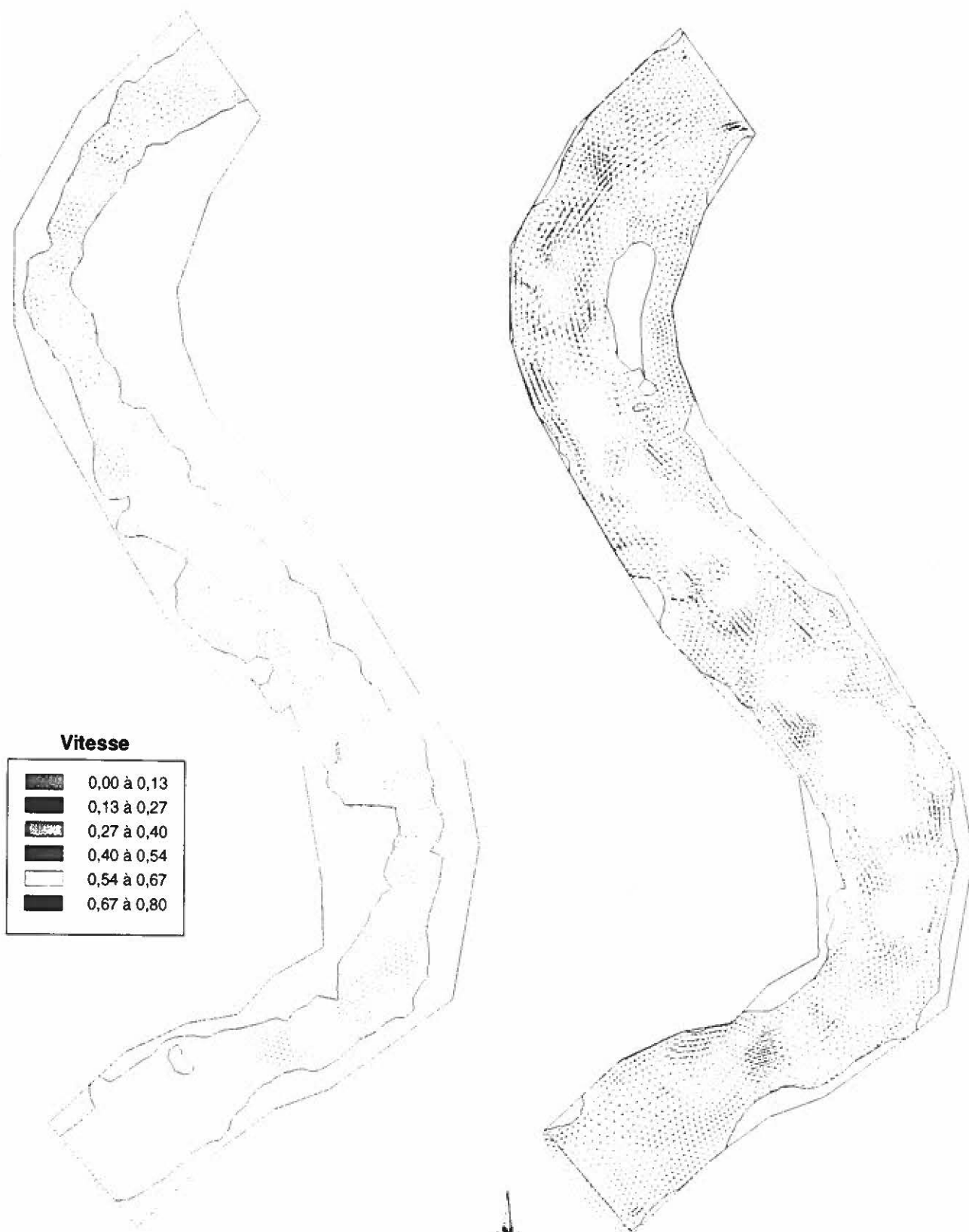
Profondeur

|  |             |
|--|-------------|
|  | 0,00 à 0,32 |
|  | 0,32 à 0,64 |
|  | 0,64 à 0,96 |
|  | 0,96 à 1,28 |
|  | 1,28 à 1,61 |
|  | 1,61 à 1,93 |

0 20 40 mètres

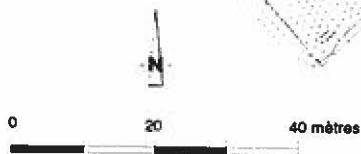
a) 0,6 m<sup>3</sup>/s

b) 9,2 m<sup>3</sup>/s



**Vitesse**

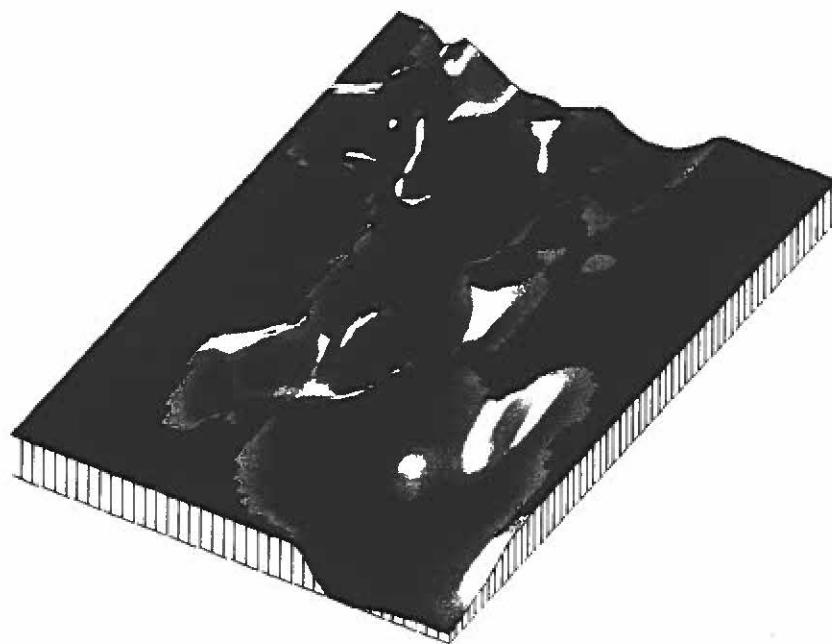
|  |             |
|--|-------------|
|  | 0,00 à 0,13 |
|  | 0,13 à 0,27 |
|  | 0,27 à 0,40 |
|  | 0,40 à 0,54 |
|  | 0,54 à 0,67 |
|  | 0,67 à 0,80 |



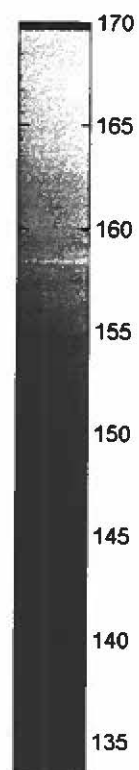
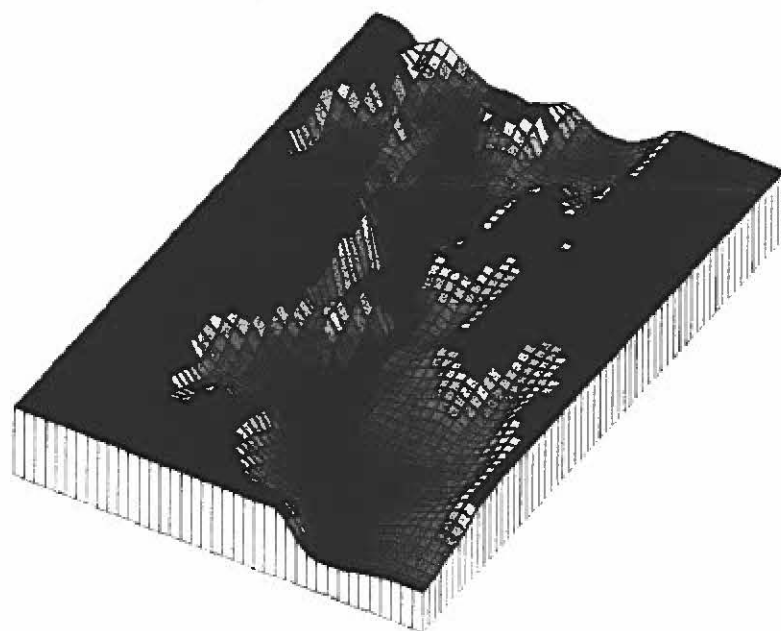
**ANNEXE 5**

Gestion de l'eau du lac Saint-Charles

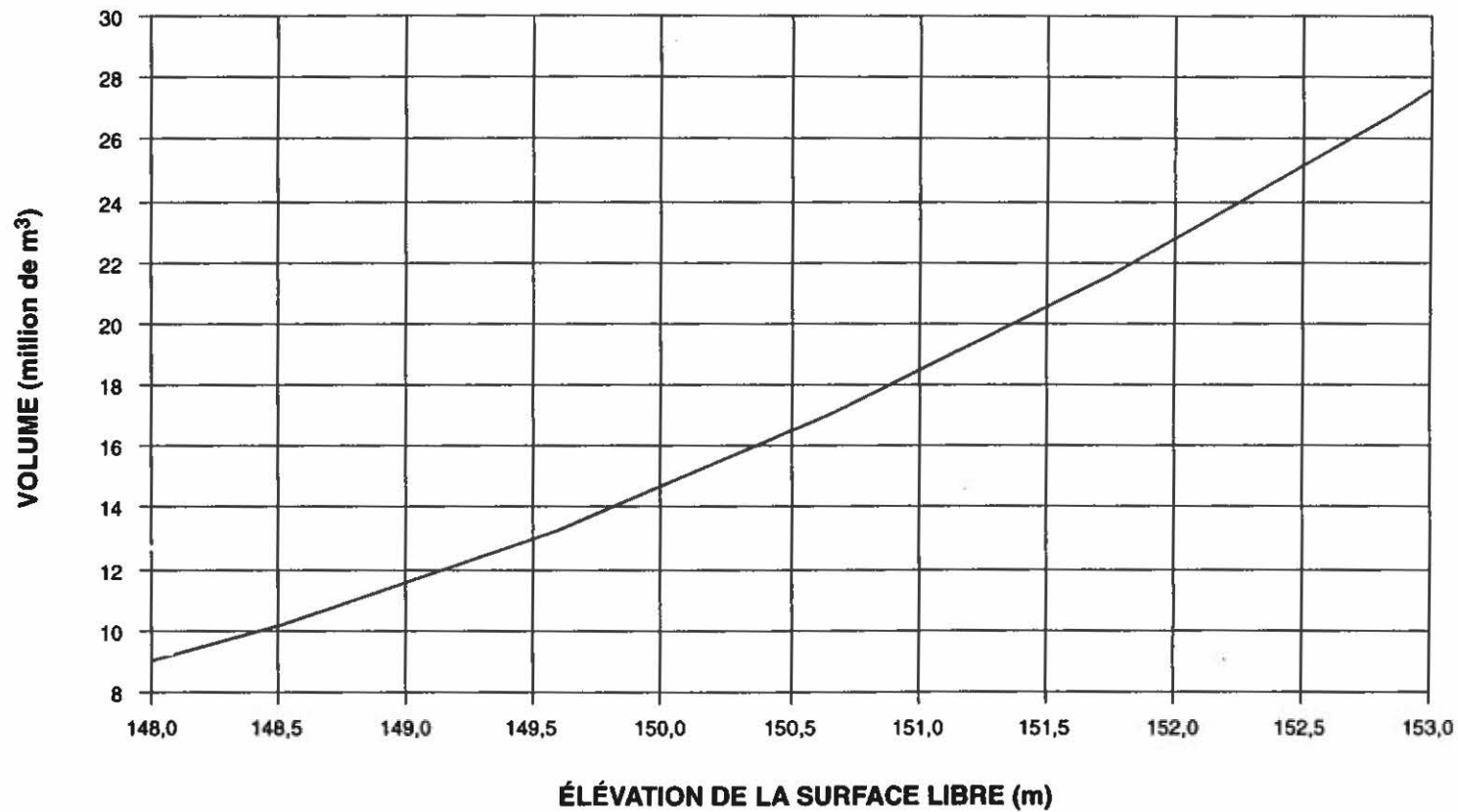
**a) Position des berges du lac Saint-Charles à l'élévation 150,5m**



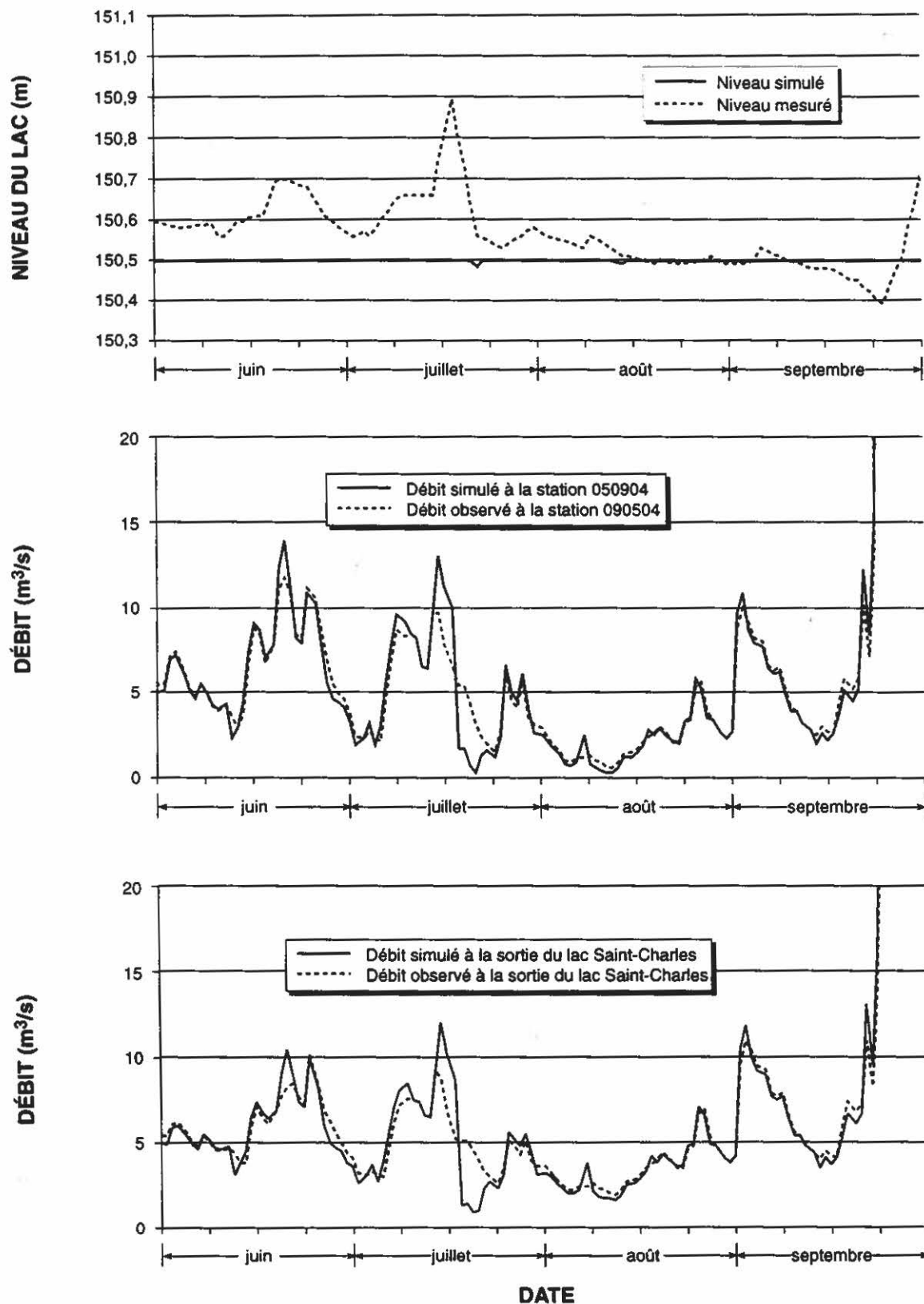
**b) Modèle numérique de la bathymétrie**



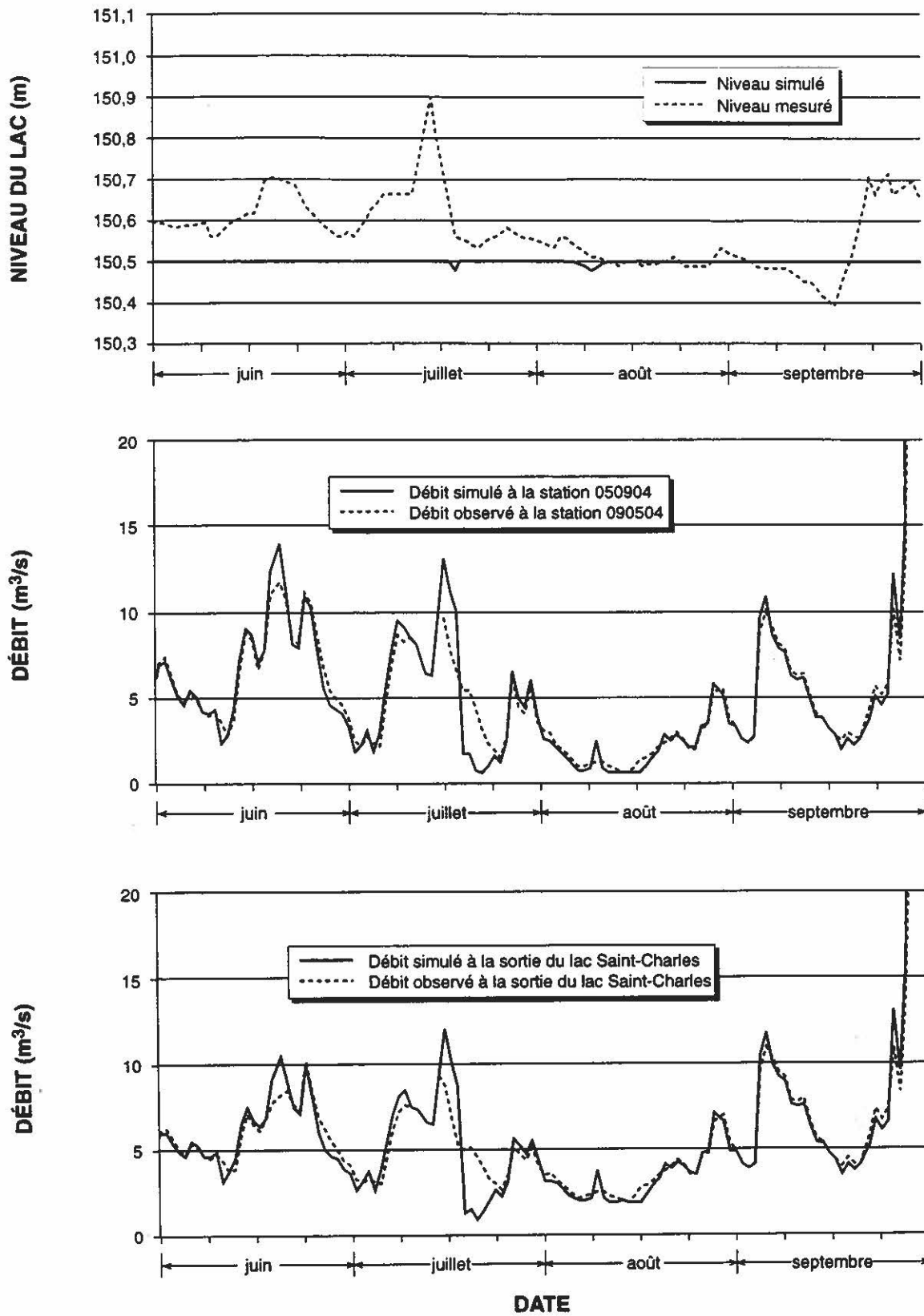
ANNEXE 5.2 Volume du lac Saint-Charles en fonction du niveau d'eau.



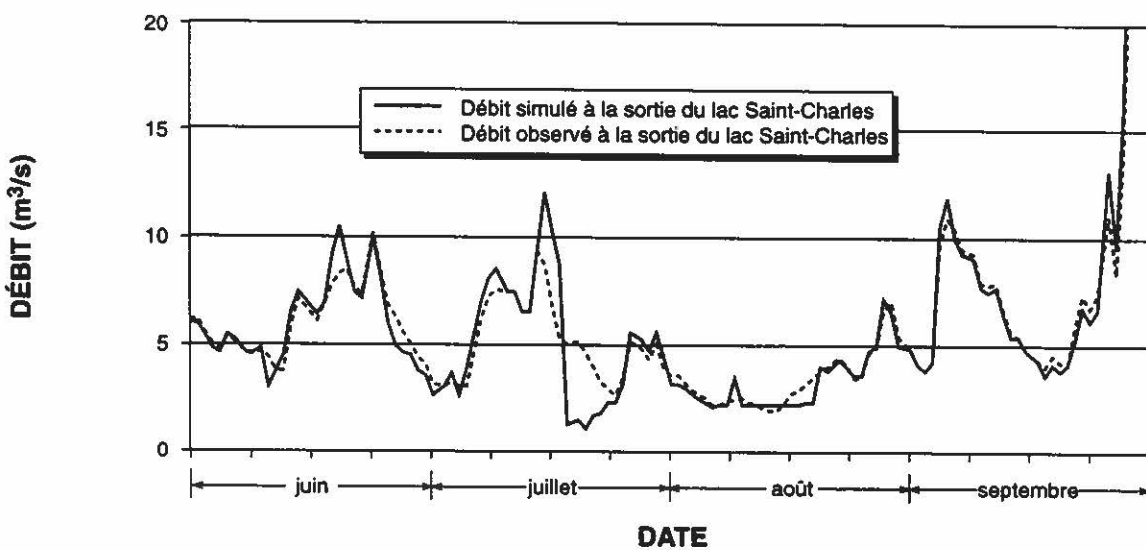
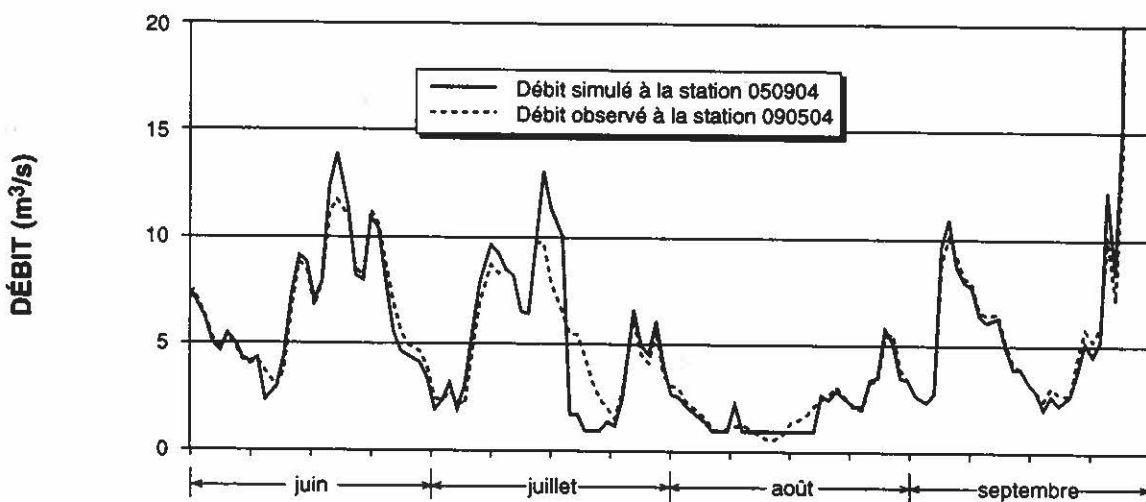
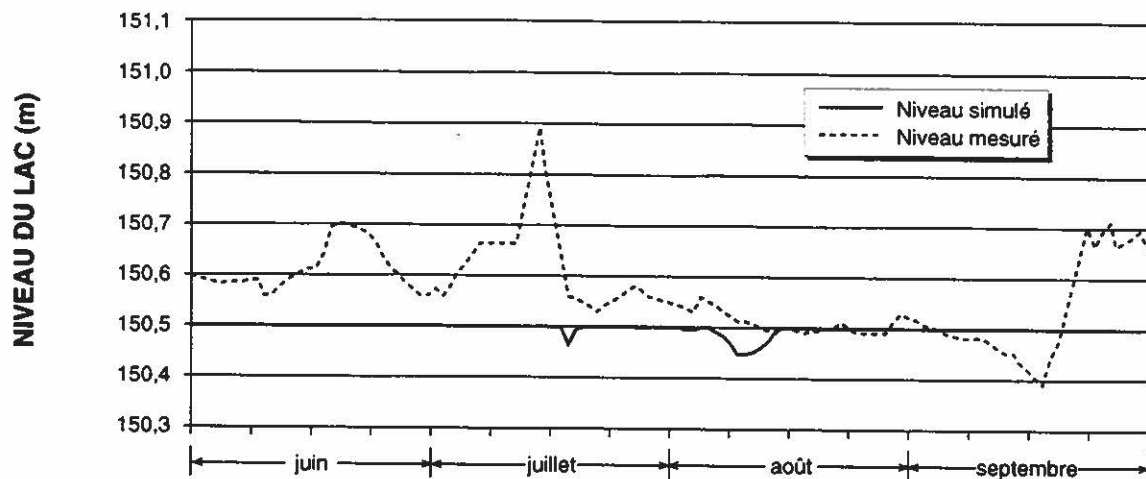
ANNEXE 5.3a Résultats de simulations de gestion du niveau du lac pour le maintien d'un débit réservé dans la rivière Saint-Charles au cours de l'été 1985 (niveau maximal 150,5 m; débit réservé 0,3 m<sup>3</sup>/s).



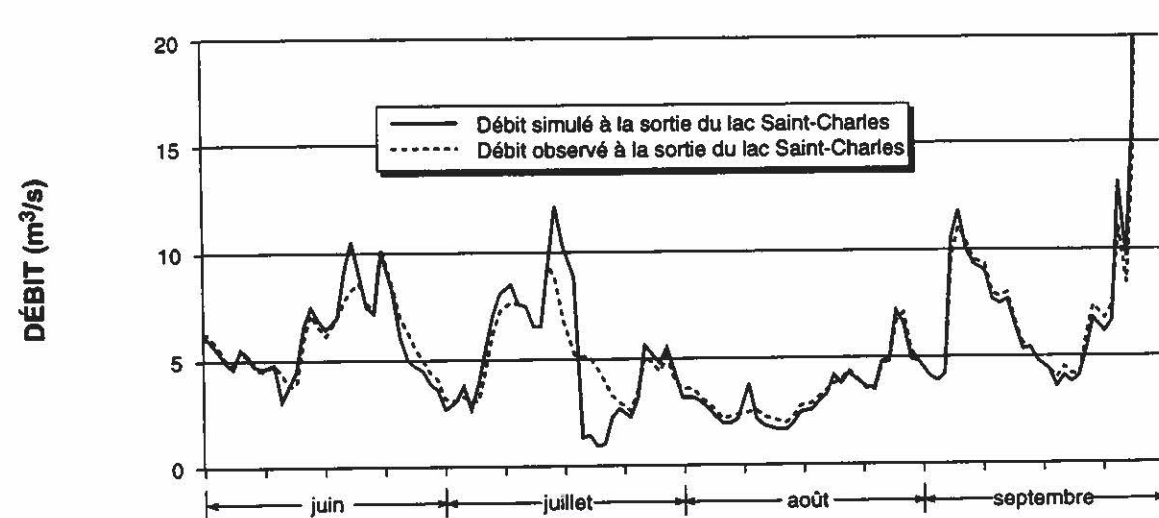
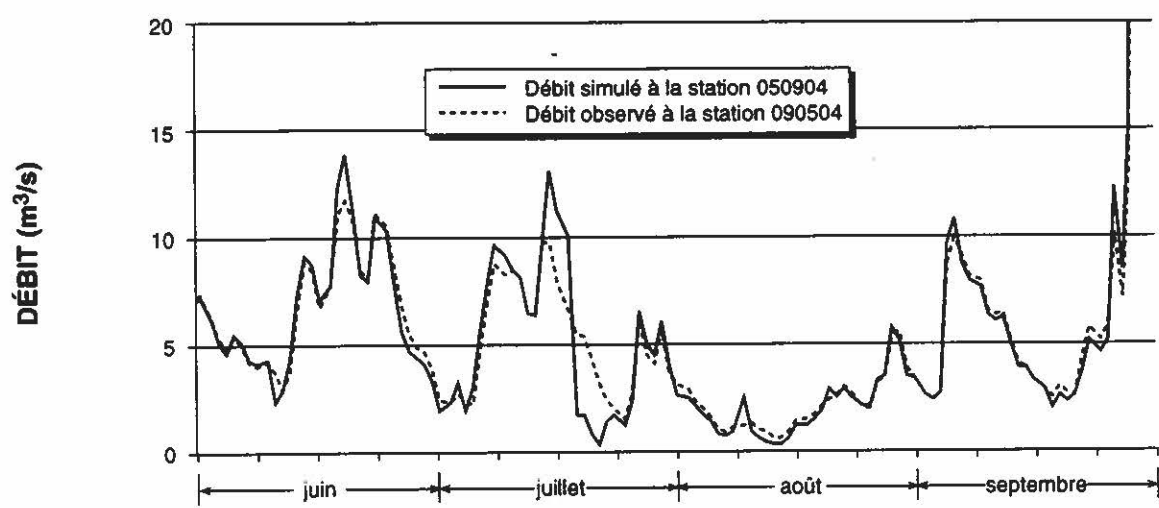
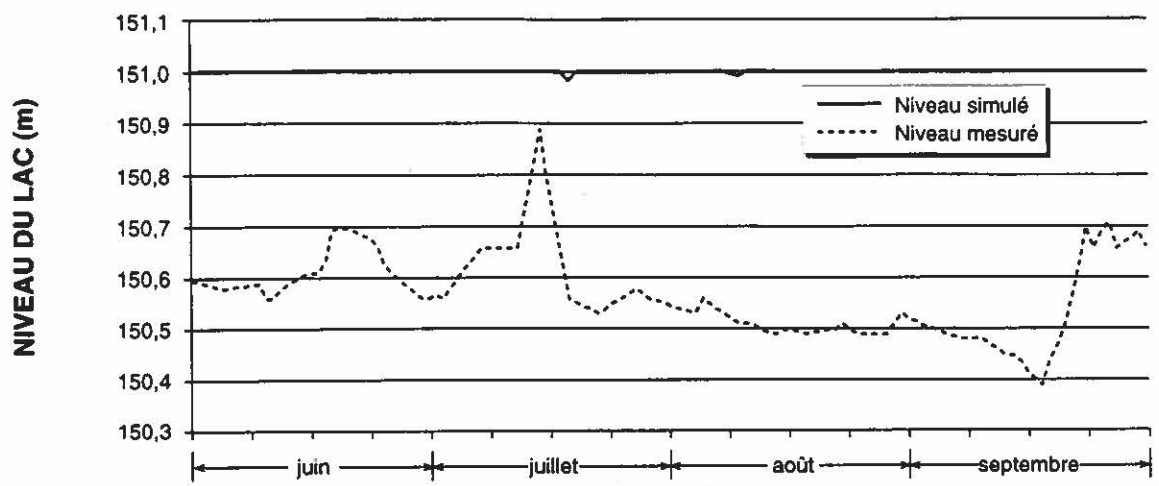
ANNEXE 5.3b Résultats de simulations de gestion du niveau du lac pour le maintien d'un débit réservé dans la rivière Saint-Charles au cours de l'été 1985 (niveau maximal 150,5 m; débit réservé 0,6 m<sup>3</sup>/s).



ANNEXE 5.3c Résultats de simulations de gestion du niveau du lac pour le maintien d'un débit réservé dans la rivière Saint-Charles au cours de l'été 1985 (niveau maximal 150,5 m; débit réservé 0,9 m<sup>3</sup>/s).

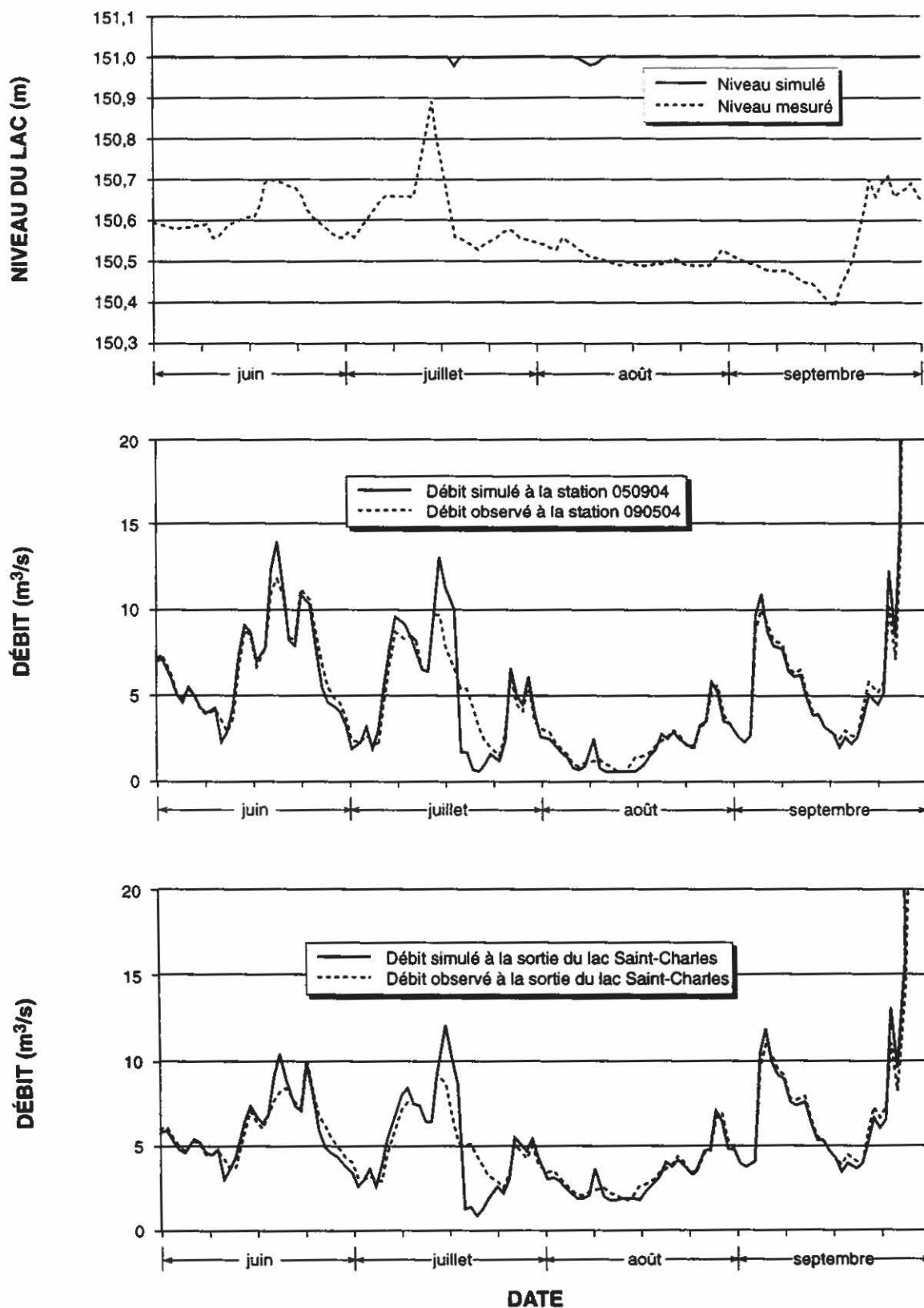


ANNEXE 5.3d Résultats de simulations de gestion du niveau du lac pour le maintien d'un débit réservé dans la rivière Saint-Charles au cours de l'été 1985 (niveau maximal 151 m; débit réservé 0,3 m<sup>3</sup>/s).

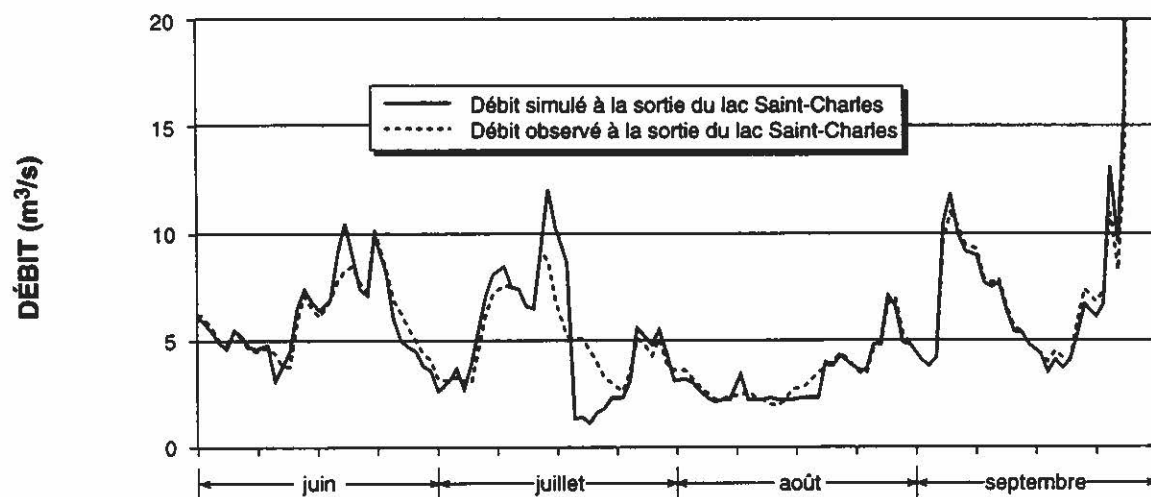
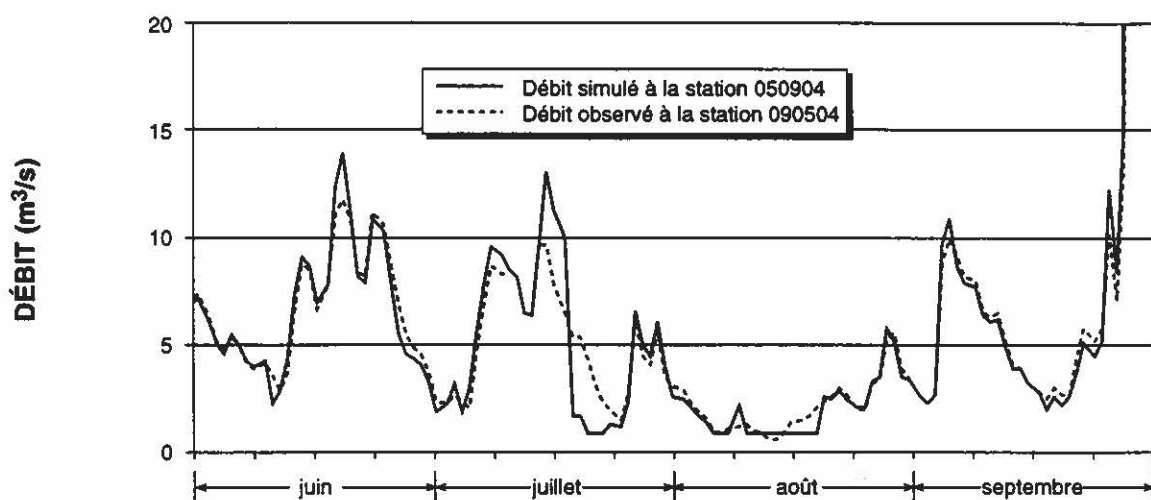
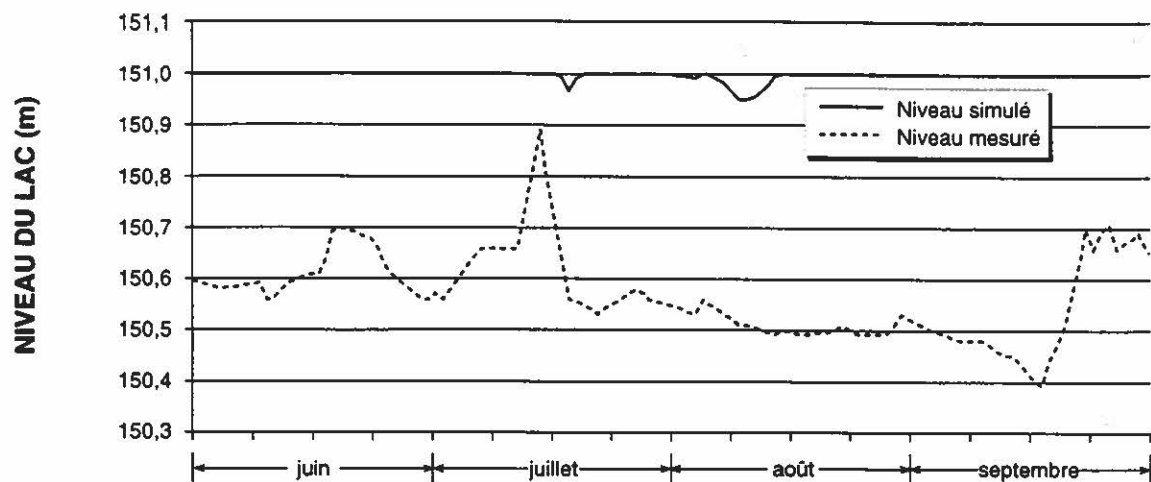


DATE

ANNEXE 5.3e Résultats de simulations de gestion du niveau du lac pour le maintien d'un débit réservé dans la rivière Saint-Charles au cours de l'été 1985 (niveau maximal 151 m; débit réservé 0,6 m<sup>3</sup>/s).

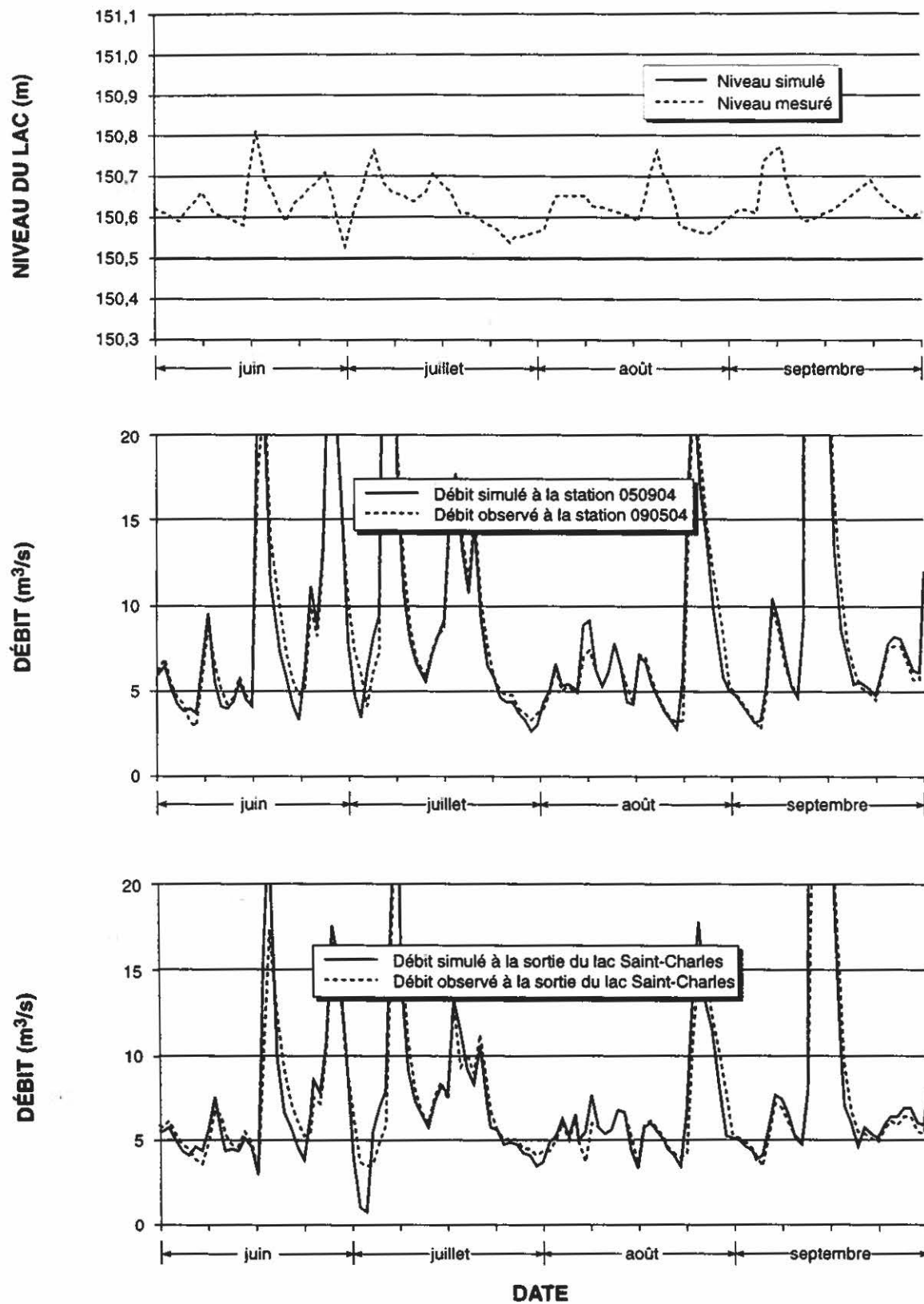


ANNEXE 5.3f Résultats de simulations de gestion du niveau du lac pour le maintien d'un débit réservé dans la rivière Saint-Charles au cours de l'été 1985 (niveau maximal 151 m; débit réservé 0,9 m<sup>3</sup>/s).

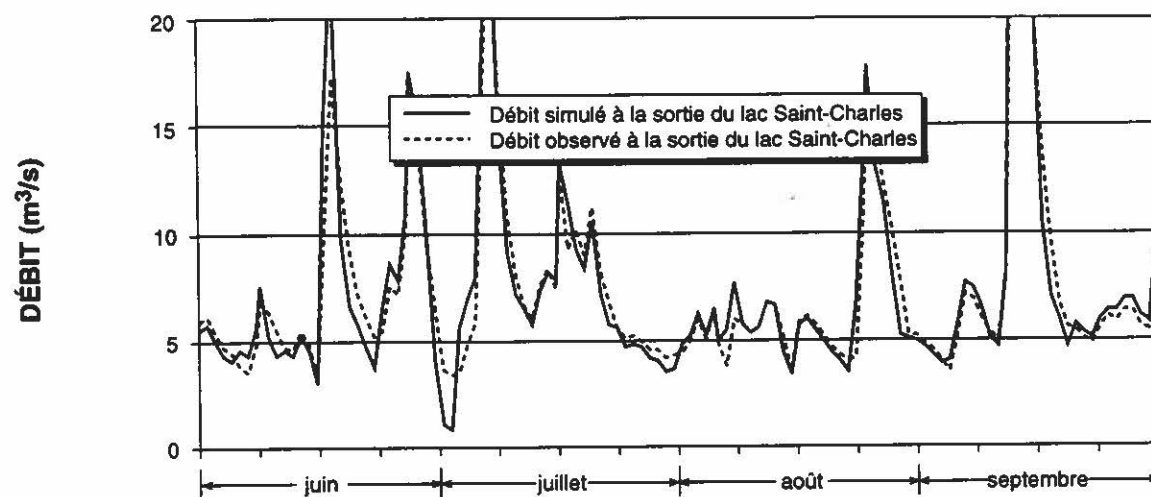
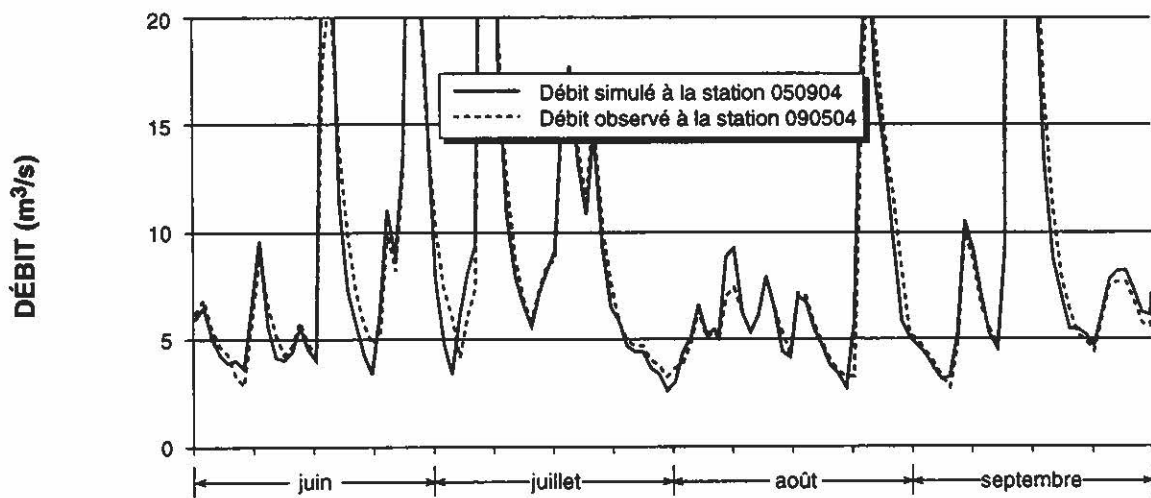
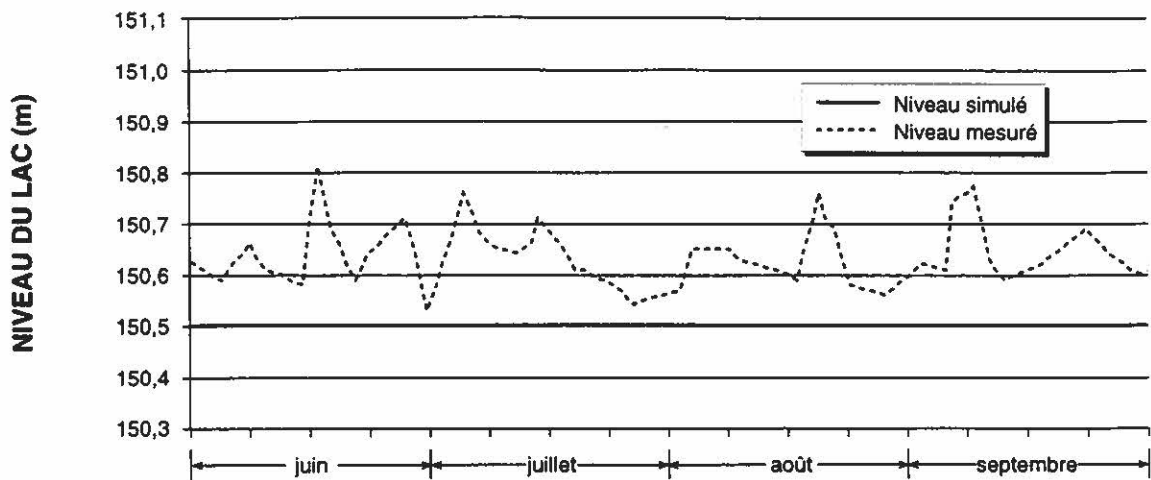


DATE

ANNEXE 5.3g Résultats de simulations de gestion du niveau du lac pour le maintien d'un débit réservé dans la rivière Saint-Charles au cours de l'été 1986 (niveau maximal 150,5 m; débit réservé 0,3 m<sup>3</sup>/s).

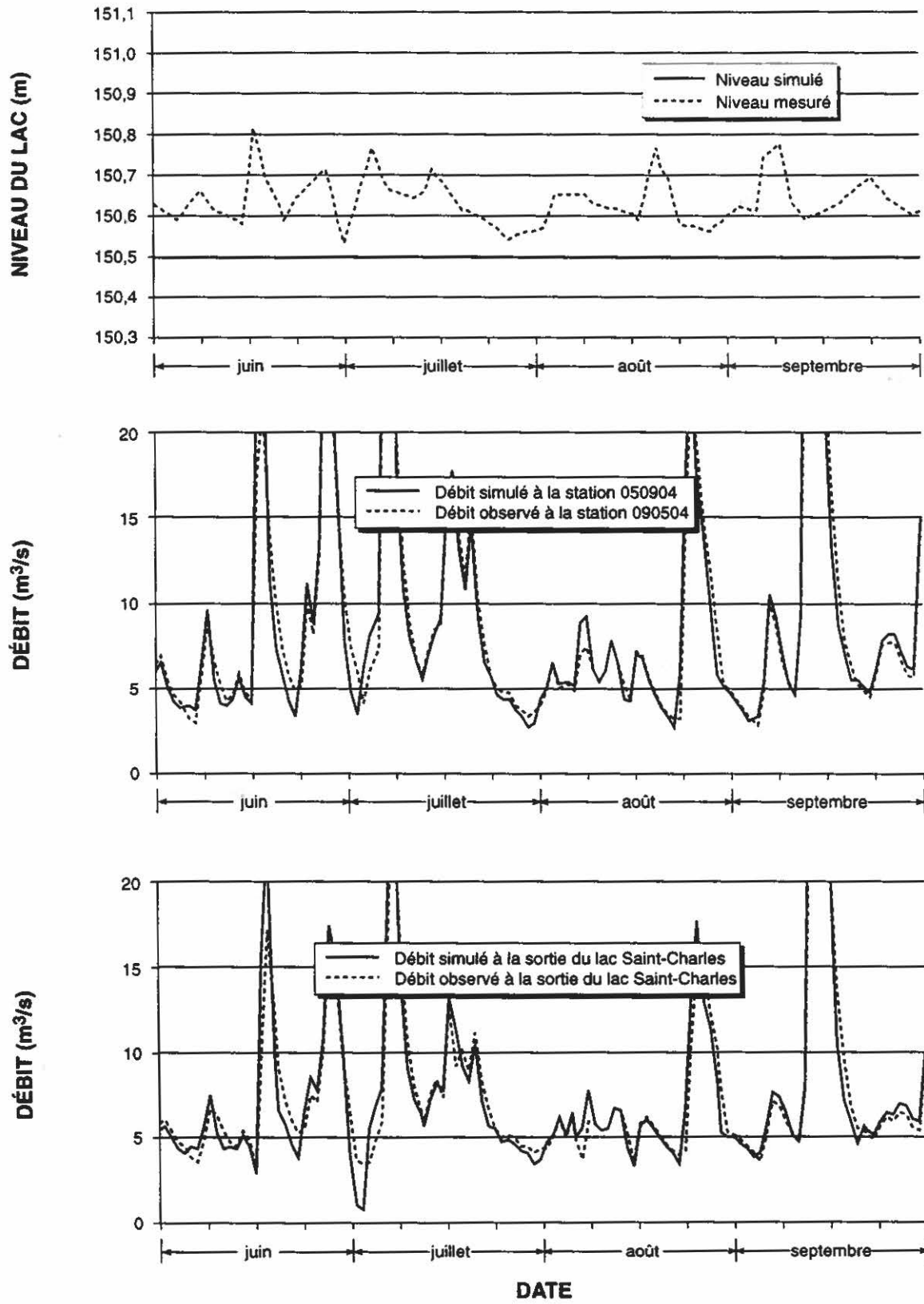


ANNEXE 5.3h Résultats de simulations de gestion du niveau du lac pour le maintien d'un débit réservé dans la rivière Saint-Charles au cours de l'été 1986 (niveau maximal 150,5 m; débit réservé 0,6 m<sup>3</sup>/s).

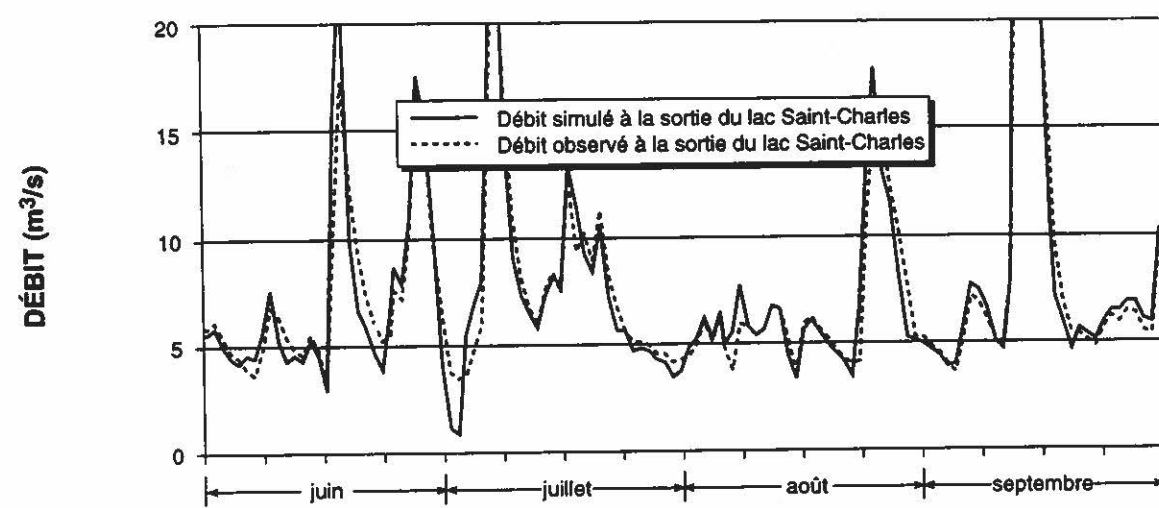
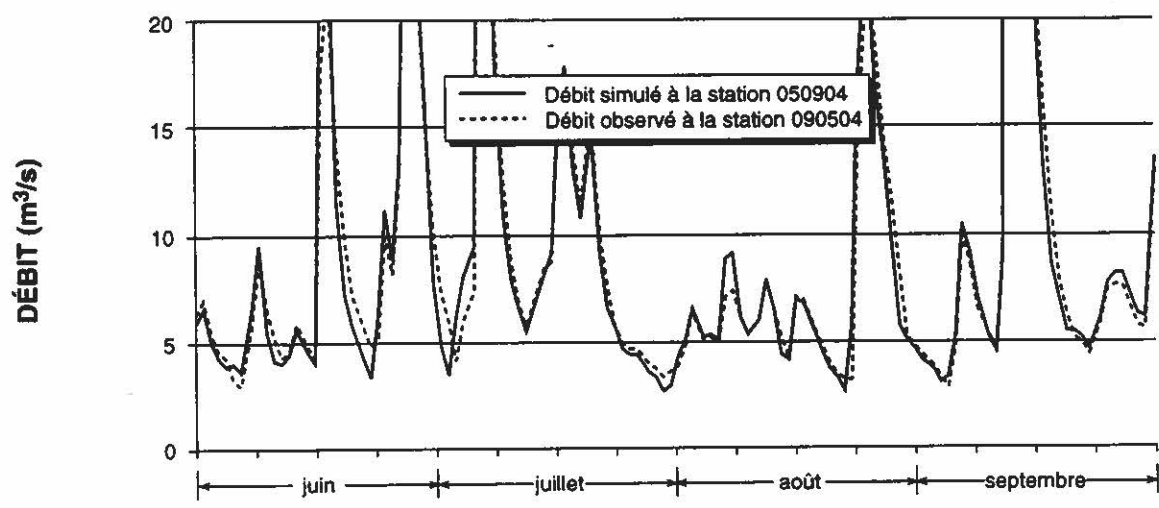
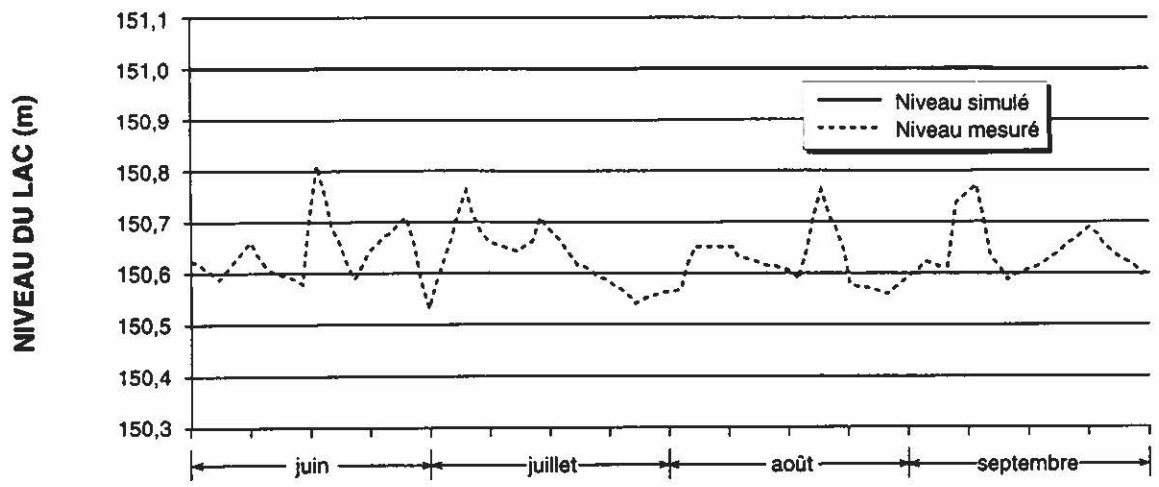


DATE

ANNEXE 5.3i Résultats de simulations de gestion du niveau du lac pour le maintien d'un débit réservé dans la rivière Saint-Charles au cours de l'été 1986 (niveau maximal 150,5 m; débit réservé 0,9 m<sup>3</sup>/s).

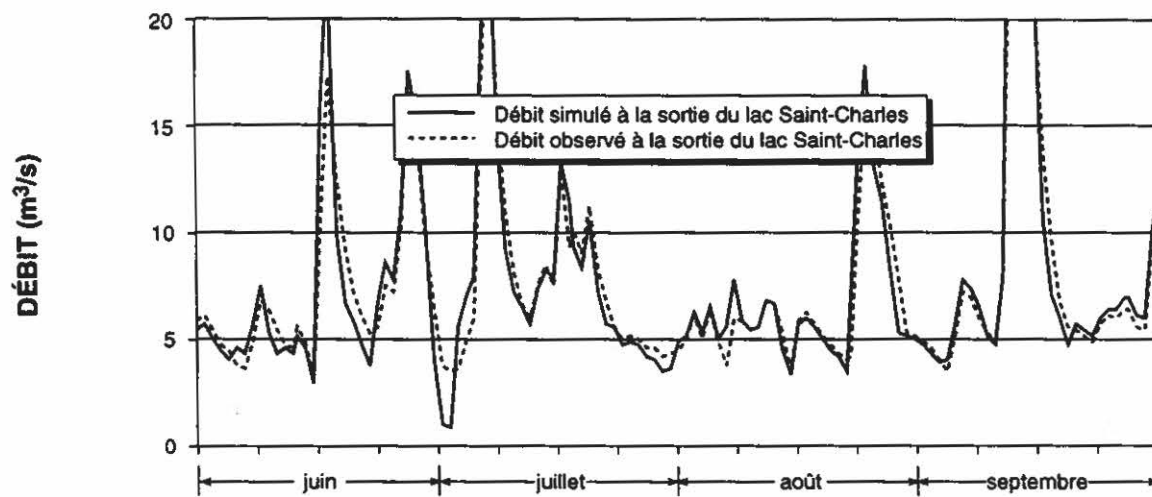
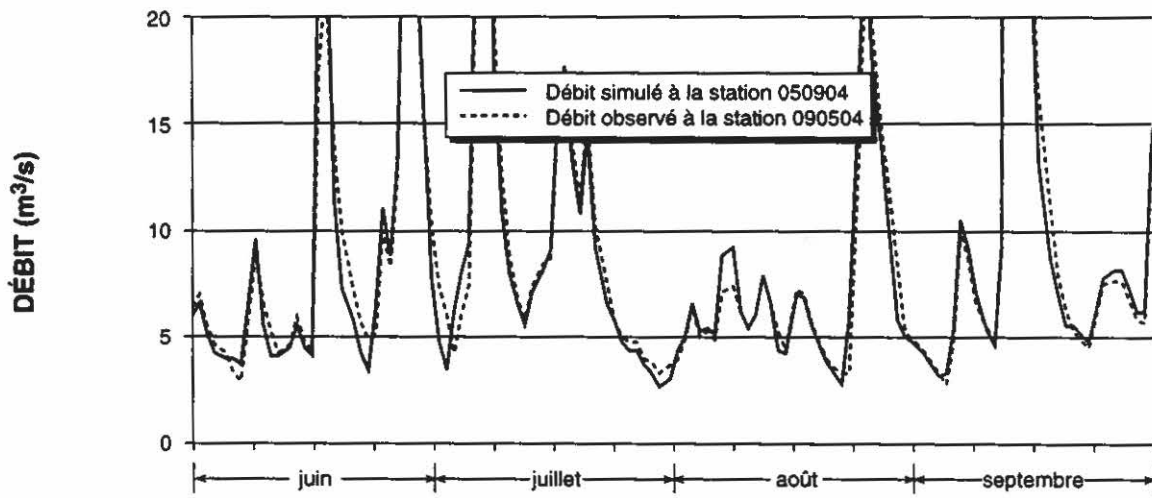
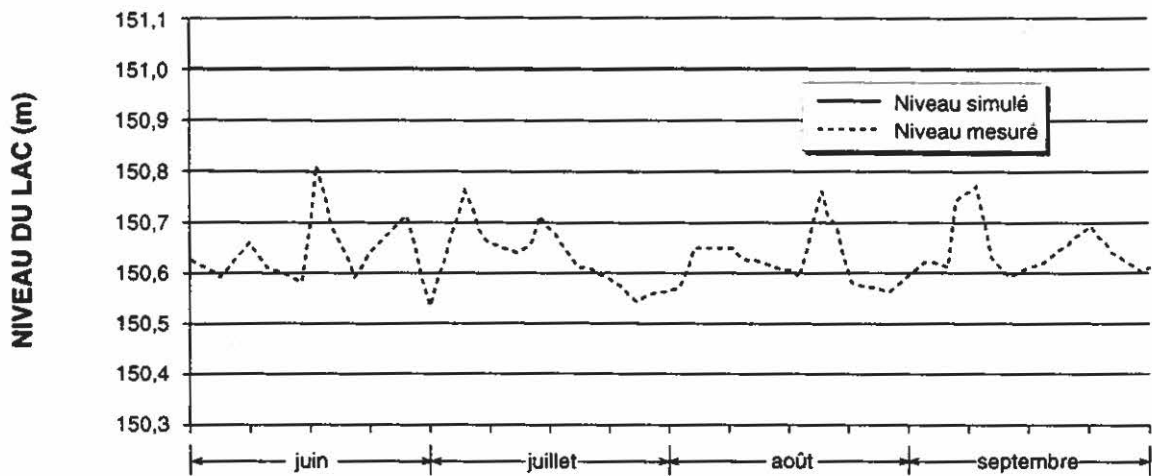


ANNEXE 5.3j Résultats de simulations de gestion du niveau du lac pour le maintien d'un débit réservé dans la rivière Saint-Charles au cours de l'été 1986 (niveau maximal 151 m; débit réservé 0,3 m<sup>3</sup>/s).



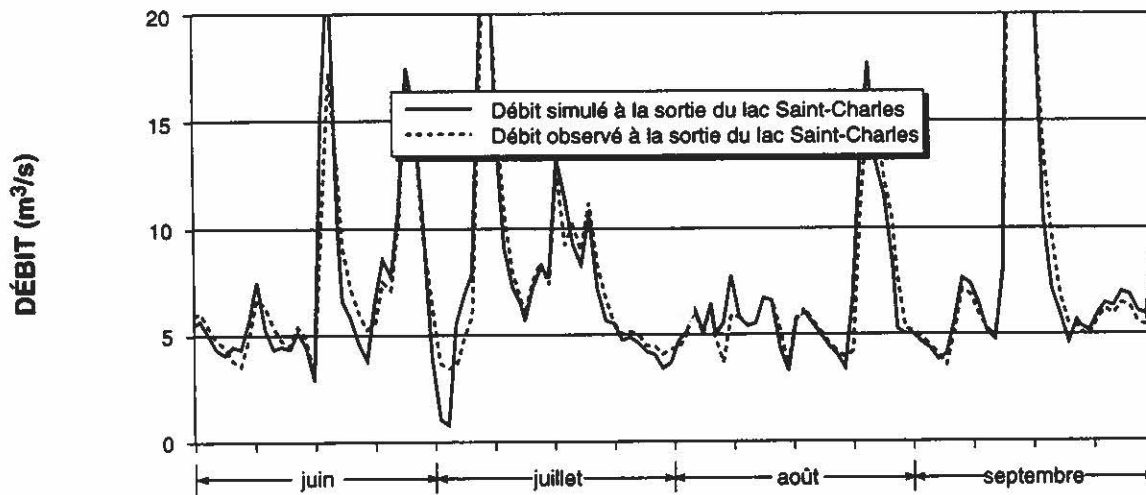
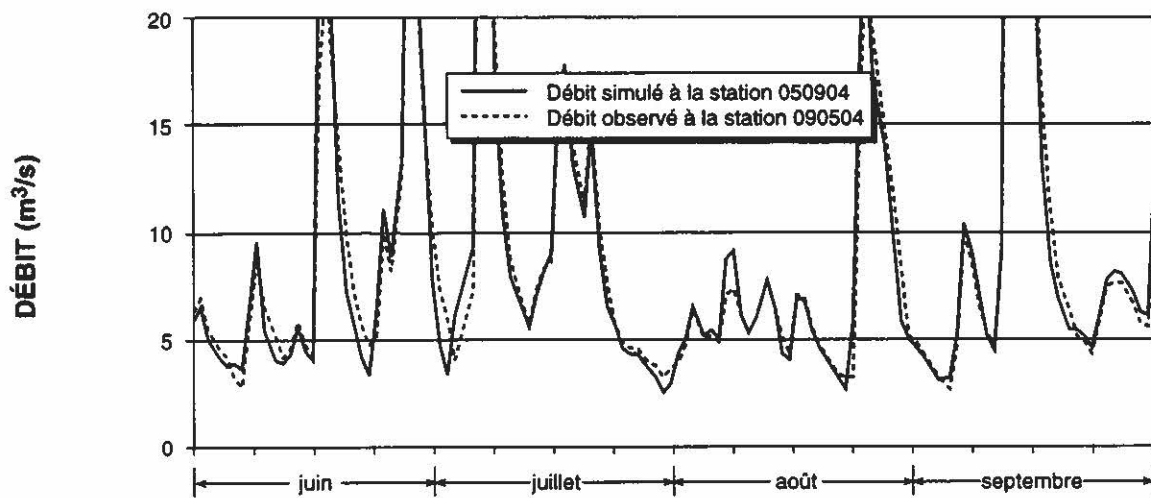
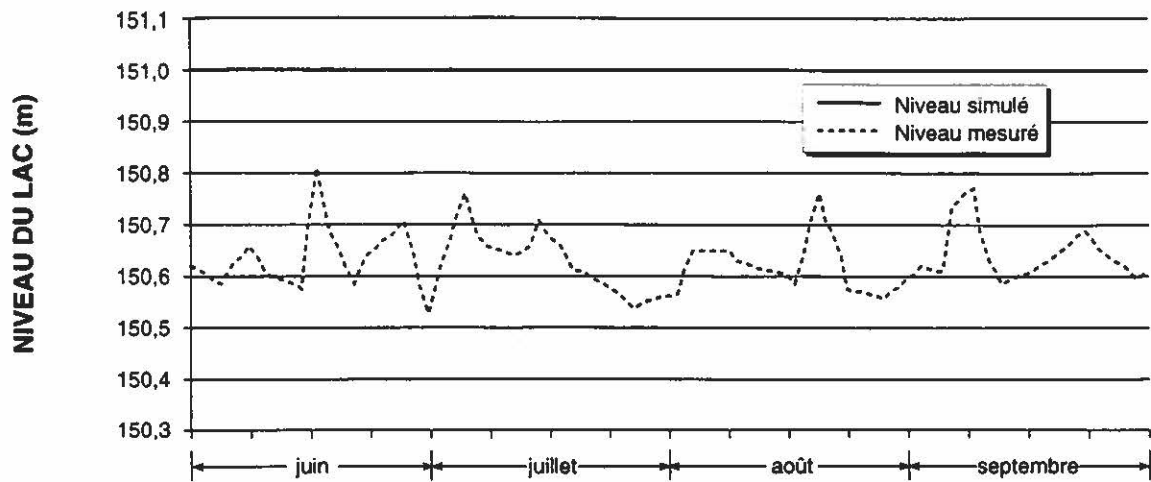
DATE

ANNEXE 5.3k Résultats de simulations de gestion du niveau du lac pour le maintien d'un débit réservé dans la rivière Saint-Charles au cours de l'été 1986 (niveau maximal 151 m; débit réservé 0,6 m<sup>3</sup>/s).



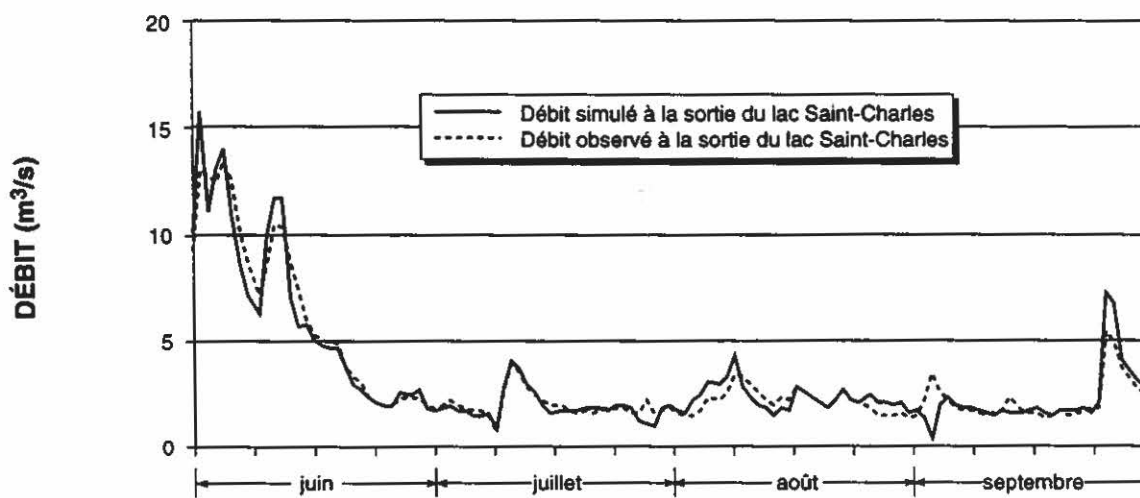
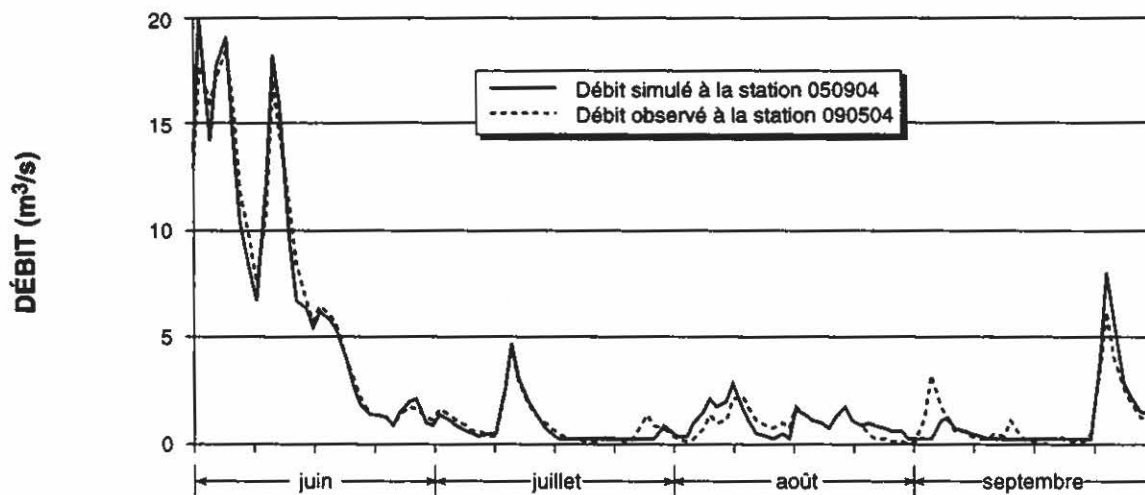
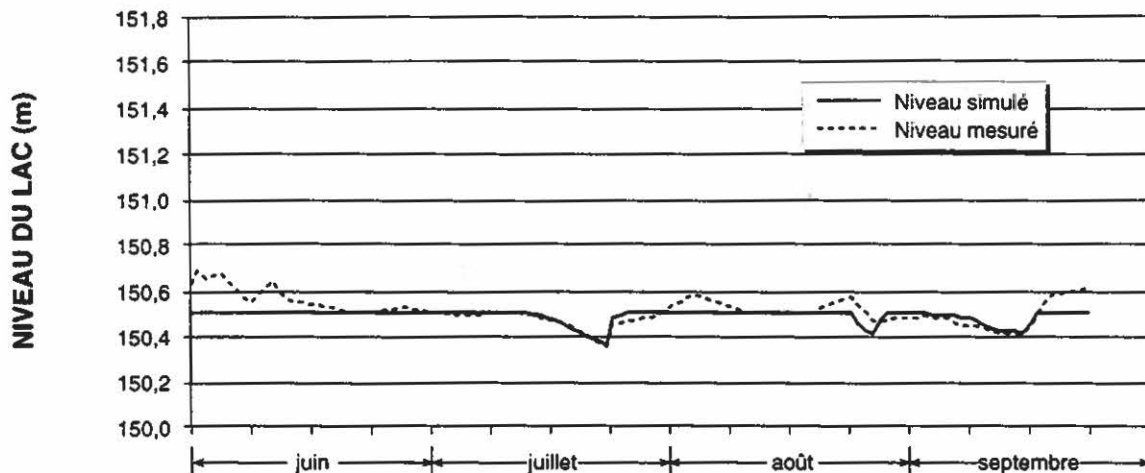
DATE

ANNEXE 5.3I Résultats de simulations de gestion du niveau du lac pour le maintien d'un débit réservé dans la rivière Saint-Charles au cours de l'été 1986 (niveau maximal 151 m; débit réservé 0,9 m<sup>3</sup>/s).



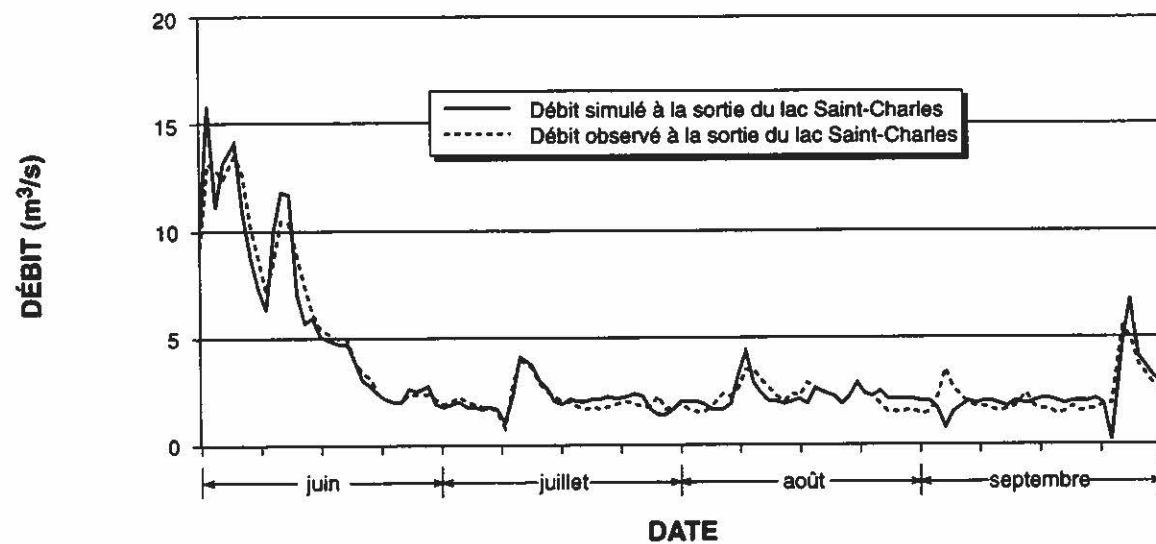
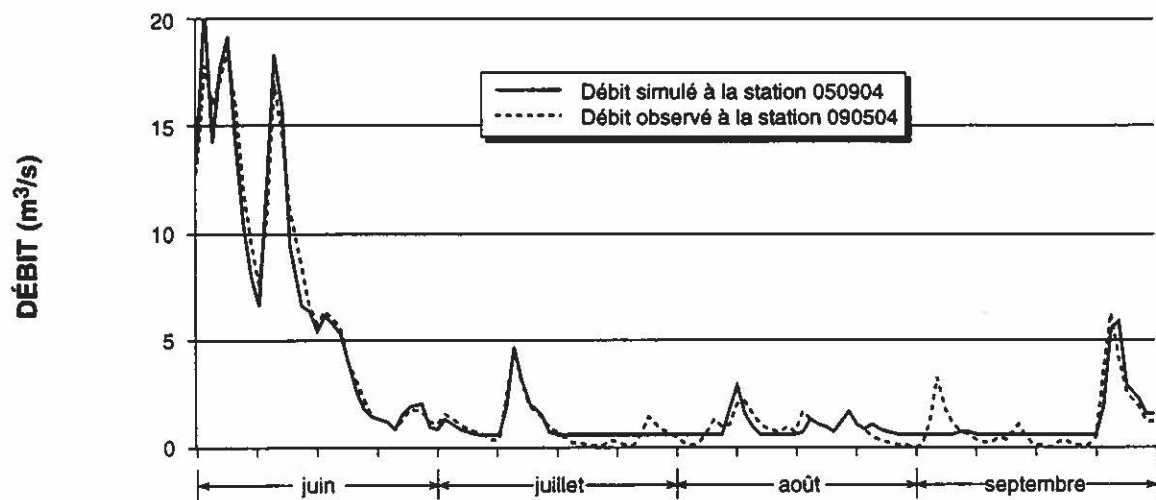
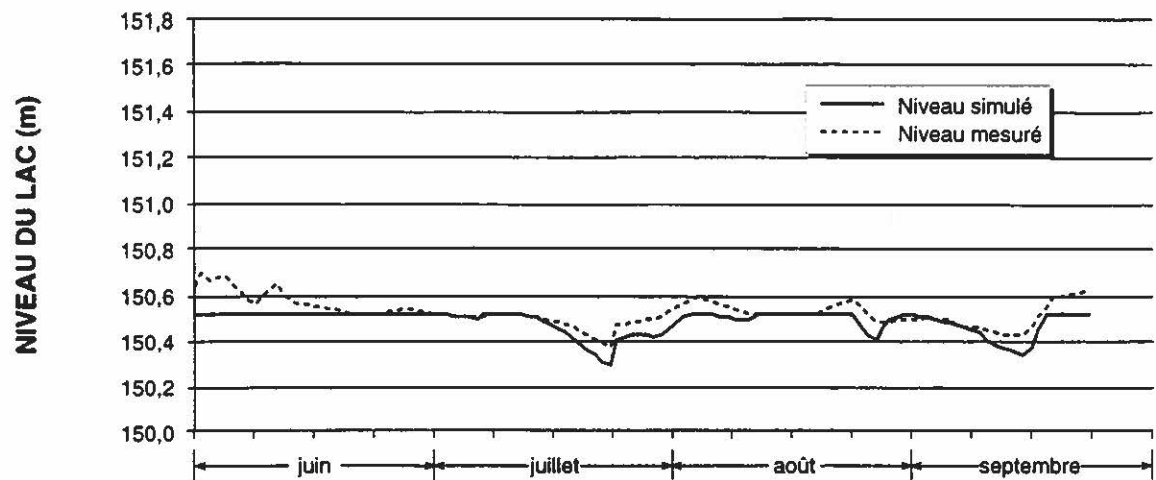
DATE

ANNEXE 5.3m Résultats de simulations de gestion du niveau du lac pour le maintien d'un débit réservé dans la rivière Saint-Charles au cours de l'été 1989 (niveau maximal 150,5 m; débit réservé 0,3 m<sup>3</sup>/s).

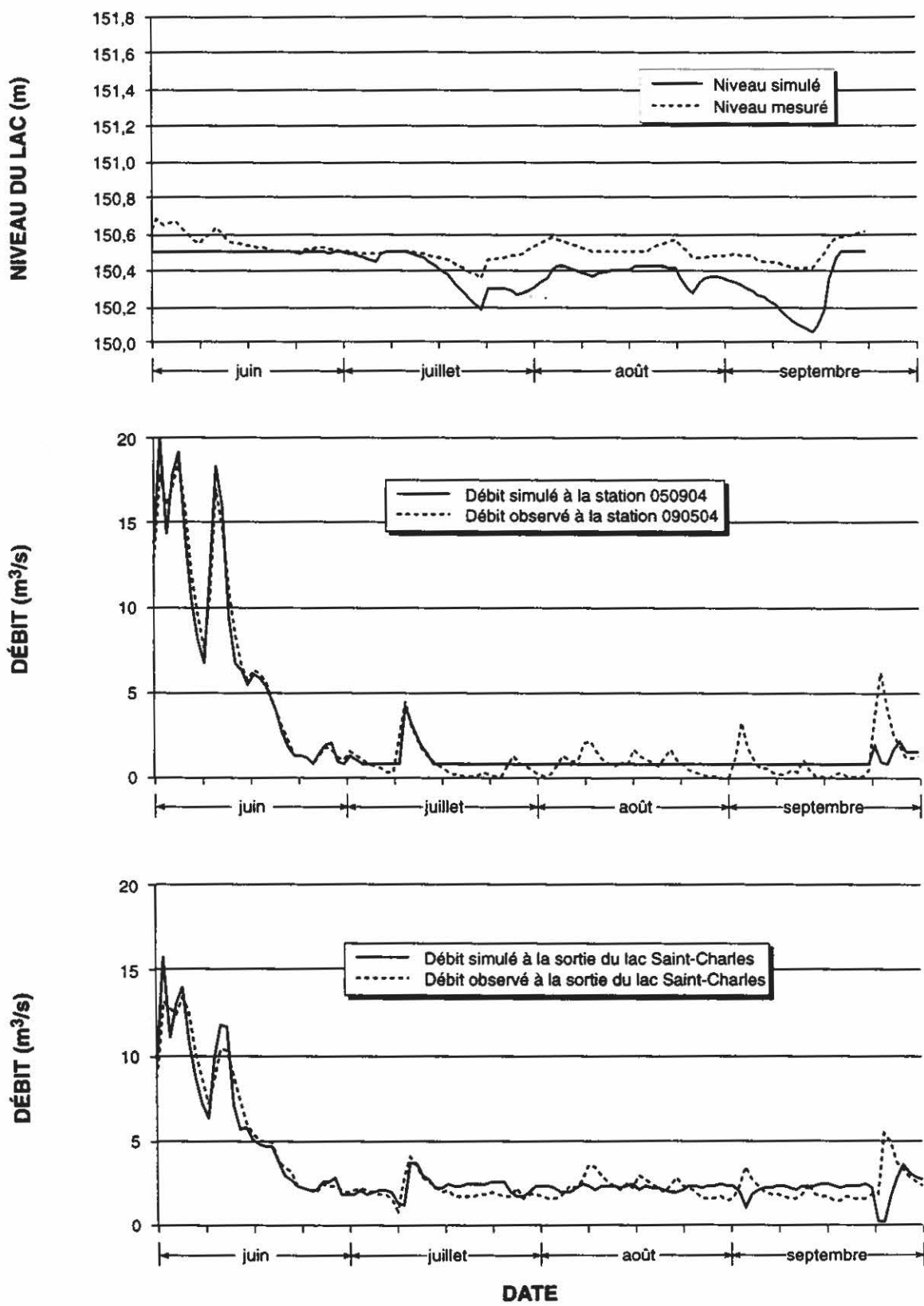


DATE

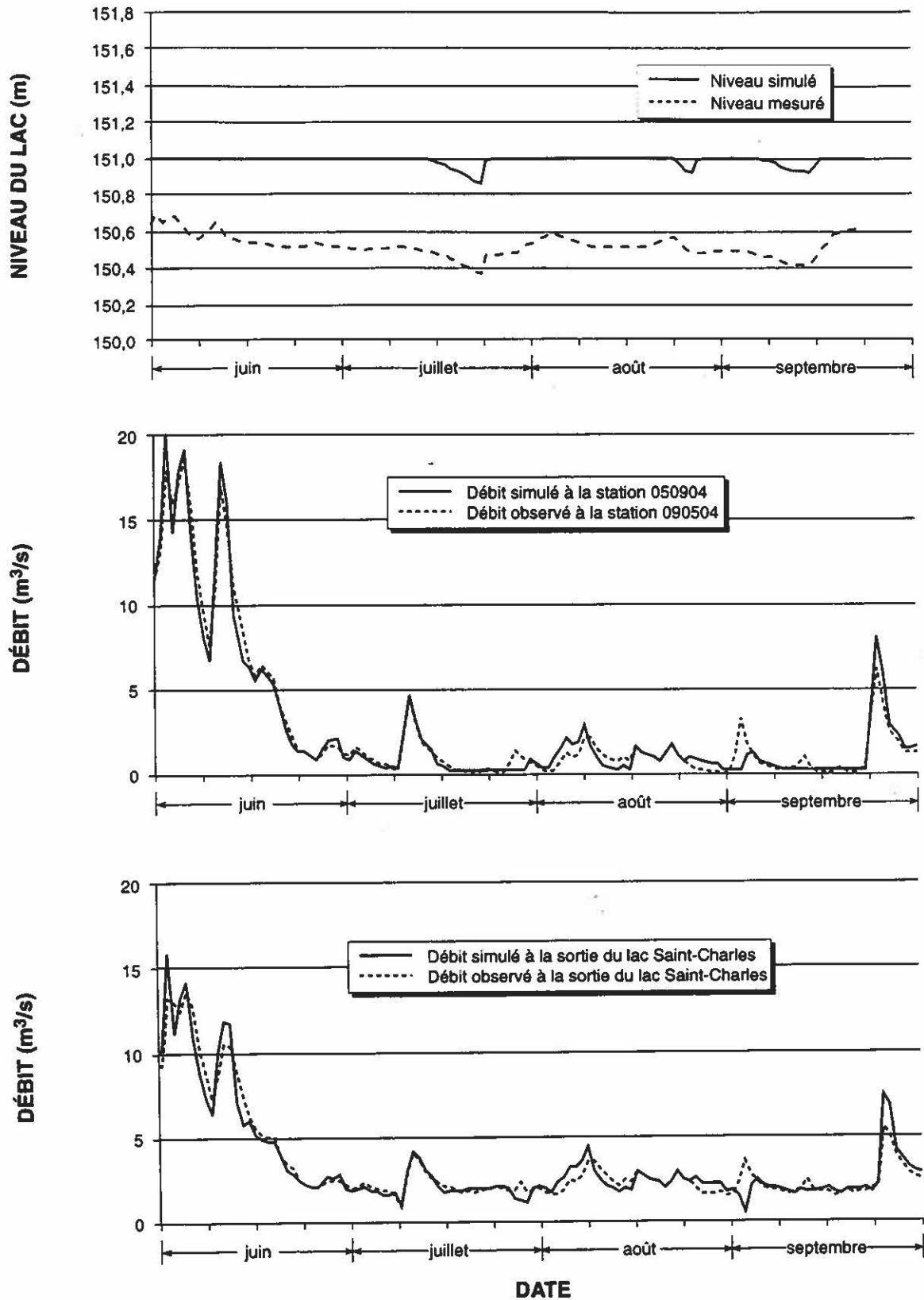
ANNEXE 5.3n Résultats de simulations de gestion du niveau du lac pour le maintien d'un débit réservé dans la rivière Saint-Charles au cours de l'été 1989 (niveau maximal 150,5 m; débit réservé 0,6 m<sup>3</sup>/s).



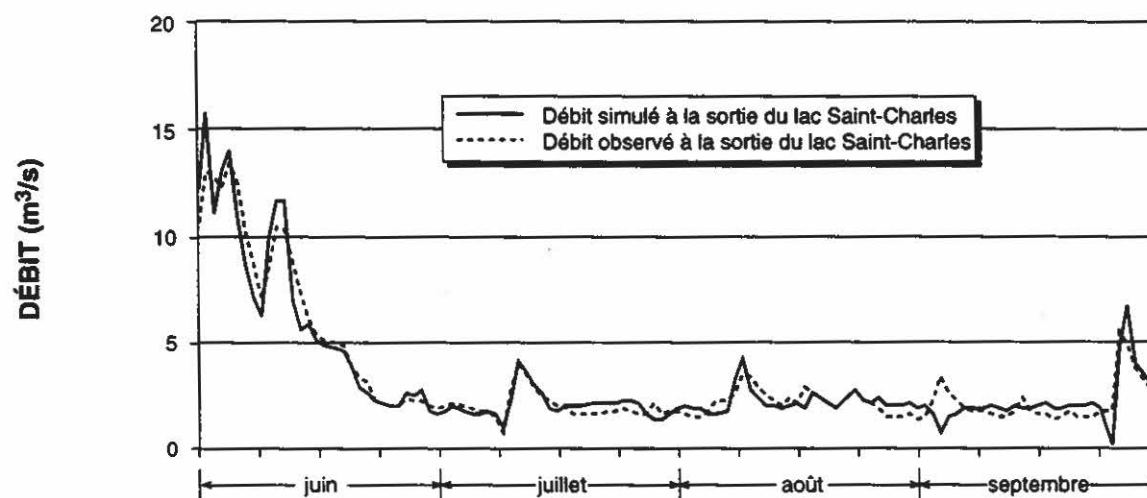
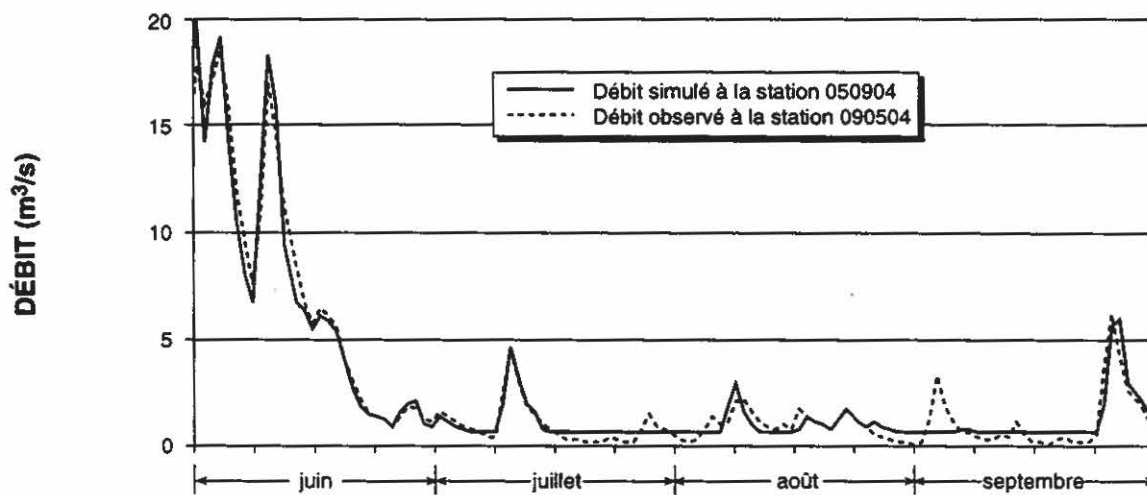
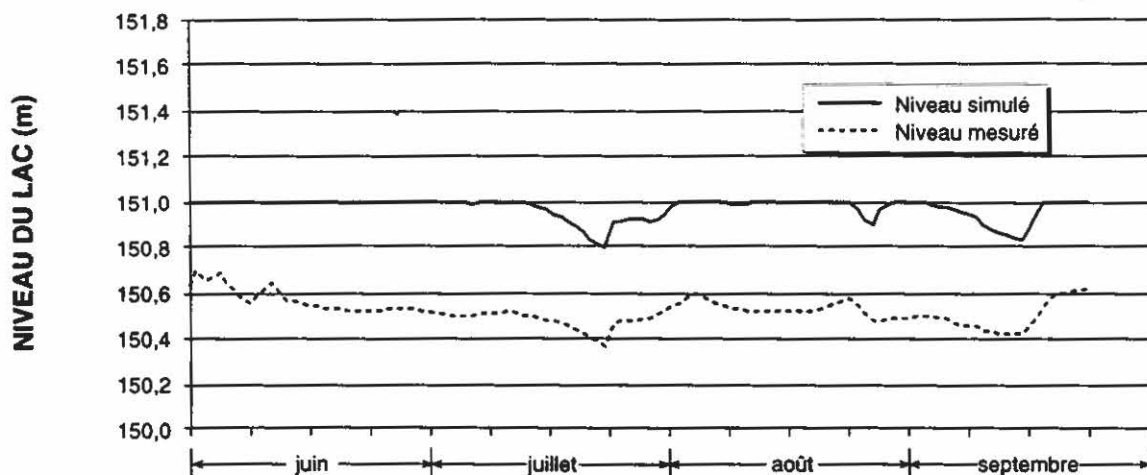
ANNEXE 5.3o Résultats de simulations de gestion du niveau du lac pour le maintien d'un débit réservé dans la rivière Saint-Charles au cours de l'été 1989 (niveau maximal 150,5 m; débit réservé 0,9 m<sup>3</sup>/s).



ANNEXE 5.3p Résultats de simulations de gestion du niveau du lac pour le maintien d'un débit réservé dans la rivière Saint-Charles au cours de l'été 1989 (niveau maximal 151 m; débit réservé 0,3 m<sup>3</sup>/s).

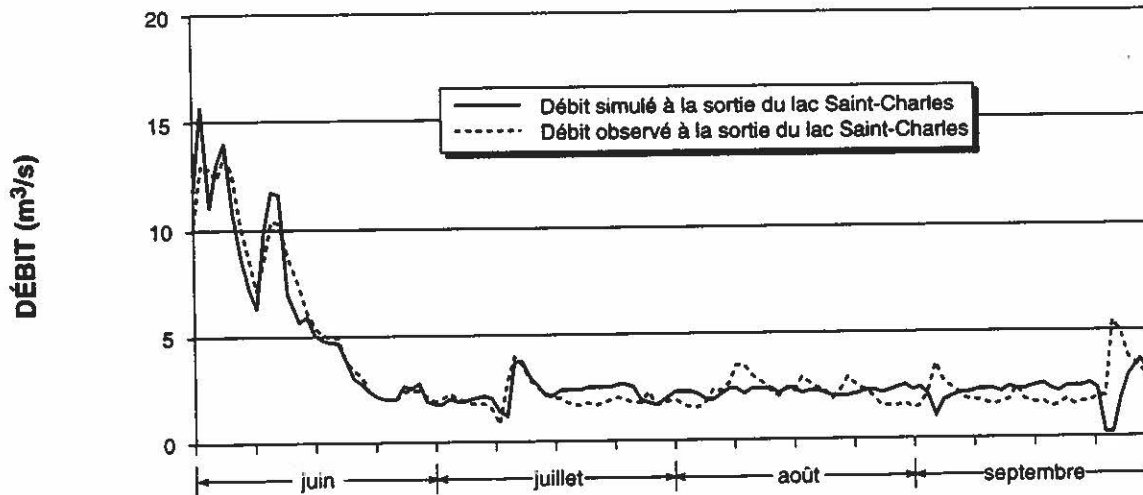
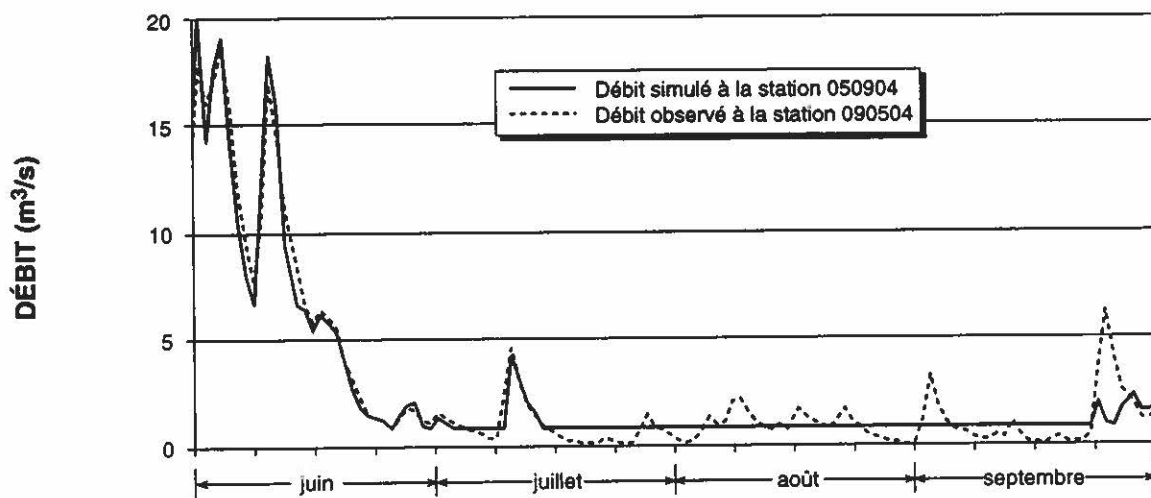
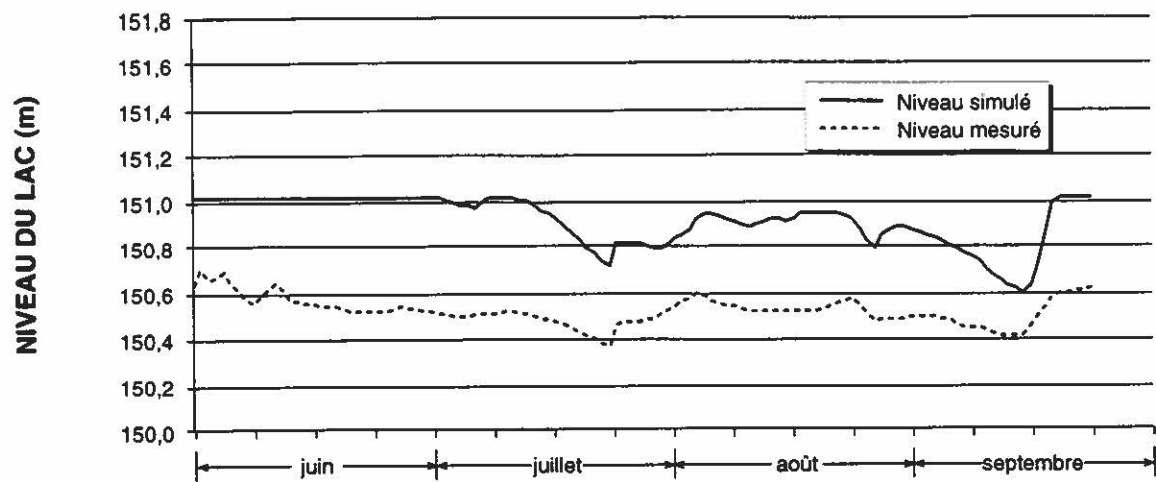


ANNEXE 5.3q Résultats de simulations de gestion du niveau du lac pour le maintien d'un débit réservé dans la rivière Saint-Charles au cours de l'été 1989 (niveau maximal 151 m; débit réservé 0,6 m<sup>3</sup>/s).



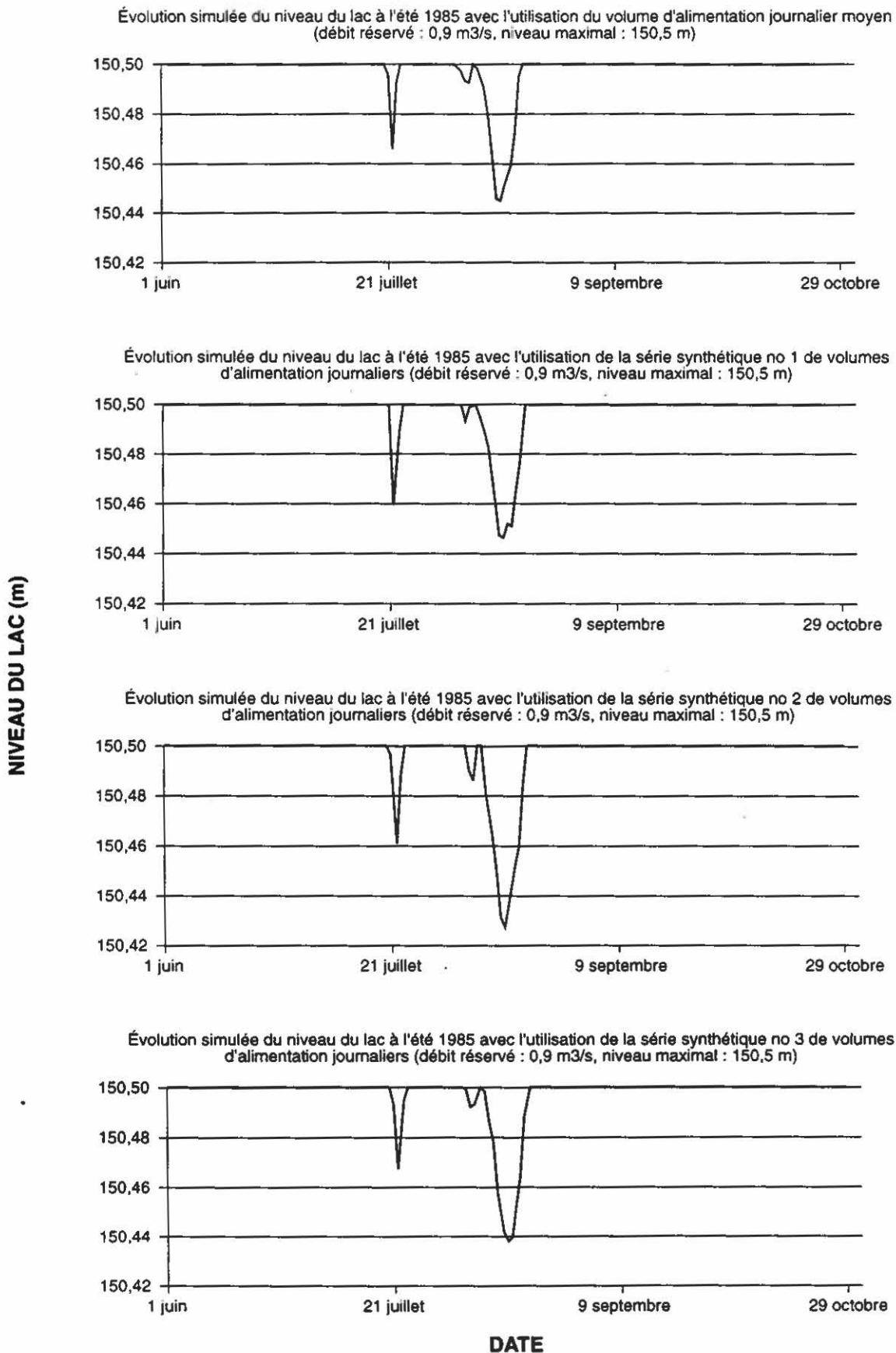
DATE

ANNEXE 5.3r Résultats de simulations de gestion du niveau du lac pour le maintien d'un débit réservé dans la rivière Saint-Charles au cours de l'été 1989 (niveau maximal 151 m; débit réservé 0,9 m<sup>3</sup>/s).



DATE

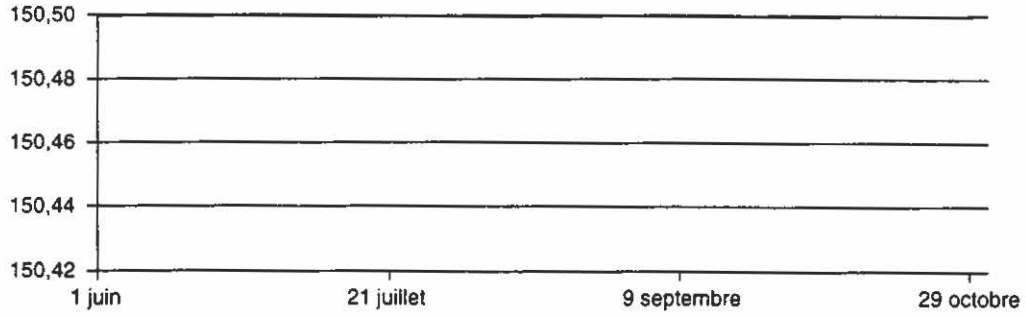
ANNEXE 5.4 Résultats des simulations de type Monte-Carlo pour divers scénarios d'approvisionnement en eau en 1985.



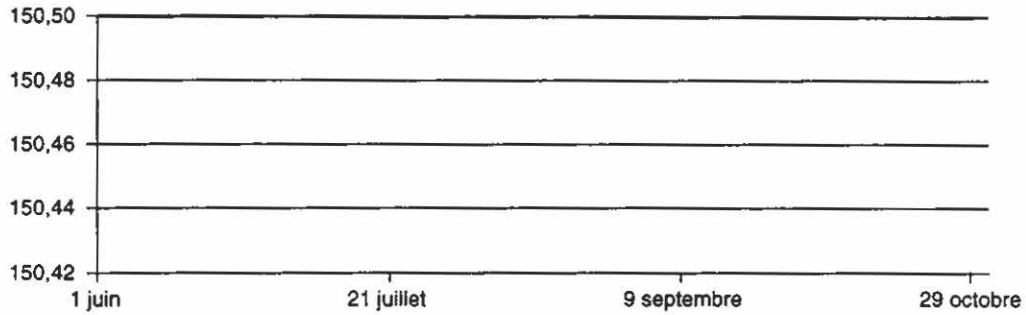
ANNEXE 5.4 (suite) Résultats des simulations de type Monte-Carlo pour divers scénarios d'approvisionnement en eau en 1986.

NIVEAU DU LAC (m)

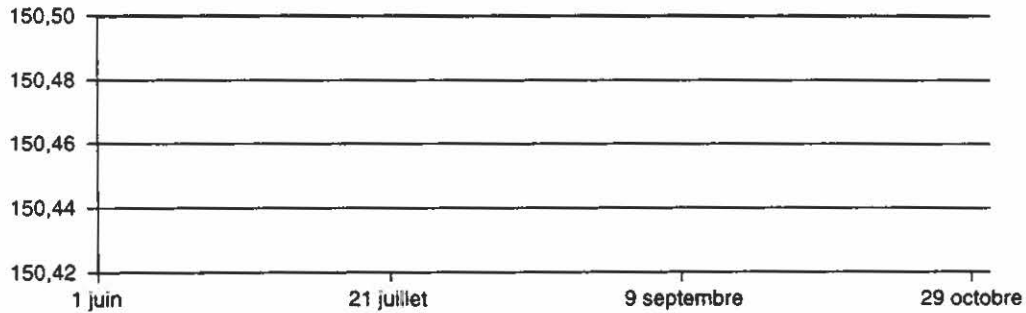
Évolution simulée du niveau du lac à l'été 1986 avec l'utilisation du volume d'alimentation journalier moyen (débit réservé : 0,9 m<sup>3</sup>/s, niveau maximal : 150,5 m)



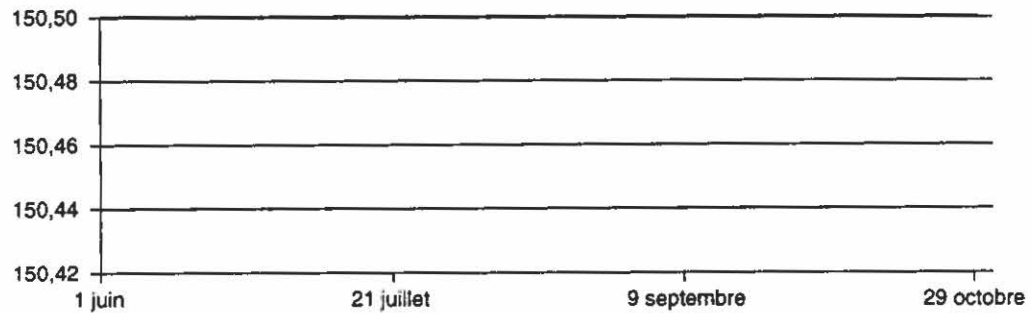
Évolution simulée du niveau du lac à l'été 1986 avec l'utilisation de la série synthétique no 1 de volumes d'alimentation journaliers (débit réservé : 0,9 m<sup>3</sup>/s, niveau maximal : 150,5 m)



Évolution simulée du niveau du lac à l'été 1986 avec l'utilisation de la série synthétique no 2 de volumes d'alimentation journaliers (débit réservé : 0,9 m<sup>3</sup>/s, niveau maximal : 150,5 m)



Évolution simulée du niveau du lac à l'été 1986 avec l'utilisation de la série synthétique no 3 de volumes d'alimentation journaliers (débit réservé : 0,9 m<sup>3</sup>/s, niveau maximal : 150,5 m)

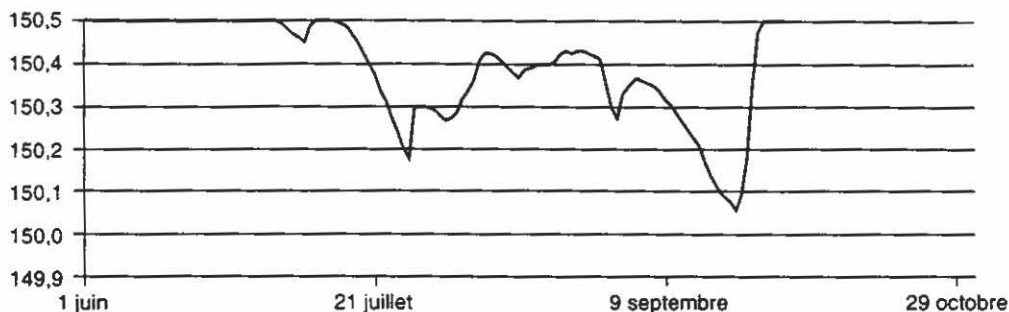


DATE

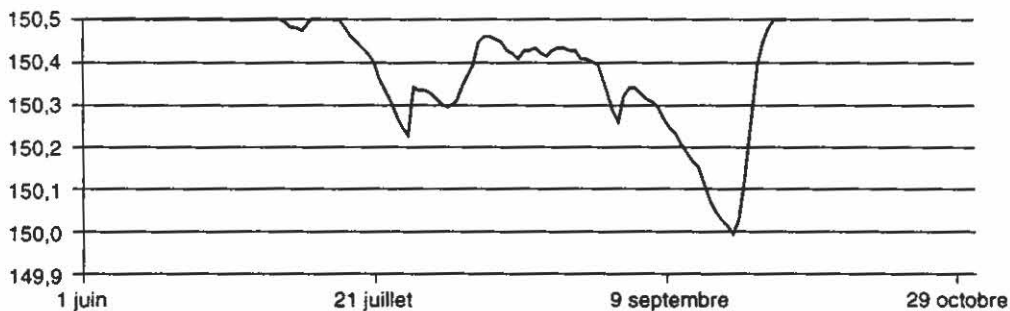
ANNEXE 5.4 (suite) Résultats des simulations de type Monte-Carlo pour divers scénarios d'approvisionnement en eau en 1989.

NIVEAU DU LAC (m)

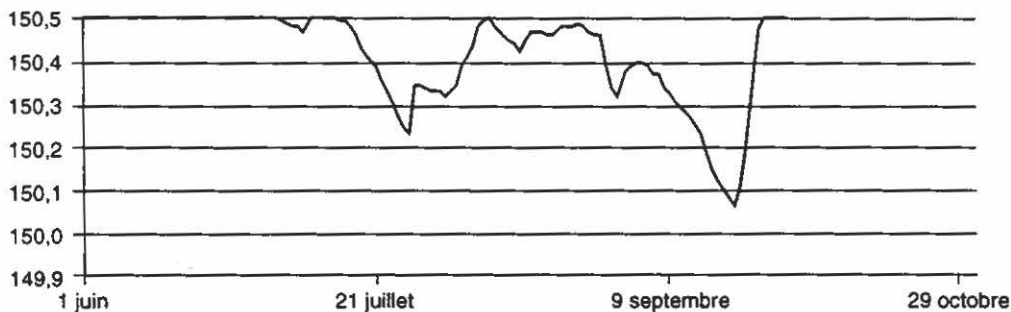
Évolution simulée du niveau du lac à l'été 1989 avec l'utilisation du volume d'alimentation journalier moyen (débit réservé : 0,9 m<sup>3</sup>/s, niveau maximal : 150,5 m)



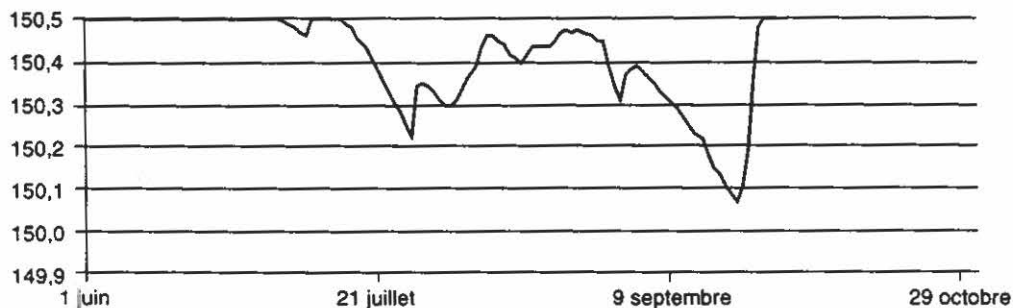
Évolution simulée du niveau du lac à l'été 1989 avec l'utilisation de la série synthétique no 1 de volumes d'alimentation journaliers (débit réservé : 0,9 m<sup>3</sup>/s, niveau maximal : 150,5 m)



Évolution simulée du niveau du lac à l'été 1989 avec l'utilisation de la série synthétique no 2 de volumes d'alimentation journaliers (débit réservé : 0,9 m<sup>3</sup>/s, niveau maximal : 150,5 m)



Évolution simulée du niveau du lac à l'été 1989 avec l'utilisation de la série synthétique no 3 de volumes d'alimentation journaliers (débit réservé : 0,9 m<sup>3</sup>/s, niveau maximal : 150,5 m)



DATE