

Rapport Technique RT-100

**Modélisation de l'habitat de fraie
du grand brochet (*Esox lucius* L.)
à la rivière aux Pins : production
des données de base**

Daniel Rioux et Jean Morin

Mars 2001

Pour fin de citation :

Rioux, D. et J. Morin (2001). Modélisation de l’habitat de fraie du grand brochet (*Esox lucius* L.) à la rivière aux Pins : production des données de base. Rapport technique RT-100, Service météorologique du Canada, Environnement Canada, Sainte-Foy. 29 pages + annexes.

© Ministère des Approvisionnements et Services Canada 2001
N° de catalogue En56-166/2001F
ISBN 0-662-85774-7

ÉQUIPE DE RECHERCHE

Planification et Conception

Alain Armellin¹
Marc Mingelbier²
Jean Morin³
Daniel Rioux³

Rédaction

Daniel Rioux
Jean Morin

Révision

Alain Armellin
Marc Mingelbier
Elisabeth Marceau

Le présent projet est le fruit d'une collaboration fédérale et provinciale regroupant le Centre Saint-Laurent (division Biologie de l'environnement)¹ d'Environnement Canada, la Société de la Faune et des Parcs du Québec (division de la faune aquatique)² et le Service Météorologique du Canada (division Hydrologie)³ d'Environnement Canada.

AVANT-PROPOS

Le Programme Nivodo du Plan d'action Saint-Laurent Vision 2000, vise à évaluer les impacts sur l'écosystème et les usages du Saint-Laurent des variations de niveaux d'eau dues aux changements climatiques et à la régularisation. Ce programme regroupe plusieurs projets provenant du Centre Saint-Laurent, du Service canadien de la faune, du Service météorologique du Canada (Environnement Canada) ainsi que de la Société de la Faune et des Parcs du Québec. Les domaines d'intérêts couvrent une variété de sujets correspondant à différents compartiments de l'écosystème Saint-Laurent. Chaque projet vise à établir des relations entre certaines variables de natures climatique ou physique avec des informations biologiques ou socio-économiques.

La modélisation des relations entre les variables biotiques et abiotiques permet de quantifier et prédire les impacts des variations de niveau d'eau. Pour cela, il est nécessaire de bien comprendre chacune de ces relations ainsi que les variables biotiques et abiotiques qu'elles impliquent. L'intégration des connaissances sur le fleuve et la multidisciplinarité du Programme permettra d'une part, de tenir compte d'un contexte élargi lors de l'interprétation des résultats et, d'autres part, d'augmenter considérablement la compréhension de l'écosystèmes Saint-Laurent.

RÉSUMÉ

La rivière aux Pins est située dans la plaine inondable du fleuve Saint-Laurent à proximité de Boucherville. Durant la crue printanière, une partie plus au moins grande des basses terres situées près de l'embouchure de la rivière est inondée, rendant la rivière accessible aux géniteurs. Le grand brochet fraie tôt au printemps lorsque les conditions du milieu (température, niveau d'eau, végétation, etc.) sont propices.

Afin de préparer la modélisation de l'habitat de fraie, un modèle numérique de terrain a été construit à l'aide de mesures topographiques provenant d'une étude sur les risques d'inondation. Le modèle de terrain a permis de calculer la superficie de rivière inondée pour divers niveaux d'eau caractéristique des crues printanières du fleuve.

Les niveaux d'eau à la rivière aux Pins ont été reconstitués pour la période allant de 1960 à 1998 étant donné l'absence de stations de jaugeage sur la rivière. Pour ce faire, les niveaux ont été interpolés à partir de stations mesurant le niveau du fleuve en amont et en aval de la rivière. L'effet des marées lunaires pour le secteur a été quantifié.

Les températures de l'air présentes à la rivière pour la période à l'étude ont été reconstituées pour la rivière aux Pins, en interpolant les données enregistrées aux stations météorologiques de Saint-Hubert et de Sorel. Ces données ont permis d'estimer les températures de l'eau de la rivière ont été calculées à l'aide d'une équation tenant compte du niveau d'eau journalier et de la température locale de l'air. Cette équation a été obtenue par optimisation avec des données réels mesurées par Massé *et al.* (1988) dans les années 1970. Finalement, l'ensemble de ces données hydrologiques et climatiques ont permis de cibler, à l'aide de critères élaborés par Massé *et al.* (1988), la date de fraie théorique depuis 1960.

TABLE DES MATIÈRES

ÉQUIPE DE RECHERCHE	III
AVANT-PROPOS.....	V
RÉSUMÉ	VII
TABLE DES MATIÈRES.....	IX
LISTE DES FIGURES	XI
LISTE DES TABLEAUX.....	XII
1 INTRODUCTION.....	1
1.1 Problématique	1
1.2 Objectifs du projet.....	1
1.3 Localisation de la rivière aux Pins	2
2 CONSTRUCTION DU MODÈLE DE TERRAIN	5
3 TRAITEMENT DES DONNÉES DE NIVEAUX.....	7
3.1 Niveaux d'eau à la rivière aux Pins.....	7
3.1.1 Méthodologie d'interpolation spatiale des niveaux d'eau de la rivière aux Pins	8
3.1.2 Comparaison avec les niveaux connus	9
3.2 Relation entre le niveau d'eau et la superficie inondée	11
3.2.1 Méthodologie de calcul des superficies inondées	11
3.3 Influence de la marée semi-lunaire	12
4 TRAITEMENT DES DONNÉES DE TEMPÉRATURE	15
4.1 Températures et degrés-jours	15
4.1.1 Température de l'air journalière à la rivière aux Pins	15
4.1.2 Température moyenne journalière de l'eau à la rivière aux Pins.....	17
5 DÉTERMINATION DE LA PÉRIODE DE FRAIE	23
6 CONCLUSIONS	27
7 BIBLIOGRAPHIE.....	29
ANNEXE.....	31
CONSTRUCTION DU MODÈLE DE TERRAIN	31
Localisation des données de topographie de la rivière aux Pins	31
Conversion des fichiers pour intégration à MAPINFO.....	31
Nettoyage des fichiers.....	32
Assignation des cotes pour chacun des éléments graphiques dans MAPINFO	33

Rajout de lignes de niveau pour compenser les manques de données topographiques. ...	34
Conversion des lignes en format « polyline ».....	35
Conversion des fichiers en format .sem et .bth à partir des .mid et .mif afin de les importer dans le logiciel MODELEUR	35
Création du projet dans le MODELEUR.....	36
Importation des fichiers de semis de points et de bathymétrie	36
Obtention des données de végétation.....	37
Modification du fichier .bmp.....	37
Vectorisation du fichier .bmp en format .dxf (AUTOCAD)	37
Conversion du fichier .bmp	37
Ajustement des proportions du fichier obtenu.....	38
Importation du fichier de végétation dans MAPINFO et projection et transformation des coordonnées.....	38
Exportation du fichier en format .mif et .mid et transformation en format .L2 pour importation dans le MODELEUR	38
Importation d'un fichier MAPINFO dans le logiciel ARCVIEW	39

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la rivière aux Pins sur la rive sud de Montréal, à l'est des Îles de Boucherville	3
Figure 2 : Niveau d'eau à la rivière aux Pins (NMM) pour le printemps 1975.....	10
Figure 3 : Niveau d'eau à la rivière aux Pins (NMM) pour le printemps 1976.....	10
Figure 4 : Niveau d'eau à la rivière aux Pins (NMM) pour le printemps 1977.....	11
Figure 5 : Relation entre la superficie de frayère inondée et le niveau d'eau présent à l'embouchure de la rivière aux Pins.....	12
Figure 6 : Influence de la marée semi-lunaire sur les variations du niveau d'eau au printemps de 1975 à la rivière aux Pins. Le trait gras indique la date du pic de fraie selon Massé <i>et al.</i> (1988).....	13
Figure 7 : Influence du cycle lunaire sur les variations du niveau d'eau au printemps de 1976. Le trait gras indique la date du pic de fraie selon Massé <i>et al.</i> (1988).	14
Figure 8 : Influence du cycle lunaire sur les variations du niveau d'eau au printemps de 1977. Le trait gras indique la date du pic de fraie selon Massé <i>et al.</i> (1988).	14
Figure 9 : Moyenne interannuelle de la température moyenne journalière de l'air pour la rivière aux Pins au cours des années 1960 à 1998.	17
Figure 10 : Température moyenne journalière de l'eau calculée en fonction de la température moyenne journalière de l'eau mesurée par Massé <i>et al.</i> (1988) pour le printemps 1975.....	18
Figure 11 : Température moyenne journalière de l'eau calculée en fonction de la température moyenne journalière de l'eau mesurée par Massé <i>et al.</i> (1988) pour le printemps 1976.....	19
Figure 12: Températures moyennes journalières de l'eau obtenues à l'aide de l'équation optimisée comparativement au données mesurées par Massé <i>et al.</i> (1988) pour le printemps 1975.....	20
Figure 13 : Température moyenne journalière de l'eau obtenue à l'aide de l'équation optimisée comparativement aux données mesurées par Massé <i>et al.</i> (1988) pour le printemps 1976.....	21

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Dates théoriques du début de la fraie du grand brochet selon les critères établis par Massé *et al.* (1988) (--- indique que les critères n'ont pas été rencontrés au cours de l'année).....24

1 Introduction

La fraie est une étape critique du cycle vital des poissons. Au cours de cette période les poissons dépensent une grande quantité d'énergie pour produire leur semence. Les conditions abiotiques dans le milieu sont déterminantes pour déclencher la fraie et assurer son succès.

Chaque espèce recherche un habitat de reproduction particulier défini par plusieurs variables physiques telles que la profondeur, la température, la vitesse du courant, la végétation (Lavoie et Talbot 1984). La première espèce de poisson à frayer dans le fleuve Saint-Laurent au printemps est le grand brochet (*Esox lucius* L.). Il se reproduit alors que les niveaux d'eau sont élevés et les températures de l'eau relativement froides. Il recherche les zones peu profondes où l'eau se réchauffe rapidement dans la plaine inondable du fleuve Saint-Laurent (Massé 1974).

Le présent projet a pour objectif d'établir les bases de la modélisation de l'habitat de fraie du grand brochet à la rivière aux Pins, près de Boucherville, afin de quantifier la disponibilité et la qualité des habitats de reproduction du grand brochet en fonction des conditions abiotiques du milieu.

1.1 Problématique

Le grand brochet utilise les zones peu profondes de la plaine inondable du fleuve Saint-Laurent pour frayer. Il dépose ses œufs dans des endroits couverts de végétation terrestre submergée généralement présente en grande quantité sur la frange supérieure de la plaine d'inondation (Vallières et Fortin 1988 ; Raat 1988). L'altération des cycles printaniers d'inondation pourrait modifier l'accès à cette frange de la plaine inondable et menacer la reproduction du grand brochet. Il est donc important pour protéger les frayères du grand brochet, de connaître les conditions optimales de reproduction de cette espèce dans plusieurs secteurs du Saint-Laurent. Les préférences d'habitat de reproduction mesurées à la rivière aux Pins couplées à la modélisation physique du fleuve et de la rivière, permettent de prédire pour plusieurs scénarios hydrologiques, la répartition spatiale du potentiel d'habitat de reproduction du grand brochet dans cette région du Saint-Laurent.

1.2 Objectifs du projet

Les objectifs du présent document sont 1) de construire un modèle de terrain à haute définition (topographie) de la rivière aux Pins, afin de déterminer les superficies inondées durant la crue, en fonction des débits du fleuve, 2) de reconstituer les conditions de température de l'eau pour le secteur et 3) de calculer les dates probables de début de fraie depuis 1960.

Plusieurs étapes préliminaires sont requises :

- intégration au modèle de terrain des cartes topographiques détaillées sur des secteurs de la rivière aux Pins et des îles de Boucherville ;
- production d'une série de niveaux et de débits du printemps (avril, mai et juin) depuis 1960 aux stations à l'amont et à l'aval permettant de reconstituer les niveaux à la rivière aux Pins ;
- production d'une relation entre le niveau d'eau (débit) et la surface inondée sur la rivière aux Pins ;
- production de la série de températures de l'air et de degrés-jours depuis 1960 pour le secteur ;

Le lecteur trouvera en annexe de ce rapport, une description pas à pas de ce qui a été fait afin de réaliser les diverses étapes mentionnées ci-dessus.

1.3 Localisation de la rivière aux Pins

La rivière aux Pins est un petit affluent du Saint-Laurent, situé sur la rive sud du fleuve, qui traverse la ville de Boucherville. La plaine d'inondation de la rivière couvre 150 hectares de zones majoritairement inondées (récurrence 20 ans), essentielles à la reproduction du grand brochet et à d'autres espèces de poissons.

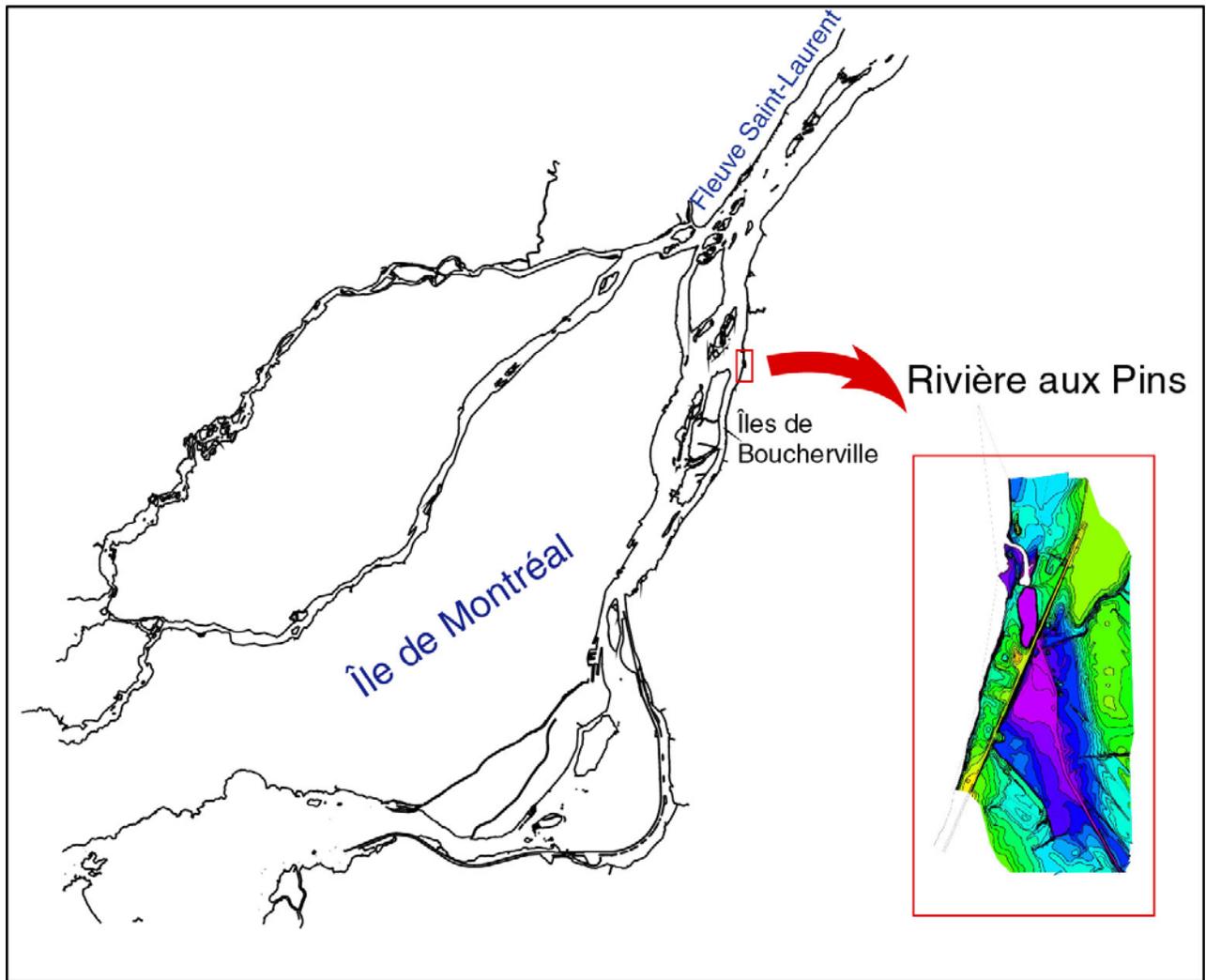


Figure 1: Localisation de la rivière aux Pins sur la rive sud de Montréal, à l'est des Îles de Boucherville

2 Construction du modèle de terrain

Le modèle de terrain contient l'information spatiale concernant la forme du terrain (topométrie). Le modèle de terrain de la rivière aux Pins a été effectué à l'aide de cartes numériques au 1:5000, de risques d'inondation de la région de Boucherville. Ces cartes ont été construites à partir de photographies aériennes datant de 1994. L'information topographique est présentes dans les cartes sous la forme d'isolignes. Comme les points de topographie extraits des isolignes génèrent des erreurs importantes lors de l'interpolation, un travail fastidieux de génération de points intermédiaires a été effectué. Ce travail a été fait dans un système d'information géographique (MapInfo) et dans le MODELEUR (Secretan et Leclerc 1998). Ce dernier permet de visualiser les données sous formes d'isosurfaces (voir Planche en annexe) en plus de faciliter les manipulations numériques sur celles-ci. Le travail de construction du modèle de terrain permet de s'assurer que les superficies inondées sont calculées avec une précision satisfaisante (voir section 3.2). Les étapes de construction du modèle comprennent un ensemble de manipulations techniques décrites en annexe.

3 Traitement des données de niveaux

La reconstitutions des niveau d'eau à la rivière aux Pins doit se faire à partir de données provenant de stations à proximité, puisqu'il n'existe pas de stations hydrométriques locale. De plus afin de déterminer une relation grossière entre les débits et le niveau local, les débits doivent être connus. Lors des crues printanières, le niveau d'eau de la frayère de la rivière aux Pins est en partie contrôlé par le débit du fleuve. Les débits qui s'écoulent dans le fleuve à cet endroit sont comparables à ceux mesurés à la station hydrométrique de LaSalle (voir Planche en annexe).

3.1 Niveaux d'eau à la rivière aux Pins

Les stations qui ont permis d'obtenir les cotes de niveaux d'eau à la rivière aux Pins sont les stations de Pointe-aux-Trembles, Varennes et Frontenac. La première station est située sur l'île de Montréal, au nord des îles de Boucherville. La deuxième station est située sur la rive sud du fleuve, en aval de la rivière aux Pins, et la troisième se situe au sud de Montréal, face à la ville de Longueuil. Les niveaux d'eau mesurés à ces stations sont ici considérés valides d'une rive à l'autre du fleuve. Ceux-ci ont permis d'interpoler les niveaux d'eau à l'embouchure de la rivière aux Pins.

Les données provenant de la station Pointe-aux-Trembles (Long. -73.4911 degrés; Lat. 45.6322 degrés) sont disponibles de 1961 à 1997. La correction pour le zéro des cartes est de -5.049 m et les niveaux sont exprimés selon le système de référence des Grands Lacs (RIGL85 ou IGLD85). Pour le niveau moyen des mers (NMM), la valeur de correction est de $+0.011$ m.

À la station de Varennes (Long. -73.4439 degrés; Lat. 45.6847 degrés), les données sont disponibles pour les années 1960 à 1998. Toutefois, des séries de données manquent pour des périodes variant entre quelques jours et quelques semaines. La correction pour le zéro des cartes est de -4.836 m et le NMM, de $+0.037$ m.

À la station de Frontenac (Long. -73.5428 degrés; Lat. 45.5286 degrés), les données sont disponibles entre 1960 et 1998, avec quelques journées ou périodes manquantes dans la série. La cote de correction pour le zéro des cartes est de -5.349 m et celle du NMM est de $+0.006$ m.

3.1.1 Méthodologie d'interpolation spatiale des niveaux d'eau de la rivière aux Pins

Toutes les mesures de niveaux à la rivière aux Pins ont été reconstitués à l'aide de méthodes différentes, utilisées selon les données disponibles aux stations. La principale méthode utilisée (méthode 1) consiste en une interpolation spatiale entre les niveaux des stations de Pointe-aux-Trembles et de Varennes, qui sont les deux stations les plus rapprochées de la rivière aux Pins. Les deux stations sont séparées par une distance de 7.4 km et elles sont respectivement éloignées de la rivière aux Pins de 3.1 et 4.3 km. Il est à noter qu'en dehors des périodes de terrain, Massé *et al.* (1988) ont utilisé directement les niveaux donnés par la station de Pointe-aux-Trembles comme étant ceux à l'embouchure de la rivière aux Pins. La méthode 1 convenait pour 82% des niveaux recréés lorsque les niveaux d'eau pour les deux stations étaient présents. L'erreur induite par cette méthode sur les niveaux d'eau est de ± 2 cm. Toutefois, si l'un des niveaux est absent, une deuxième méthode est utilisée.

La deuxième méthode (méthode 2) consiste à interpoler entre un niveau connu et une moyenne interannuelle des différences de niveau entre ces deux stations pour les années 1960-1998. Par exemple, si le niveau à la station de Pointe-aux-Trembles est manquant, on utilise le niveau de la station de Varennes ainsi que la moyenne interannuelle de la différence de niveaux entre les deux stations pour cette date. Comme le niveau se comporte sensiblement de la même façon à chaque année, une moyenne interannuelle journalière des différences demeure assez proche des différences réelles observées entre les niveaux. La méthode 2 a été utilisée pour 5% des niveaux reconstitués, à cause de l'absence du niveau de la station de Varennes, et pour 11% des niveaux calculés lorsque le niveau de la station de Pointe-aux-Trembles était absent. Les erreurs sur les niveaux d'eau pour ces deux méthodes ont été évaluées à ± 5 cm et ± 7 cm, respectivement.

Finalement, dans les cas où les niveaux des stations Pointe-aux-Trembles et Varennes étaient absents simultanément, la station de Frontenac a été utilisée pour estimer le niveau à Varennes (méthode 3). Pour ce faire, la moyenne interannuelle journalière entre 1960 à 1998, des différences de niveaux entre la station de Frontenac et celle de Varennes a été calculée. Le niveau à Varennes est estimé en ajoutant cette différence moyenne interannuelle journalière au niveau de la station de Frontenac. Le niveau à la rivière aux Pins est ensuite estimé en utilisant la méthode 1, soit une simple interpolation. La méthode 3 a été utilisée pour 3% des niveaux calculés et son erreur est évaluée à ± 10 cm.

3.1.2 Comparaison avec les niveaux connus

Dans l'ouvrage de Massé *et al.* (1988), des mesures du niveau local sont présentées pour les printemps de 1975, 1976 et 1977. Comme les données originales de Massé *et al.* (1988) sont disponibles seulement sous forme graphique difficile à lire, elles ne sont pas présentées ici. Cependant les figures 2, 3 et 4 présentés ici, montrent les niveaux reconstitués durant la même période que celle présentée dans les graphiques de Massé *et al.* (1988). Le lecteur curieux pourra s'y référer et y constater la similitude entre les prédictions et les mesures. Massé *et al.* (1988) mentionnent des dates et les niveaux correspondants sur des photos de la rivière, présentées en annexe de leur ouvrage. Par exemple, en 1974, Massé *et al.* (1988) indiquent que le 28 avril, le 31 mai et le 5 juin, des cotes de 7.8 m, 8.1 m et 7.8 m ont été mesurées. Dans la série temporelle reconstituée, on trouve pour ces trois mêmes jours, des valeurs de 7.86 m, 8.12 m et 7.83 m. L'erreur maximale est donc de 6 cm, ce qui constitue une reconstitution satisfaisante du niveau d'eau dans le contexte actuel. En 1976, Massé *et al.* (1988) indiquent que le 3 avril, le 7 avril, le 9 avril, le 24 avril et le 6 mai, les cotes ont été respectivement de 9.36 m, 8.8 m, 8.4 m, 7.9 m et 7.3 m (pour cette dernière valeur, la cote est de 7.3 m en aval de la frayère, mais elle est de 8.3 m dans la frayère à cause de la régularisation des niveaux par un barrage). Dans la série reconstituée, on trouve pour les mêmes périodes, des valeurs de 9.30 m, 8.78 m, 8.41 m, 7.91 m et 7.28 m. Encore une fois, l'erreur maximale est de 6 cm. Massé *et al.* (1988) indiquent aussi certaines cotes incohérentes pour plusieurs dates. Par exemple, ils mentionnent une cote de 7.6 m sur une photographie prise le 6 mai 1976 alors que sur une autre photo prise à la même date, les cotes de 7.3 m (en aval de la frayère) et 8.3 m (dans la frayère régularisée) sont mentionnées. Le 21 juin 1976, une cote de 5.9 m est indiquée alors que sur la courbe présentée dans leur ouvrage, le niveau d'eau du 21 juin 1976 est clairement située entre 6.0 et 6.5 m. Ce problème est rencontré pour mesure de niveau et dans tous les cas, la valeur de la courbe est semblable à celle obtenue avec les niveaux reconstitués alors que celle indiquée sur la photo, est soit erronée, ou bien représente un niveau régularisé. Finalement, les cotes de récurrence de 2, 5, 20 et 100 ans mentionnées par Massé *et al.* (1988) sont de 8.14 m, 8.64 m, 9.08 m et 9.42 m.

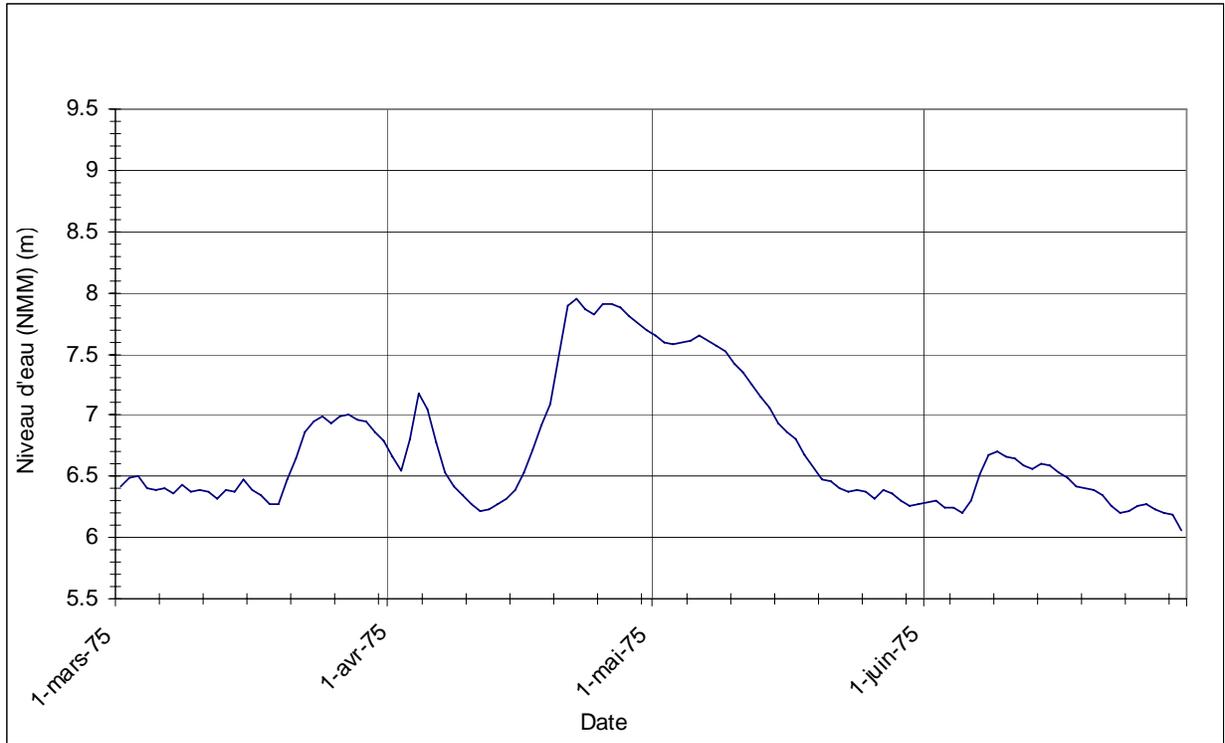


Figure 2 : Niveau d'eau à la rivière aux Pins (NMM) pour le printemps 1975.

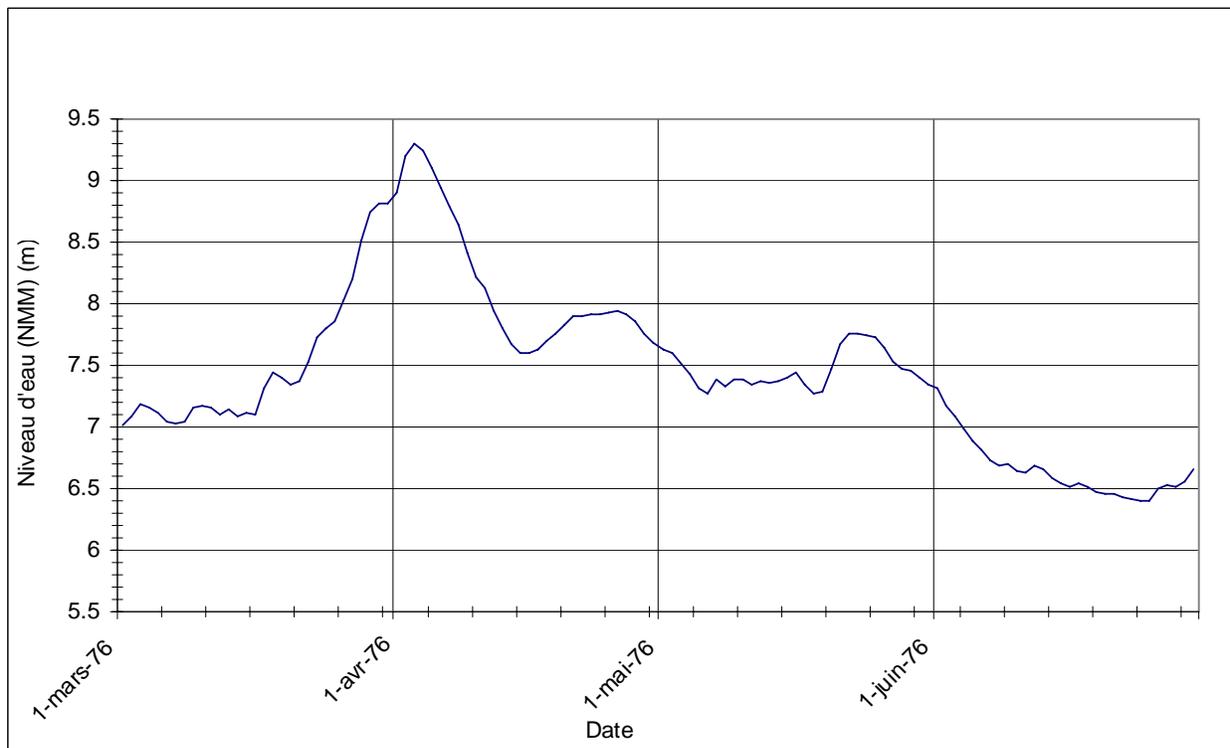


Figure 3 : Niveau d'eau à la rivière aux Pins (NMM) pour le printemps 1976.

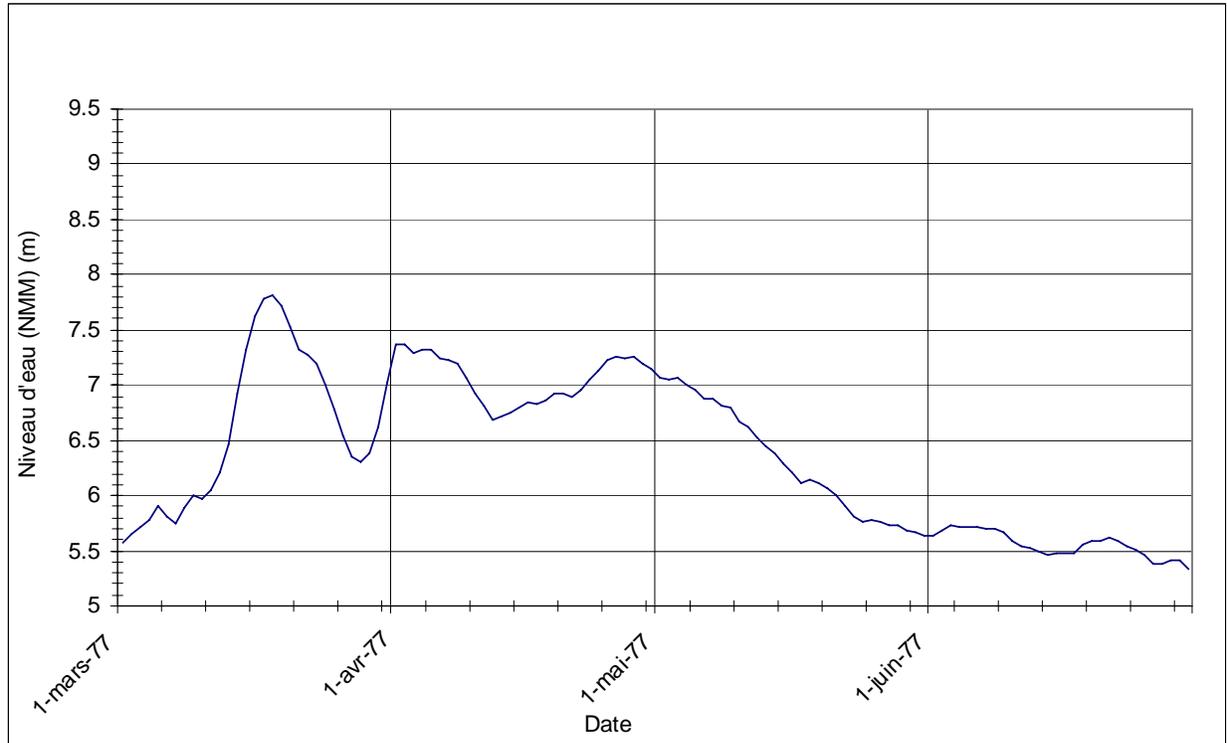


Figure 4 : Niveau d'eau à la rivière aux Pins (NMM) pour le printemps 1977.

3.2 Relation entre le niveau d'eau et la superficie inondée

La rivière aux Pins déborde dans sa plaine inondable lorsque la cote de 7.2 m est atteinte. Massé *et al.* (1988) ont estimé, à l'aide de photographies aériennes, les superficies couvertes par la rivière en crue. Dans leur ouvrage, les auteurs indiquent que la surface inondée est de 8.4 ha lorsque le niveau est de 7.2 m. Ils mentionnent également les valeurs suivantes : 24.9 ha à 7.7 m, 35.4 ha à 7.92 m, 38.0 ha lorsque le niveau atteint 8.0 m et 56.0 ha lorsqu'il est de 8.5 m. Toutefois, ces valeurs ne peuvent être comparées à celles obtenues dans le présent projet puisque les remplissages du secteur ouest ont modifié la topographie de la frayère. Il est à noter aussi que les évaluations de Massé *et al.* (1988) ont été effectuées à partir de photographies aériennes, tandis que celles du présent rapport ont été mesurées à partir d'un modèle numérique de terrain orthorectifié, plus précis.

3.2.1 Méthodologie de calcul des superficies inondées

Le calcul des superficies de frayères inondées a été effectué à partir du modèle numérique de terrain. À l'aide du maillage aux éléments finis couvrant la zone d'intérêt, le logiciel MODELEUR

permet de mesurer les surfaces à certaines cotes d'inondation. Plus la taille des éléments est petite, plus le calcul de surface inondée sera précis. Dans le cas de la rivière aux Pins, les mailles ont une taille moyenne d'environ 5 m. Le calcul des superficies a été effectué avec un pas vertical de 0.20 m entre 7.00 et 9.40 m. La courbe résultante est présentée à la figure 5.

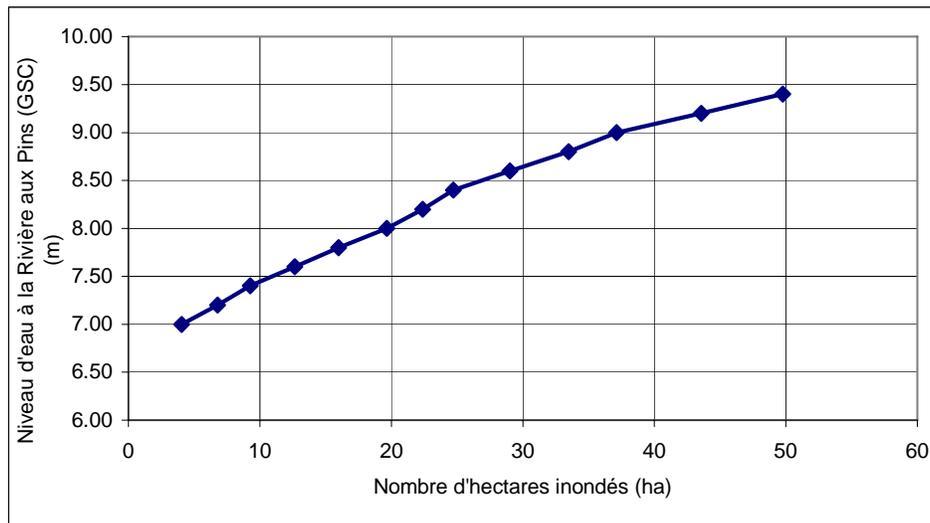


Figure 5 : Relation entre la superficie de frayère inondée et le niveau d'eau présent à l'embouchure de la rivière aux Pins.

3.3 Influence de la marée semi-lunaire

La marée semi-lunaire correspond au cycle de rotation de la lune autour de la terre. Comme la lune s'aligne deux fois par mois avec l'axe soleil-terre, on parle alors de signal semi-lunaire de la marée ; ce signal possède une période de 14 jours. Dans le secteur à l'étude, le signal de marée lié à la lune a une amplitude de l'ordre de 0.25 m. Cette amplitude n'est pas négligeable car la pente de la plaine alluviale est relativement faible (quelques mètres entre Montréal et Rimouski). Il est vraisemblable que les variations aient une influence à la fois sur l'accès aux frayères et sur la période de fraie.

L'influence du cycle de 14 jours peut être sommairement décrite en traitant la série des niveaux à l'aide d'une moyenne mobile de 14 jours. La série ainsi obtenue doit être soustraite de la série des niveaux journaliers pour filtrer le signal de marée. Cette procédure a été appliquée aux trois années pour lesquelles les échantillonnages de poisson disponibles ont permis de déterminer le pic de fraie, soit les années 1975, 1976 et 1977. Les résultats sont présentés aux figures 6, 7 et 8,

et montrent l'évolution du signal de marée semi-lunaire durant les périodes de fraie du grand brochet. Le trait gras indique la date du pic de fraie telle que déterminée par Massé *et al.* (1988).

Les trois séries montrent des résultats similaires, les trois périodes de fraie correspondant à de fortes amplitudes du signal de marée semi-lunaire. Les trois pics se retrouvent à la suite d'une chute importante du signal de marée. La chute du signal de marée se traduit physiquement par une augmentation des débits et des vitesses dans le fleuve ainsi que par un appel d'eau dans les tributaires. Cette question devrait être analysée plus en détails, à l'aide notamment des données journalières de montaison pour ces trois années et de celles du printemps 2000.

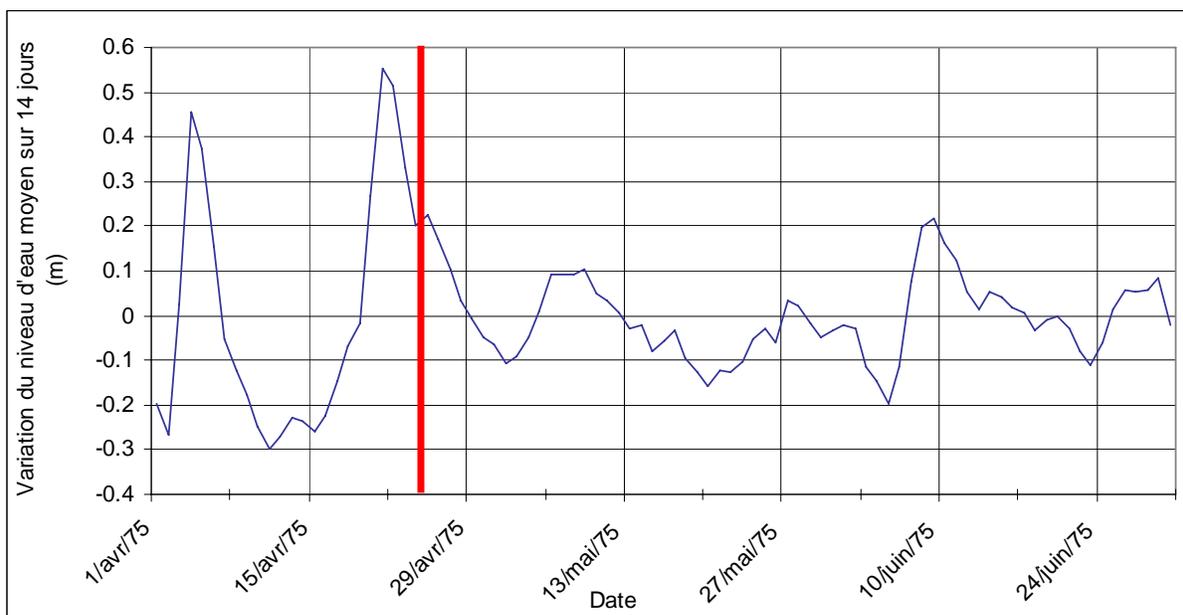


Figure 6 : Influence de la marée semi-lunaire sur les variations du niveau d'eau au printemps de 1975 à la rivière aux Pins. Le trait gras indique la date du pic de fraie selon Massé *et al.* (1988).

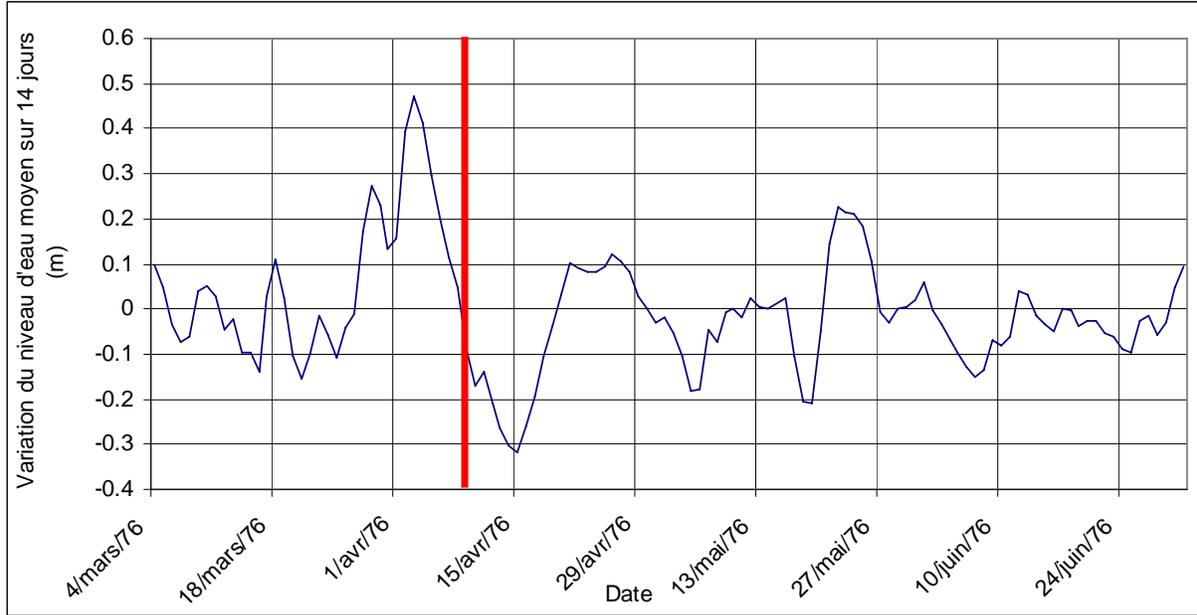


Figure 7 : Influence du cycle lunaire sur les variations du niveau d'eau au printemps de 1976. Le trait gras indique la date du pic de fraie selon Massé *et al.* (1988).

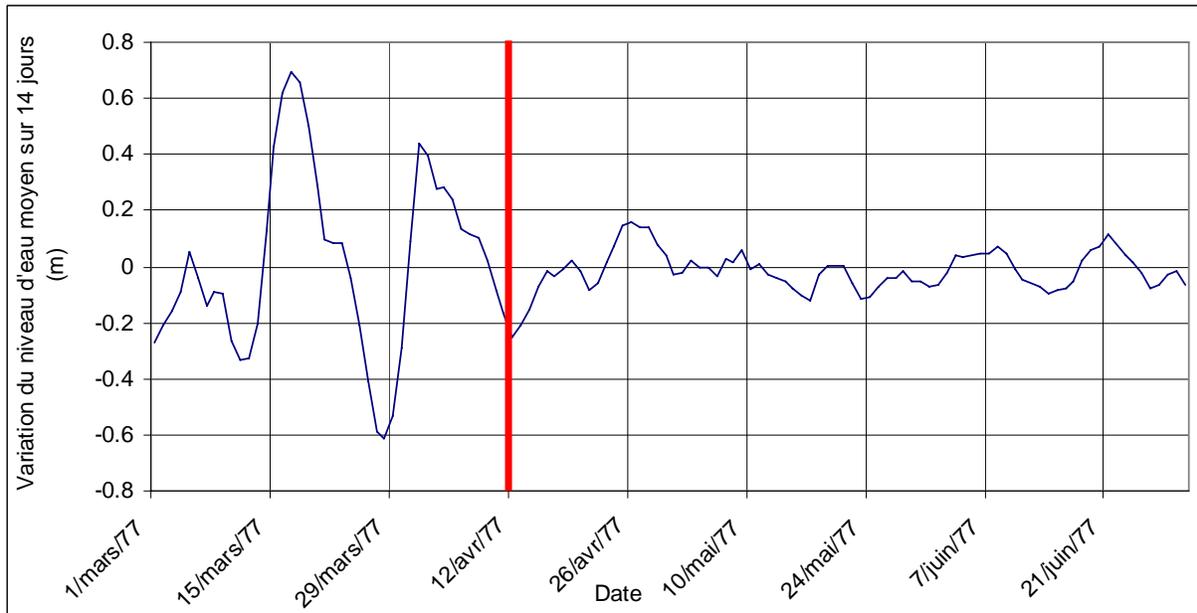


Figure 8 : Influence du cycle lunaire sur les variations du niveau d'eau au printemps de 1977. Le trait gras indique la date du pic de fraie selon Massé *et al.* (1988).

4 Traitement des données de température

4.1 Températures et degrés-jours

La température de l'eau est la variable la plus importante de la détermination du début de la montaison du grand brochet ainsi que sur le taux de survie des œufs. Le grand brochet se reproduit dès que l'eau atteint 8-10°C. La température de l'eau est critique pour le déclenchement de la fraie et la durée d'incubation des œufs. Si la température retombe en deçà du seuil critique, le grand brochet cesse de se reproduire jusqu'à ce qu'elle augmente à nouveau.

Les variables permettant de fournir un indice du succès reproducteur sont la température moyenne journalière de l'eau ainsi que le nombre de degrés-jours (nombre de degré supérieurs à 5°C dans une journée). Les températures de l'eau peuvent être calculées à l'aide d'une relation mathématique optimisée à partir des températures moyennes de l'air et du niveau de l'eau pour le secteur de la rivière aux Pins.

4.1.1 Température de l'air journalière à la rivière aux Pins

Les stations météorologiques les plus proches de la rivière aux Pins sont celles de Sorel et de Saint-Hubert, séparées par une distance de 68 km. La rivière aux Pins est située entre les deux, à 17 km de Saint-Hubert. Ces deux stations ont permis d'interpoler la température de l'air à la rivière aux Pins entre 1960 et 1998.

La station météorologique de Sorel fournit des valeurs journalières de température depuis 1914. Il existe toutefois des séries de données manquantes allant de quelques jours à quelques mois. Une deuxième station est nécessaire afin de combler ces manques et reconstituer une série chronologique de température complète pour la rivière aux Pins. La station de Saint-Hubert est située sur la rive sud de Montréal à l'est de la ville de Longueuil. Cette station fournit des données météorologiques depuis 1928. Pour les années 1960 à 1998, la série de température ne compte que quelques valeurs manquantes ce qui en fait une station appropriée pour interpoler nos données de température de l'air pour la rivière aux Pins.

L'interpolation des données de la rivière aux Pins a été effectuée à l'aide de six méthodes différentes variant en fonction des stations aux données manquantes. La méthode 1 est utilisée dans 91% des cas, et est celle où les données de températures de l'air sont présentes pour les

deux stations pour une journée donnée. Dans ce cas, le calcul est basé sur une interpolation spatiale directe (méthode 1):

$$[1] \quad T_{Riv} = T_{SH} - ((D_{SH-Riv} / D_{SH-So}) * E_{SH-So}$$

avec

T_{Riv}	=	Température de l'air à la rivière aux Pins (°C)
T_{SH}	=	Température de l'air à la station de Saint-Hubert (°C)
T_{So}	=	Température de l'air à la station de Sorel (°C)
D_{SH-Riv}	=	Distance entre la station Saint-Hubert et la rivière aux Pins (km)
D_{Riv-So}	=	Distance entre la rivière aux Pins et la station de Sorel (km)
D_{SH-So}	=	Distance entre la station Saint-Hubert et Sorel (km)
E_{SH-So}	=	Écart journalier de température de l'air entre les stations Saint-Hubert et Sorel (°C)

La méthode 2 est utilisée pour les cas où la température à la station de Sorel est manquante. Lorsque ce cas se présente (0.5% des cas), la valeur moyenne hebdomadaire d'écart des températures de l'air entre les deux stations est utilisée pour faire le calcul plutôt que l'écart journalier (E_{SH-So}). La méthode 3 est utilisée dans les cas où plusieurs valeurs successives sont absentes à la station de Sorel, ce qui ne permet pas de calculer une moyenne hebdomadaire des écarts. Ce cas est représentatif de 8% des valeurs reconstituées. Pour ces calculs, l'écart de température utilisé entre les deux stations est l'écart moyen annuel. Celui-ci fluctue peu entre les stations au cours de l'année, et il représente une approximation fiable de l'écart réel journalier.

La méthode 4 est utilisée lorsque les données de Saint-Hubert sont manquantes. La température de Saint-Hubert est remplacée par celle de Sorel (T_{So}) dans l'équation 1 et le rapport des distances est remplacé par celui ci : D_{Riv-So} / D_{SH-So} . Pour l'écart de température, on utilise la différence entre les températures moyennes pour la semaine de la donnée manquante entre les stations de Saint-Hubert et de Sorel. Ce cas est représentatif de seulement 0.4% des températures calculées.

La méthode 5 est identique à la méthode 3, à la différence que la valeur de température utilisée est celle de la station de Sorel et le rapport des distances est celui de la méthode 4. Cette méthode a été utilisée dans 0.4% des cas. Finalement, la méthode 6 est utilisée dans 0.1% des cas. Elle est utilisée lorsque les valeurs étaient absentes aux deux stations simultanément. Dans ces cas, la température utilisée pour l'interpolation est la température moyenne de la semaine

correspondant à la donnée manquante de la station de Saint-Hubert avec le rapport des distances (D_{SH-Riv}/ D_{SH-So}) et l'écart moyen annuel entre les températures des deux stations. La reconstitution de la série chronologique des températures journalières moyennes de l'air a permis de calculer la moyenne interannuelle pour les années 1960 à 1998.

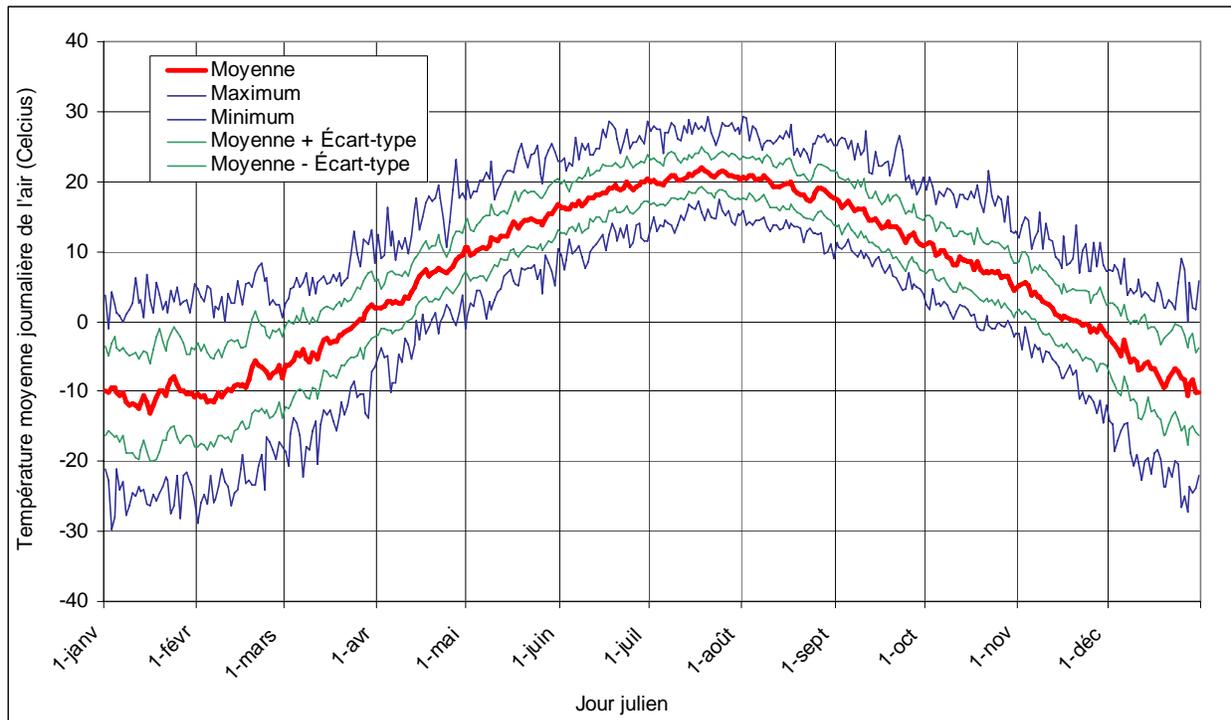


Figure 9 : Moyenne interannuelle de la température moyenne journalière de l'air pour la rivière aux Pins au cours des années 1960 à 1998.

4.1.2 Température moyenne journalière de l'eau à la rivière aux Pins

La température de l'eau à la rivière aux Pins peut être obtenue à l'aide d'une équation modifiée de Massé *et al.* (1988). Cette nouvelle équation (équation 2) a été optimisée par la méthode des moindres carrés, en minimisant par itération, les écarts entre les valeurs calculées et les valeurs mesurées par Massé *et al.* (1988). Cette équation tient compte des températures de l'air, de la pente de l'évolution journalière de ces températures, du niveau de l'eau ainsi que de la pente d'évolution journalière du niveau d'eau à la rivière aux Pins.

$$[2] \quad T_{EauMoy} = 0.486 * (T_{AirMoy} - S_T) - 2.685 * (Niv + S_N) + 24.375$$

où

T_{EauMoy} = Température moyenne journalière de l'eau (°C)

- T_{AirMoy} = Température moyenne journalière de l'air (°C)
- S_T = Pente journalière de l'évolution de la température moyenne de l'air (°C)
- S_N = Pente journalière de l'évolution du niveau de l'eau (m)
- Niv = Niveau de l'eau journalier (m)

Les figures 10 et 11 présentent les températures moyennes de l'eau obtenues de ces équations en fonction des températures moyenne de l'eau mesurées par Massé *et al.* (1988). Le r^2 est de 0.88 pour 1975 et de 0.84 pour 1976, ce qui est très légèrement supérieur à l'équation obtenue par Massé *et al.* (1988) qui donnait un R^2 de 0.82. Une relation parfaite 1 :1 ne peut être obtenue puisque l'équation optimisée ainsi que celle de Massé *et al.* (1988) ne sont valides que pour une gamme de températures restreinte correspondant aux températures que l'on rencontre généralement au printemps.

Les séries temporelles de températures de l'eau obtenues à partir de l'équation 2 sont présentées dans les figures 12 et 13, et comparées avec les températures de l'eau mesurées par Massé *et al.* (1988). Notez que l'équation a été optimisée et calibrée à l'aide des données de 1975, 1976 est présentée à titre de validation de l'équation.

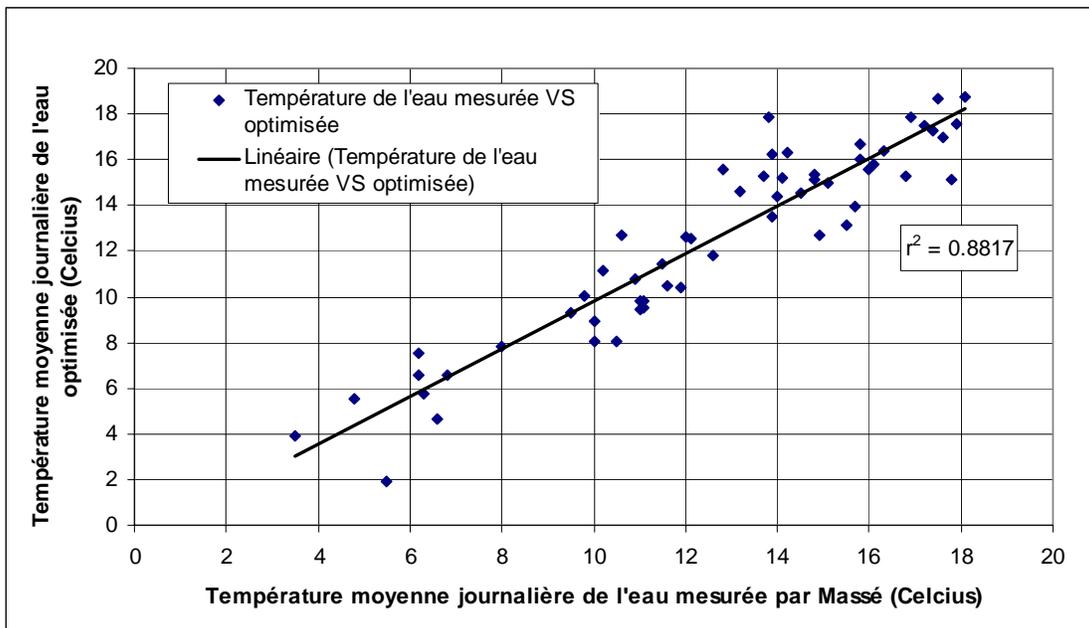


Figure 10 : Température moyenne journalière de l'eau calculée en fonction de la température moyenne journalière de l'eau mesurée par Massé *et al.* (1988) pour le printemps 1975.

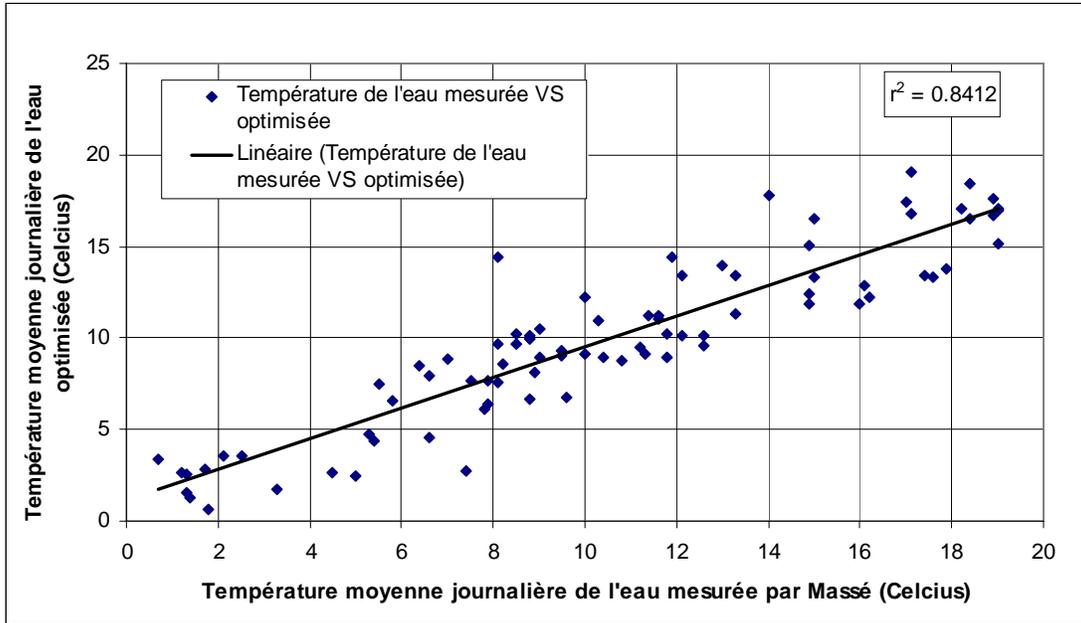


Figure 11 : Température moyenne journalière de l'eau calculée en fonction de la température moyenne journalière de l'eau mesurée par Massé *et al.* (1988) pour le printemps 1976.

Les valeurs calculées ne suivent pas exactement les valeurs mesurées, mais celles-ci s'en rapprochent assez pour que l'on considère que la relation fournit des valeurs de températures moyennes journalières de l'eau réalistes en fonction de la température de l'air. Une application de cette équation pour une autre période de l'année risque toutefois de fournir des valeurs erronées puisqu'elle n'est valide que pour les températures printanières. Enfin, le calcul de la température de l'eau pourrait être amélioré en utilisant les données de radiation solaire journalière.

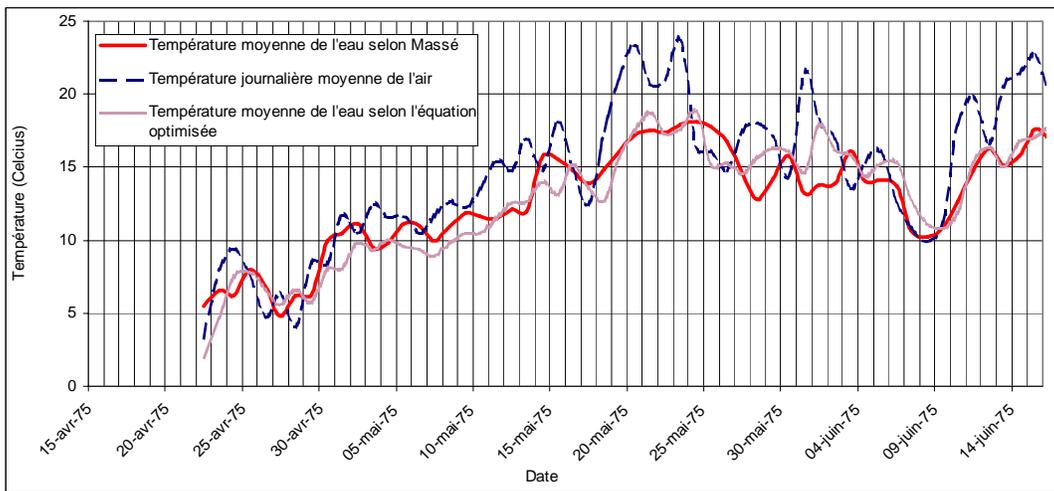
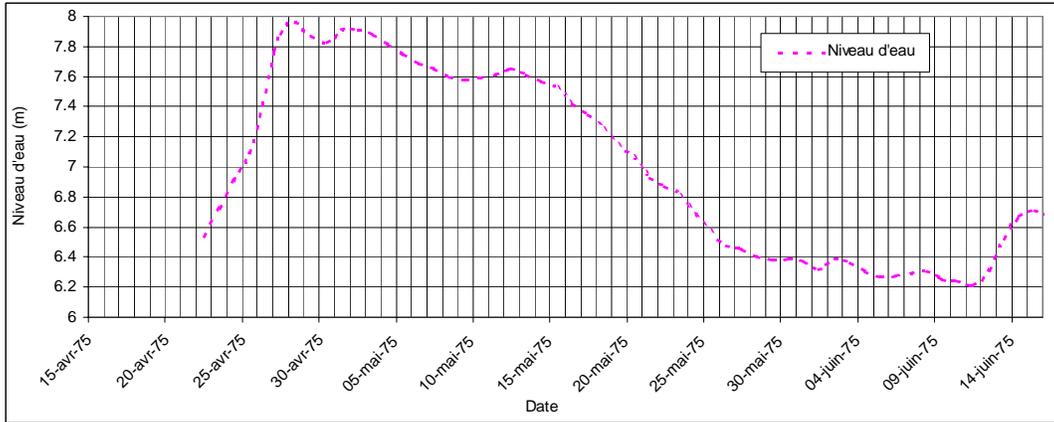


Figure 12: Températures moyennes journalières de l'eau obtenues à l'aide de l'équation optimisée comparativement aux données mesurées par Massé *et al.* (1988) pour le printemps 1975.

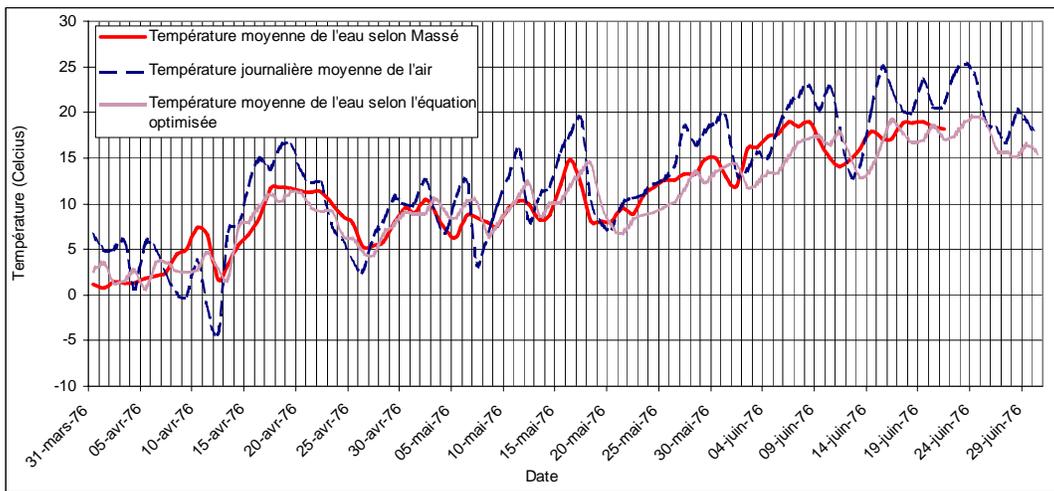
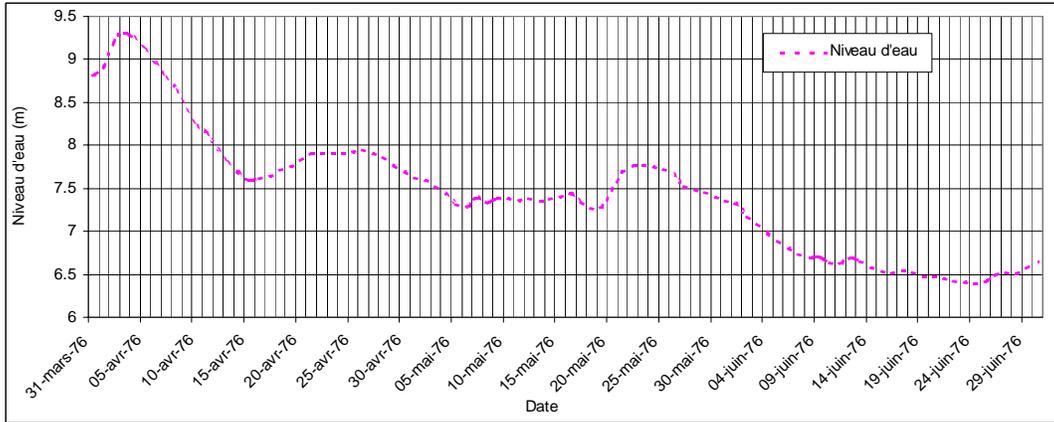


Figure 13 : Température moyenne journalière de l'eau obtenue à l'aide de l'équation optimisée comparativement aux données mesurées par Massé *et al.* (1988) pour le printemps 1976.

5 Détermination de la période de fraie

La prédiction de la date de début de fraie du grand brochet peut s'avérer fort utile : d'une part, pour identifier le début des activités de reproduction, d'autre part, pour identifier les années où les conditions sont optimales ou non réunies pour permettre la fraie. Dans ce but, Massé *et al.* (1988) ont identifié trois conditions physiques permettant d'établir les dates approximatives du début de la fraie ainsi que celles du pic de fraie qui a généralement lieu environ 3 jours après le début de la fraie. Selon les critères de Massé *et al.* (1988), la fraie débute :

- lorsque la débâcle a eu lieu et que le niveau de l'eau atteint 7.2 m ;
- lorsque les degrés-jours cumulés pour les températures maximales de l'air ont atteint une valeur de 20°C ;
- lorsque la température maximale de l'air de la journée atteint 8°C.

À l'aide de ces critères ainsi que des variables abiotiques reconstituées (niveau d'eau, température de l'eau et degrés-jours cumulés), il a été possible de déterminer à quel moment le grand brochet aurait théoriquement débuté sa montaison pour les années 1960 à 1998. Pour ce faire, les critères ont été appliqués au printemps pour chacune des journées de la série temporelle et la période du début de la fraie retenue est la première journée où toutes les conditions décrites plus haut sont respectées (tableau 1). En 1976, la première journée de fraie théorique obtenue correspond au 21 mars. Cette date coïncide avec le début de la crue printanière. Les critères de Massé *et al.* (1988) sont rencontrés durant plusieurs semaines consécutives en 1976 soit, jusqu'à la fin du mois de mai. Les engins de capture ont été installés le 2 avril alors que des géniteurs se trouvaient déjà dans la frayère. Les auteurs évaluent le début de la fraie au 7 avril alors que le pic a été mesuré le 9 avril. Toutefois, puisqu'il y avait déjà présence de géniteurs dans la frayère lors de la pose des engins de capture, il est possible que la fraie ait débuté plus tôt que la date mentionnée par Massé *et al.* (1988). Le manque de données avant le 2 avril ne permet pas de valider cette hypothèse.

Tableau 1 : Dates théoriques du début de la fraie du grand brochet selon les critères établis par Massé *et al.* (1988) (--- indique que les critères n'ont pas été rencontrés au cours de l'année).

Année	Début de la fraie	Année	Début de la fraie	Année	Début de la fraie	Année	Début de la fraie
1960	15 avril	1970	19 avril	1980	18 avril	1990	---
1961	9 avril	1971	17 avril	1981	21 février ou 7 avril	1991	10 avril
1962	6 avril	1972	17 avril	1982	27 avril	1992	25 avril
1963	---	1973	12 mars ou 14 avril	1983	17 avril	1993	9 avril
1964	---	1974	7 mars ou 5 avril	1984	7 avril	1994	16 avril
1965	---	1975	22 avril	1985	24 avril	1995	---
1966	---	1976	21 mars	1986	31 mars	1996	23 avril
1967	6 avril	1977	2 avril	1987	28 mars	1997	7 avril
1968	26 mars	1978	14 avril	1988	---	1998	30 mars
1969	12 avril	1979	30 mars	1989	---		

Les années 1963 à 1966 ainsi que 1988 à 1990 et 1995 sont des années où les critères établis par Massé *et al.* (1988) n'ont pas été rencontrés. En 1973, 1974 et 1981, ces mêmes critères sont rencontrés très tôt à la fin de l'hiver, mais les conditions nécessaires à la fraie n'ont duré qu'une ou quelques journées pour ensuite retomber en deçà des valeurs fixées par Massé *et al.* (1988) pendant plusieurs semaines. Par la suite, les conditions propices ont à nouveau été observées en avril, mois au cours duquel le grand brochet débute généralement sa montaison. Pour ces trois années, les premières dates mentionnées correspondent à une période au cours de laquelle la température de l'eau du fleuve est trop froide pour entraîner la montaison du grand brochet. Pour être plus complet lors de l'évaluation de la date de fraie, il faudrait retenir cette contrainte et l'ajouter aux trois autres critères de Massé *et al.* (1988). En 1975, la date théorique du début de la fraie évaluée à partir des variables reconstituées, correspond au 22 avril. Massé *et al.* (1988) mentionnent également le 22 avril comme date du début de la fraie. En 1975, la crue a débuté le 18 avril et l'installation des engins de capture a été effectué le 23 avril, alors que plusieurs grand brochet se trouvaient déjà dans la frayère. À l'aide du décompte des géniteurs pénétrant dans la frayère, la date du pic de fraie a été estimée au 25 avril, donc le début doit avoir eu lieu environ 3 jours plus tôt, soit le 22 avril.

En 1977, la première journée de fraie théorique correspond au 2 avril, alors que Massé *et al.* (1988) estiment celle-ci au 1^{er} avril. La crue a débuté très tôt, soit le 13 mars. Les engins de capture ayant été posés seulement le 11 avril, plusieurs géniteurs avaient déjà quitté la frayère suite à la baisse rapide des niveaux d'eau et au découverture de la frayère. Aucune montaison n'a été observée cette année là. À l'aide des données prises lors de l'avalaison du brochet, Massé *et al.* (1988) ont donc pu reconstituer le déroulement approximatif de la montaison. Un pic de fraie a été mesuré le 12 avril.

Les années où les critères de Massé *et al.* (1988) n'ont pas été rencontrés correspondent probablement aux années où la fraie du grand brochet n'a pas eu lieu dans la rivière aux Pins. Il serait intéressant d'avoir des mesures supplémentaires sur les dates de fraie afin d'évaluer la justesse de la méthode. Les prédictions se sont avérées justes dans 2 cas sur 3 au cours des années 1975 à 1977. En connaissant l'évolution en temps réel des variables physiques correspondant aux critères de Massé *et al.* (1988), il serait possible d'évaluer à quelques jours près, le début de la fraie dans la rivière aux Pins et ainsi, de réduire les efforts de terrain.

6 Conclusions

Les premières étapes de modélisation de la frayère de la rivière aux Pins ont permis de colliger une grande quantité de données existantes qui décrivent le terrain à l'étude. Un modèle numérique de terrain comprenant la topographie a été construit. Les séries de niveau et de température de l'air ont été produites ainsi qu'une série des températures de l'eau qui ont servi à calculer les dates de fraie du grand brochet.

Le modèle numérique de la rivière aux Pins et de sa plaine inondable a été construit à partir de données géoréférencées provenant des cartes des risques d'inondation. Ces cartes ont été assemblées et intégrées au logiciel MODELEUR, nécessaire à la construction du modèle. La précision des cartes obtenues est de ± 25 cm dans la verticale.

La série temporelle des niveaux d'eau à la rivière aux Pins a été reconstituée à l'aide des données de niveau mesurées aux stations de Pointe-aux-Trembles, Varennes et Frontenac, pour la période de 1960 à 1998. Au printemps, les niveaux d'eau à l'embouchure de la rivière sont liés aux fluctuations du niveau du fleuve qui entraînent l'inondation de la plaine et de la frayère. À partir de ces niveaux d'eau et du modèle numérique de terrain, la superficie de frayère inondée a été calculée pour diverses cotes d'inondation.

Les températures de l'eau de la rivière aux Pins ont été calculées à l'aide d'une équation optimisée à partir des températures de l'eau mesurées par Massé *et al.* (1988). Cette équation a comme variables d'entrée, les températures de l'air et les niveaux reconstitués pour la rivière aux Pins, ainsi que leurs variations sur quelques jours. La série temporelle des températures de l'air a été construite à partir des données mesurées provenant des stations météorologiques de Saint-Hubert et de Sorel. Ces températures de l'eau ont aussi permis de calculer les degrés-jours journaliers.

Les dates de fraie du grand brochet ont été évaluées pour les années 1960 à 1998 à partir des critères établis par Massé *et al.* (1988). Pour ce faire, les critères ont été appliqués à chacune des journées sur les séries reconstituées pour les températures de l'eau, les degrés-jours cumulés et les niveaux d'eau de la rivière. Un tableau des dates potentielles de début de fraie est présenté. Enfin, l'effet de la marée semi-lunaire sur les niveaux d'eau a été calculé à l'aide d'une moyenne

mobile répartie sur 14 jours, la date du pic de fraie se situant toujours à une période de baisse marquée du niveau d'eau, liée à l'effet de cette marée.

Résumé des objectifs atteints :

- Création du modèle de terrain (topométrie).
- Production d'une série de niveaux d'eau depuis ~1960 à la rivière aux Pins.
- Production d'une relation entre le niveau d'eau et la superficie inondée sur la frayère.
- Analyse de l'effet de la marée sur les niveaux d'eau.
- Production de la série de températures de l'eau à la rivière aux Pins depuis 1960.

7 Bibliographie

- Lavoie, J.-G. et J. Talbot. 1984. Les habitats de reproduction des poissons d'eau douce du Québec : Problématique et proposition d'une classification. *Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la faune, Direction de la faune aquatique.*
- Massé, G. 1974. Frayères à poissons d'eau chaude du couloir fluvial, entre Montréal et le lac Saint-Pierre. *Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche.*
- Massé, G, R. Fortin, P. Dumont et J. Ferraris. 1988. Étude et aménagement de la frayère multispécifique de la rivière aux Pins et dynamique de la population de grand brochet, *Esox lucius* L., du fleuve Saint-Laurent, Boucherville, Québec. Québec. *Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Montréal, Rapp. Tech. 06-40. xxvii + 224 p.*
- Raat, A.J.P. 1988. Synopsis of biological data on the northern pike, *Esox lucius* Linnaeus, 1758. *FAO Fish, Synop.*, (3) Rev.2 :178p.
- Secretan, Y. et M. Leclerc. 1998. A 2D hydrodynamic GIS and simulation software. *Proceeding of the third international conference on Hydroinformatics 98. IAHR, Copennagen, Danmark, August 24-26 1998.*
- Vallières, L. et R. Fortin. 1988. Le grand brochet au Québec: biologie et gestion. Université du Québec à Montréal. *Rapport présenté au Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche.* 234 p.

ANNEXE

CONSTRUCTION DU MODÈLE DE TERRAIN

Afin de construire le modèle de terrain, plusieurs informations sont nécessaires. Les sections qui suivent font part des recherches d'informations ainsi que du travail d'uniformisation des données qui a été effectué afin d'intégrer celles-ci en un tout cohérent et de produire le modèle de terrain.

Importation des données de topographie et nettoyage des fichiers

Localisation des données de topographie de la rivière aux Pins

Les fichiers qui ont été trouvés afin d'être utilisés pour obtenir la topographie de la rivière aux Pins sont les fichiers provenant du CD-ROM des risques d'inondations d'Environnement Canada. Les fichiers pertinents qui ont été conservés sont les suivants :

31hk1103.i1e

31hk1203.i1e

Ces fichiers sont dans le format MICROSTATION, qui est un Système d'Information Géographique (SIG). Ce logiciel n'étant pas disponible, on a tout d'abord dû procéder à l'importation de ces données dans le SIG MAPINFO, afin de les convertir à un format importable dans le logiciel MODELEUR. Ce dernier est l'outil de modélisation hydrodynamique utilisé pour construire le modèle de terrain (Secretan et Leclerc, 1998).

Conversion des fichiers pour intégration à MAPINFO

La méthode utilisée pour convertir les fichiers dans un format reconnu par le logiciel MAPINFO est la suivante :

Dans le menu **Tools** du logiciel MAPINFO, on sélectionne **Universal Translator → Universal Translator...** Une fenêtre s'ouvre alors, demandant une source et une destination. Dans la section **Source**, on sélectionne le format **Intergraph/MicroStation design** et on va chercher le fichier que l'on veut convertir au format MAPINFO. Dans notre cas, les fichiers étaient **31hk1103.i1e** et **31hk1203.i1e**. Dans la section **Destination**, on choisit le format **MAPINFO .tab** et on indique le répertoire où les fichiers convertis seront stockés. On clique ensuite **OK** et le « Translator » s'exécute. Un exemple de fichiers que l'on a obtenus est montré ici :

Exemple avec le fichier **31hk1103.i1e**

fichiers obtenus :

31hk1103_ellipses.dat	31hk1103_points.map
31hk1103_ellipses.id	31hk1103_points.tab
31hk1103_ellipses.map	31hk1103_shapes.dat
31hk1103_ellipses.tab	31hk1103_shapes.id
31hk1103_lines.dat	31hk1103_shapes.map

31hk1103_lines.id	31hk1103_shapes.tab
31hk1103_lines.map	31hk1103_text.dat
31hk1103_lines.tab	31hk1103_text.id
31hk1103_points.dat	31hk1103_text.map
31hk1103_points.id	31hk1103_text.tab

Les mêmes types de fichiers ont été obtenus à partir du fichier **31hk1203.i1e**.

Ces fichiers représentaient les parties nord et sud de la zone entourant la rivière aux Pins. Ces fichiers ont donc été renommés en changeant la partie **31hk1103** et **31hk1203** par **RivPinsSud** et **RivPinsNord**. (ex : **31hk1103_ellipses** → **RivPinsSud1_ellipses**, **31hk1103_points** → **RivPinsSud3_points**.)

RivPinsSud1_ellipses.dat	RivPinsSud3_points.map
RivPinsSud1_ellipses.id	RivPinsSud3_points.tab
RivPinsSud1_ellipses.map	RivPinsSud4_shapes.dat
RivPinsSud1_ellipses.tab	RivPinsSud4_shapes.id
RivPinsSud2_lines.dat	RivPinsSud4_shapes.map
RivPinsSud2_lines.id	RivPinsSud4_shapes.tab
RivPinsSud2_lines.map	RivPinsSud5_text.dat
RivPinsSud2_lines.tab	RivPinsSud5_text.id
RivPinsSud3_points.dat	RivPinsSud5_text.map
RivPinsSud3_points.id	RivPinsSud5_text.tab

La même nomenclature a été donnée aux fichiers de la partie nord.

Nettoyage des fichiers

Ces fichiers ont été visualisés par la suite dans MAPINFO et un travail de nettoyage a été fait. Tous les éléments inutiles pour le projet ont été éliminés, par exemple, les bâtiments, les légendes, les encadrés, etc. Certaines colorations ont été modifiées afin de rendre plus visibles les informations pertinentes. À la fin, seuls les fichiers de type « lines »(lignes) et « text »(texte) sont demeurés, les autres étant inutiles pour le modèle de terrain.

RivPinsNord2_lines.dat	RivPinsNord5_text.dat
RivPinsNord2_lines.id	RivPinsNord5_text.id
RivPinsNord2_lines.map	RivPinsNord5_text.map
RivPinsNord2_lines.tab	RivPinsNord5_text.tab
RivPinsSud2_lines.dat	RivPinsSud5_text.dat
RivPinsSud2_lines.id	RivPinsSud5_text.id
RivPinsSud2_lines.map	RivPinsSud5_text.map

RivPinsSud2_lines.tab

RivPinsSud5_text.tab

Les fichiers de types « lines » comprennent l'ensemble des lignes de topographie et des points cotés (les points apparaissent en tant que ligne dans les fichiers). Les cotes ne sont pas présentes dans les tables de données rattachées à ces éléments graphiques. Celles-ci sont toutefois comprises dans les fichiers de type « text ».

Assignment des cotes pour chacun des éléments graphiques dans MAPINFO

Ouvrir le fichier à traiter dans MAPINFO. Pour ce faire, choisir **File** dans le menu et **Open Table...**

Les fichiers de travail dans MAPINFO sont les fichiers de type « .tab », les autres (.dat, .id et .map) étant ouverts en tant qu'information complémentaire par MAPINFO. Ces derniers ne sont donc pas visibles lorsque l'on veut ouvrir un fichier. Les fichiers auxquels on veut assigner une cote sont les fichiers de type « lines ». On ouvre donc ces fichiers. Les fichiers de type « text » doivent être ouverts aussi afin d'avoir les cotes visibles au-dessus des lignes graphiques.

On ouvre par la suite la table des données déjà assignées à chacun des éléments graphiques. Ceci est fait en suivant les instructions suivantes : **Window → New Browser Window**. Si plus d'un fichier est ouvert, MAPINFO demande de choisir la table que l'on désire ouvrir. On sélectionne donc la table de données correspondantes aux fichiers de type « lines » que l'on veut traiter.

Afin d'assigner une information de topographie à chaque ligne, il faut rajouter une ou plusieurs colonnes à la table de données. Pour ce faire, on va dans le menu **Table → Maintenance → Table Structure**. Une fenêtre s'ouvre afin que l'on puisse modifier la structure des colonnes de la table. Pour rajouter une colonne, on clique le bouton **Add Field**, une nouvelle colonne est alors créée. On peut ainsi entrer un nouveau nom (Dans la section **Field Information**) ainsi que le type d'information que l'on y mettra (dans notre cas, un valeur de type **Float**). Pour le moment, deux nouvelles colonnes ont été créées. Une colonne **topo** pour les valeurs topographiques des lignes de niveaux et une colonne **points** pour les valeurs des points cotés. On appui ensuite sur **OK**. Pour entrer une cote dans la table, on clique à l'intérieur du petit carré (situé complètement à gauche dans la table) correspondant à un élément graphique et on insère la bonne valeur dans la colonne correspondante. Lorsqu'un élément est choisi, il est possible qu'il ne soit pas visible sur la carte, pour le faire apparaître, allez dans le menu **Query** et choisir **Find Selection**. L'élément apparaît alors dans l'affichage, ce qui permet à l'utilisateur de voir la cote de celui-ci si le fichier de type « text » a aussi été chargé.

Lorsque l'on veut assigner plusieurs cotes simultanément (pour divers éléments appartenant à une même ligne de niveau par exemple), on peut sélectionner les différents éléments de cette ligne en maintenant pressé, la touche **Shift (MAJ en français)** ou bien faire une recherche par valeur en choisissant **Query → Select...** et en indiquant la condition que l'on recherche (par exemple, toutes les lignes ayant une certaine couleur, etc.). Lorsque tous les éléments désirés sont sélectionnés, allez dans le menu **Table → Update Column...** Une fenêtre s'ouvre alors. Dans la partie **Table to Update :** choisir **Selection** (ou **Query** s'il s'agit du résultat d'une recherche). Dans la partie **Column to Update :** choisir la colonne dans laquelle on veut faire afficher la nouvelle valeur. Dans la section **Get Value From Table:**, choisir **Selection** (ou **Query**). Finalement, inscrire la bonne valeur dans la partie **Value :**. En cliquant sur **OK**, la valeur s'inscrira dans la colonne choisie pour les éléments qui étaient sélectionnés à l'écran.

Ceci a donc été fait pour tous les éléments des fichiers **RivPinsNord_lines** et **RivPinsSud_lines**.

Rajout de lignes de niveau pour compenser les manques de données topographiques.

Après ces diverses étapes, les données furent importées dans le MODELEUR (la démarche à suivre est expliquée aux sections A.1.7 à A.1.9) afin d'observer l'apparence du modèle de terrain. Il fut observé que la carte de topographie provenant des risques d'inondations manquait de données pour avoir une bonne représentation des isosurfaces à l'intérieur de MODELEUR. Le MODELEUR fonctionnant par interpolation entre les points, les zones de faible densité de points étaient mal représentées dans le logiciel. On est alors retourné dans la carte primaire de **RivPinsTotal.tab** sur MAPINFO. Une copie de ce fichier a été faite et nommée **RajoutRivPinsTotal.tab**. On a donc pu, par la suite, rajouter des isolignes de niveau intermédiaire entre celles qui étaient déjà présentes afin d'améliorer la représentation des isosurfaces dans le MODELEUR.

Afin d'améliorer la représentation topographique à certains endroits, il a été décidé d'y insérer des lignes aux endroits où se situait un creux ou une crête. Toutefois, il fallait assigner à cette nouvelle ligne, deux valeurs plutôt qu'une. Ces valeurs correspondent à la topographie aux deux extrémités de la ligne. Un petit programme (**PLIN2SEM2.BAS**) permet par la suite d'interpoler les points intermédiaires. Ces valeurs sont entrées dans les colonnes des cotes topographiques des lignes et des points. Leur ordre d'apparition dans les colonnes représente l'ordre dans lequel les points furent disposés à l'écran. Ainsi, si l'on part d'une cote de 7.5 jusqu'à 9.5, on entrera les cotes dans cet ordre dans les colonnes de topographie des lignes et des points.

Pour l'assignation de ces cotes, deux méthodes furent développées. D'abord, si les lignes de niveau sont assez rapprochées, on peut insérer un point à tous les 0.25 m de niveau. Toutefois, les lignes n'étaient pas toujours disposées de façon uniforme, on a alors pensé interpoler des points entre deux lignes de niveau ou entre plusieurs si la pente était régulière. Pour ce faire, une nouvelle colonne a été rajoutée afin de différencier les deux méthodes puisque dans les deux cas, une valeur est nécessaire dans les deux colonnes de topographie des lignes et des points. Une colonne intitulée **Pas** a donc été rajoutée (voir les fichiers **.mif** et **.mid** d'exemple en annexe). Cette colonne ne comprend qu'une valeur, **1** ou **0**.

La valeur qui y sera insérée dépendra de la méthode utilisée pour la nouvelle ligne de crête ou creux (les routes et rivières peuvent aussi être reproduites avec cette méthode) que l'on vient d'insérer. Si on utilise la première méthode avec les pas de 0.25 m de niveau, on insère un **0** et à l'inverse, si on préfère que le programme interpole entre deux lignes de niveaux, on assigne **1** à cette colonne.

Cette deuxième méthode a aussi l'avantage que l'on peut déterminer une certaine distance critique que l'on désire entre les points et le programme insérera de nouveaux points si nécessaire sur la ligne de crête ou creux. Le programme permettant de prendre en compte ce type d'information s'appelle **PLI2SEM2.BAS** (si le fichier ne possède pas de ligne de creux, de crêtes, de routes ou de rivières que l'on désire interpoler, les programmes **PLIN2SEM.BAS** ou **PLINRED2SEM.BAS** peuvent être utilisés et la troisième colonne n'est donc pas nécessaire). Le fichier **.mid** doit donc posséder trois colonnes représentant la topographie des lignes et des points et le type de pas (**0** ou **1**). Pour l'instant, le programme gère les fichiers en sachant que ces colonnes sont les septième, huitième et neuvième colonnes. Toutefois, dans le sous-programme **Topo** de **PLI2SEM2.BAS**, il est possible d'aller modifier les valeurs de position de ces colonnes pour pouvoir prendre en compte des fichiers où seules ces colonnes seraient présentes. À noter

qu'il est important que chacune des lignes de topographie que l'on insère comprennent au moins 3 points car les lignes à seulement deux points sont considérées comme un point et les valeurs X et Y d'une des extrémités seront donc éliminées. La résultante de l'exécution du programme **PLIN2SEM2.BAS** est deux fichiers, l'un étant de type **.sem** et l'autre de type **.bth**. Ces fichiers pourront être importés par la suite dans le MODELEUR (voir la section A.1.9).

Conversion des lignes en format « polyline »

Afin d'avoir une représentation de chaque point, il faut convertir les lignes pour qu'elles aient le type « polyline ». Pour ce faire, éditer le fichier en passant par **MAP → Layer Controls**. Cochez la case pour éditer la couche que l'on désire convertir au format « polyline ». Faire **OK**. Ensuite, sélectionner toutes les lignes de la couche que l'on désire transformer. Choisir **Objects → Convert to Polyline...** Dans notre cas, les fichiers **.tab** était déjà dans le format « polyline », cette partie était donc facultative.

Conversion des fichiers en format **.sem** et **.bth** à partir des **.mid** et **.mif** afin de les importer dans le logiciel MODELEUR

Toujours dans le but de produire un modèle de terrain dans le logiciel MODELEUR, il faut convertir les fichiers de type **.tab** en fichier de type **.mid** et **.mif** afin d'avoir des fichiers que l'on pourra traiter et ensuite incorporer dans le MODELEUR. Après avoir exporté chacun des fichiers en format **.mid** et **.mif**, ceux-ci furent joints en un seul fichier dans ce même format et ensuite réimportés dans MAPINFO sous le format **.tab** afin d'avoir une représentation visuelle complète de la rivière aux Pins (**RivPinsTotal.tab**). Les fichiers **.mid** et **.mif** furent conservés pour importation ultérieure dans le MODELEUR.

Lorsque les fichiers **.mif** et **.mid** que l'on désire importer sont créés, on utilise le programme en langage QBASIC qui s'appelle **PLIN2SEM.BAS** (dans le cas où il n'y a pas de colonne **Pas** et que l'on ne désire pas avoir de ligne de crête ou de creux comme mentionné auparavant) pour convertir les fichiers **.mif** et **.mid** en format **.sem** et **.bth** pour importation dans le MODELEUR (les deux fichiers doivent porter le nom test.mif et test.mid et être dans le répertoire C :\).

Si l'on veut réduire le nombre de noeuds (MAPINFO crée un nouveau noeud pour chaque cassure d'une « polyline » et il est donc possible que la quantité de noeuds produit soit plus grande que ce qui est vraiment nécessaire), on utilise plutôt le programme **PLINRED2SEM.BAS** en indiquant dans la variable **distCrit!**, la distance minimale que l'on veut entre deux points (encore une fois, les deux fichiers doivent s'appeler test.mif et test.mid). Dans le cas présent, des valeurs de 1.9 et 2.5 ont été assignées à la variable **discrit!** selon la nécessité, à divers endroits de la carte.

Si les fichiers **.sem** et **.bth** doivent être importés sous forme de **Données brutes de terrain de topographie** dans le MODELEUR, il s'agit de donner le nom **test.sem** et **test.bth** au deux fichiers. Encore une fois, les mettre dans **C :** et exécuter le programme **SEM2BRUT.BAS**. Une entité **test.ter** sera créée, qu'il sera possible d'importer dans le MODELEUR en tant que Données brutes de terrain de topographie.

S'il y a des noeuds en double dans les fichiers, le logiciel MODELEUR ne les accepte pas. Il faut alors utiliser le programme **UPGSEMBTH6.EXE** afin d'éliminer les noeuds identiques ou plus rapprochés qu'une certaine distance que le programme demande après son exécution. Le fichier **.sem** doit toutefois avoir le format suivant :

- 3 2
- 1 X0 Y0
- 2 X1 Y1
- 3 X2 Y2

Le premier chiffre représente le nombre de points, le deuxième est le nombre de dimensions du fichier. Les fichiers **.sem** et **.bth** doivent être dans le même répertoire que le programme. Lorsque le programme a terminé de traiter les fichiers, il faut ensuite rajouter l'entête dans le fichier **.sem** afin d'indiquer le type de datum dans lequel on veut l'importer pour que le MODELEUR l'accepte.

Pour importer des fichiers de lignes de rives, ou d'hydrographie ou encore de routes, il faut que les fichiers MAPINFO soient dans le format « polyline ». On les exporte ensuite sous forme de **.mif** et **.mid**. On utilise ensuite le programme **MIF2L2V6.BAS**. Un fichier sera créé avec le format **.L2**. Ce format peut être importé dans le MODELEUR en tant que maillage (il faut insérer une entête dans le fichier contenant la description du repère géographique ou cartographique pour que celui-ci soit reconnaissable par le MODELEUR).

Création du projet dans le MODELEUR

La première étape de la création d'un modèle de terrain dans le MODELEUR est de se créer un projet. Cliquez **Projet → Nouveau...** Une fenêtre s'ouvre où l'on peut introduire le nom du projet (**Rivière au Pins et Îles de Boucherville**), on assigne un répertoire où l'ensemble des informations relatives au projet seront emmagasinées et finalement, on sélectionne le type de datum correspondant à la géoréférence utilisée. Dans le cas présent, il s'agit du datum **North American 1983 - Canada** et de la projection **MTM Zone 8 Nord**. MODELEUR demande aussi les coordonnées correspondantes au dimensionnement de la fenêtre d'affichage. Dans le présent projet, les valeurs choisies sont :

En bas à gauche : X= 284270, Y= 5037756

En haut à droite : X= 327355, Y= 5066638

Importation des fichiers de semis de points et de bathymétrie

Pour importer le semis de points dans le MODELEUR, allez dans le menu **Projet** et sélectionnez **Importer Entité...** Une fenêtre s'ouvre où l'on peut signifier le type de fichier à importer. Dans un premier temps, il faut importer le semis de points obtenu plus tôt. Dans le champ **Type** choisir **Semis de points**. Entrez un nom pour le semis et sélectionnez le fichier **.sem** correspondant à ce que l'on veut importer. Par la suite, cocher le bouton radio **Liens**. Le semis de points doit être lié à un datum de référence. Dans le champ **Type** de la zone **Entité**, choisir **Repère cartographique** et le nom de la projection choisie plus tôt devrait apparaître dans le champ **Identification**. Cliquez **OK**. Pour importer la bathymétrie correspondante à ce semis de points, recommencer les mêmes étapes sauf que cette fois-ci, il faut choisir le **Type Champ scalaire de terrain de topographie**. Entrez un nom et choisir le fichier **.bth** correspondant. Cliquez le bouton radio **Liens** et cette fois-ci, la bathymétrie doit être liée au maillage correspondant. Donc, dans le champ **Type**, choisir **Semis de points** et sélectionnez le semis de points importé auparavant. Cliquez **OK**.

Insertion des données sur la végétation de la rivière aux Pins

L'une des conditions biotiques importantes pour la fraie de certaines espèces de poissons est la présence ou l'absence de végétation. Certaines espèces de poissons vont préférer des endroits où il y n'a pas de végétation alors que d'autres recherchent la présence de végétaux (émergents ou submergés ou les deux) pour pouvoir déposer le frai. C'est le cas du grand brochet.

Obtention des données de végétation

Les données de végétation (carte) qui seront incorporées au modèle de terrain proviennent du rapport technique de Gérard Massé pour le compte du Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de Montréal, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune (Massé *et al.*, 1988). La carte de végétation présentée par Massé *et al.* (1988) a été tracée à partir de l'interprétation de photographies aériennes de 1980 de la rivière aux Pins, avec vérification sur le terrain. Selon Massé *et al.* (1988), la zone de la frayère possède une végétation qui est très stable. La carte caractérise 134 peuplements avec identification, pour chacun de ceux-ci, des quatre espèces dominantes, par ordre d'importance. Il y a au total 32 espèces de plantes répertoriées.

Les cinq espèces les plus importantes sont la verge d'or, le phalaris roseau, les asters sp., la quenouille et la spartine pectinée.

Modification du fichier .bmp

La carte présente dans le rapport de Massé *et al.* (1988) a d'abord été scannée puis sauvegardée dans un format **.bmp (VégétRivPins.bmp)**. Toutefois, celle-ci possédait du texte, une légende ainsi que des petits drapeaux pointant chacune des régions de peuplement afin de les identifier. Le fichier **.bmp** a donc été ouvert dans le logiciel COREL PHOTOPAINT afin d'effectuer au préalable un nettoyage complet de la carte. Tout le texte ainsi que les drapeaux et légendes ont été éliminés. De plus, certaines surfaces représentant les zones contenant des arbres ont été modifiées afin d'avoir une zone de contour plutôt qu'une surface pleine noire. Ceci était fait dans le but d'obtenir une meilleure vectorisation par la suite.

Vectorisation du fichier .bmp en format .dxf (AUTOCAD)

Conversion du fichier .bmp

Afin de pouvoir utiliser cette carte dans un logiciel de représentation cartographique, il faut convertir les lignes en vecteurs afin que celles-ci puissent être importées dans MAPINFO ou une autre SIG. Pour ce faire, une application dénommée COREL OCR-TRACE a été utilisée. Ce programme permet de convertir une image en vecteur selon plusieurs mode (mode contour, mode axe, mode gravure, etc.). Dans le cas présent, le mode axe a été utilisé, car c'est celui qui s'applique le mieux à la conversion de cartes. Pour faire la conversion, ouvrez le fichier dans COREL OCR-TRACE en cliquant **Fichier → Ouvrir...** Vous pouvez ensuite sélectionner l'image que vous désirez convertir sous forme de vecteurs. Lorsque l'image est chargée, choisir **Vectorisation OCR → Effectuer vectorisation → Mode Axe**. L'image est ainsi convertie en vecteur que vous pouvez ensuite sauvegarder dans le format désiré. Dans le cas présent, le format **.dxf** (du logiciel AUTOCAD) a été choisi. Pour sauvegarder l'image vecteur, choisir **Fichier → Enregistrer → Vecteur...**

Ajustement des proportions du fichier obtenu

Le fichier **.dxf** que l'on a obtenu à l'étape précédente ne possède pas nécessairement les bonnes proportions puisque celui-ci provient d'une image scannée non-géoréférencée cartographiquement. On a donc utilisé le logiciel COREL DRAW afin de comparer ce fichier avec deux fichiers de type **.eps** de la rivière aux Pins (**rivpins_routes.eps** et **rivpins_hydro.eps**) obtenu avec le logiciel MODELEUR. Les trois fichiers (**rivpins_routes.eps**, **rivpins_hydro.eps** et **VégétRivPins.dxf**) ont été importés dans un même fichier COREL DRAW (**Végétfitting.cdr**). Les deux premiers ont été verrouillés (pour sélectionner le fichier à verrouiller, **Disposition → Verrouiller l'objet**). Ainsi, ces fichiers ayant une proportion exacte, ils ne seront pas modifiés au cours des manipulations subséquentes. La carte de végétation (**VégétRivPins.dxf**) a donc été ajustée à ces fichiers (**rivpins_routes.eps**, **rivpins_hydro.eps**) afin que la cartographie des diverses zones de végétation corresponde aux mêmes endroits sur les différentes cartes. Les vecteurs de la carte de végétation ont par la suite été isolés et les lignes de la rivière aux Pins ont été effacées. Ce fichier a été sauvegardé sous le nom de **VégétRivPins.cdr** et ensuite exporté à nouveau dans le format **.dxf** avec le nom **Végétcorrigé.dxf**.

Importation du fichier de végétation dans MAPINFO et projection et transformation des coordonnées

En utilisant le Système d'Information Géographique MAPINFO, on a ouvert les fichiers **RivPinsNordRoutes.map**, **RivPinsNordRuisseaux.map**, **RivPinsSudRoutes.map** et **RivPinsSudRuisseaux.map** dans une même fenêtre de visualisation. Ensuite, en cliquant **Table → Import...**, on a importé dans une nouvelle fenêtre, le fichier **Végétcorrigé.dxf** en lui donnant le nom **Végétcorrigé.map**. La projection a été positionnée dans la Catégorie : **Non-Earth** et dans le mode **Non-Earth(meters)**. MAPINFO situe alors les vecteurs dans un système de référence local.

Le but est maintenant d'importer la carte de végétation dans le même système de référence que les autres éléments cartographiques (dans notre cas, **MTM-NAD-83 (zone 8)**). Pour ce faire, on a trouvé deux points représentant le même endroit sur chacune des deux cartes et on a pris en note les coordonnées correspondantes dans chacun des deux systèmes de repère soit, celui du fichier **.dxf** et celui des fichiers **.map**.

On recommence ensuite l'importation du fichier **Végétcorrigé.dxf**. Cette fois-ci, on sélectionne la catégorie : **Quebec Modified Transverse Mercator (NAD 83)** et la zone **Quebec MTM Zone 8 (NAD 83)** dans la projection. Cliquez **OK**. Appuyez maintenant sur **Set Transformation...** Entrez les coordonnées des deux points choisis précédemment selon les deux systèmes de repère. Cliquez **OK** et à nouveau **OK**. Le nom donné à ce fichier est **Végétcorrigéfinal.map**. Le logiciel effectue alors la transformation pour ajuster la carte de végétation dans le repère cartographique des données de topographie de la rivière aux Pins.

Exportation du fichier en format .mif et .mid et transformation en format .L2 pour importation dans le MODELEUR

Lorsque la carte de végétation est dans le même repère cartographique que le reste des données topographiques, on peut exporter le fichier **Végétcorrigéfinal.map** en format **.mif** et **.mid** en sélectionnant **Table → Export...** On donne le nom **VegetRivPins.MID** et **VegetRivPins.MIF** aux fichiers. À l'aide de l'application **MIF2L2V6.EXE**, on convertit ces deux fichiers en un fichier de type **.L2** qui sera importable dans le MODELEUR sous forme de maillage (il faut toutefois

insérer une entête dans le fichier contenant la description du repère géographique ou cartographique). Ce nouveau fichier permettra plus tard de créer une partition de végétation qui sera utile pour bien modéliser la frayère. Toutefois, dans le cas présent, l'importation des données a permis d'observer que les cartes de végétation que l'on possède ne sont valides que pour une partie de la rivière, car plusieurs modifications ont été effectuées sur les pourtours de la rivière au cours des ans et la carte n'est donc plus valable pour l'ensemble du domaine étudié.

Importation d'un fichier MAPINFO dans le logiciel ARCVIEW

Lorsque l'on veut importer un fichier MAPINFO (**.tab**) dans le logiciel ARCVIEW, il faut suivre les étapes suivantes :

D'abord, il faut créer trois fichiers à partir de MAPINFO, soit un fichier **.mif**, **.mid** et un fichier **.dbf**. Pour ce faire, lorsque le fichier MAPINFO est chargé, choisir **Table→Export...** Une fenêtre s'ouvre demandant d'entrer le nom du nouveau fichier ainsi que le type de fichier (ainsi que l'endroit où le sauvegarder). Dans un premier temps, choisir le type **MapInfo Interchange**. Donner un nom au fichier et cliquez **Enregistrer**. Refaire à nouveau ces étapes mais cette fois-ci, choisir le type **dBASE DBF**.

Ensuite ouvrir une fenêtre MS-DOS et trouver l'application **MIFSHAPE** de ARCVIEW. Lorsque vous êtes dans le répertoire de cette application, taper :

mifshape [type] fichier_entrée fichier_sortie

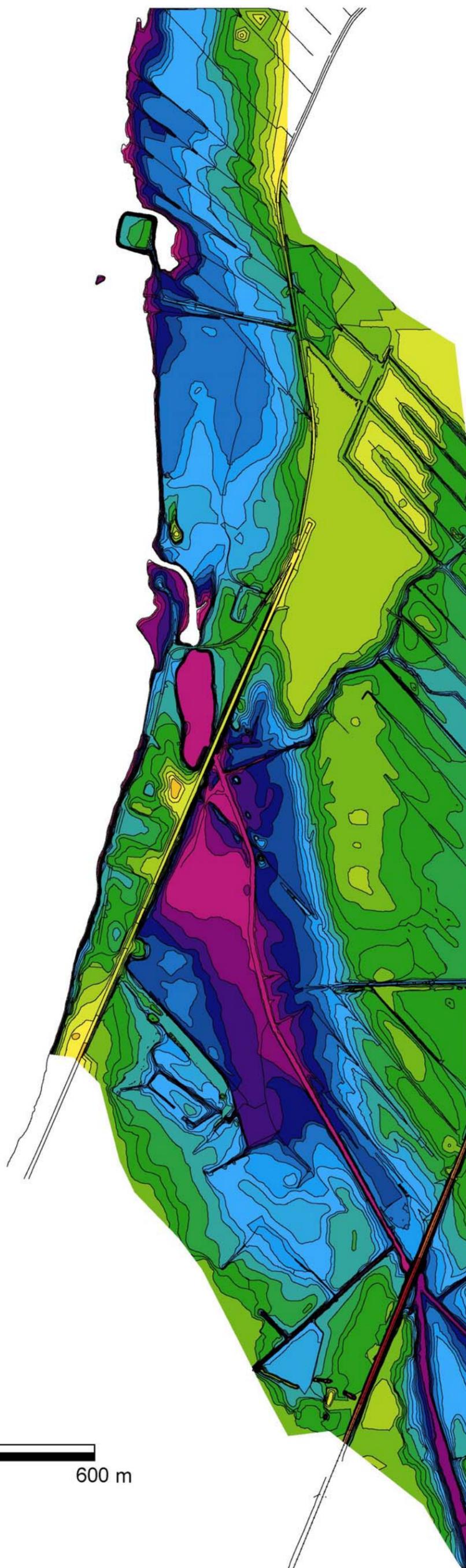
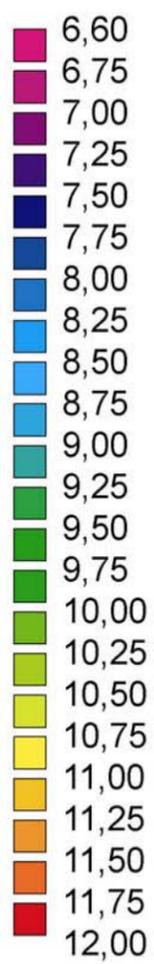
Le type doit être « point », « line » ou « poly ». Le chemin doit être inclus pour les deux noms, soit par exemple, **C :\temp\test**. Il ne faut pas mettre les extensions du nom des fichiers (**.mif** et **..shp** (pour « shape »)). L'exécutable produit alors trois fichiers avec les noms **fichier_sortie.shx**, **fichier_sortie.shp** et **fichier_sortie.dbf**. Effacer le fichier de type **.dbf** et remplacer le par celui que vous aviez créé dans MAPINFO auparavant en lui donnant le même nom que les fichiers de type **.shx** et **.shp** (si ARCVIEW arrive à ouvrir le fichier (comme expliqué dans le paragraphe suivant) sans que vous ayez interchangé le fichier **.dbf**, cette étape est facultative).

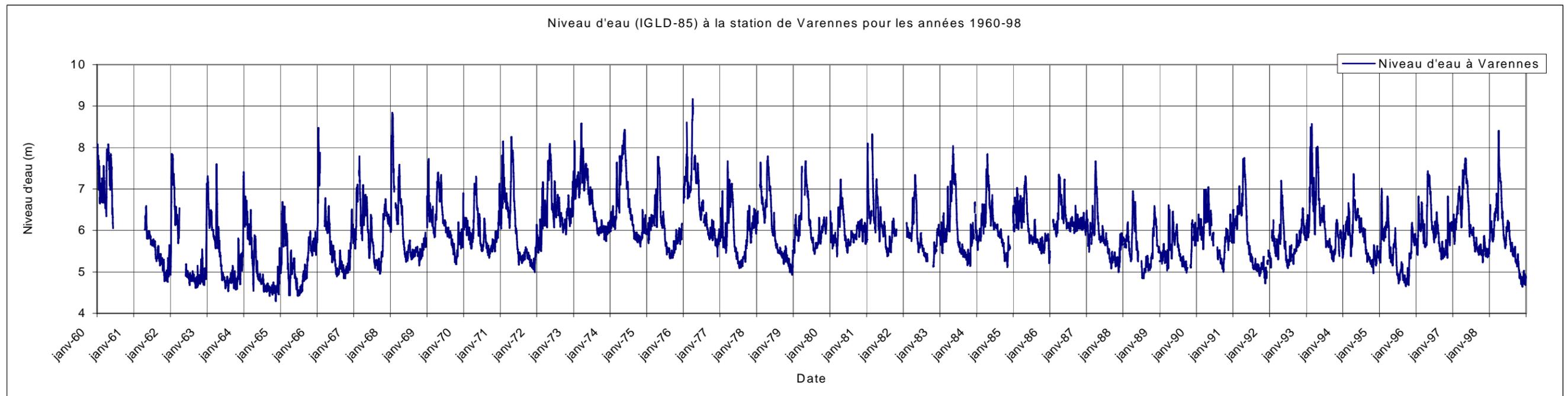
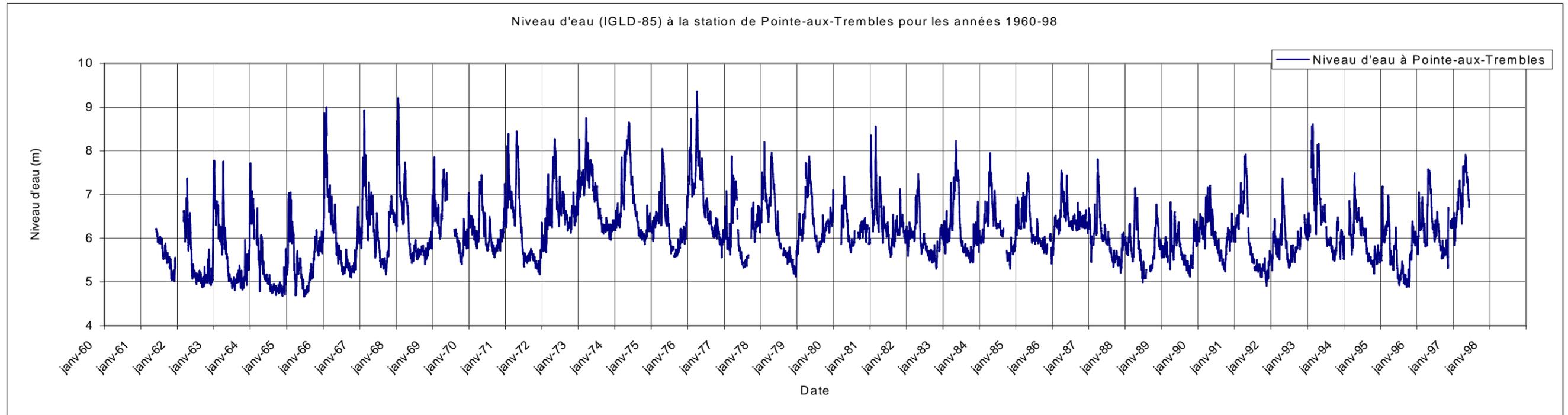
Dans ARCVIEW, choisir **File→New Project**. Une nouvelle fenêtre apparaît avec divers icônes (Views, Tables, Charts, Layouts et Scripts). Cliquer l'icône **Views** et cliquer le bouton **New**. Une nouvelle fenêtre est alors créée avec un ensemble d'outils dans le haut de la fenêtre. Dans le menu, choisir **View→ Add Theme...** Sélectionner le **Data Source Type : Feature Data Source**. Choisir le fichier **.shp** que vous avez importé plus tôt et cliquez **OK**. Votre fichier MAPINFO est maintenant dans un format ARCVIEW que vous pouvez sauvegarder sous forme de projet ARCVIEW.

Création d'une partition de maillage couvrant les secteurs d'intérêts autour de la rivière aux Pins.

Lorsque le semis de points et les données de bathymétrie sont importés dans le MODELEUR, une partition de maillage est construite, couvrant l'ensemble de la région d'intérêt. Cette partition sera par la suite assemblée en maillage et c'est sur ce maillage que seront projetées les autres informations comme les niveaux d'eau, la végétation, les températures et les autres informations qui seront obtenues lors d'étapes ultérieures du projet de modélisation de la rivière aux Pins.

Topographie
(m)





Programmes

#1 -- Plin2sem.bas

```
DECLARE SUB topo (cote$, topopoint!, topoligne!)
'Programme pour convertir les polylines des fichiers .MID et
.MIF en fichier de
'.SEM et .BTH
'Daniel Rioux et Jean Morin, Environnement Canada, fevrier
2000
'-----
CLS
LOCATE 1, 1
COLOR 7
PRINT "Combine les fichiers .mid et .mif en fichier .sem"
PRINT
PRINT "-----"
PRINT
'INPUT "Quel est le fichier .mid et .mif a traiter (sans extension)";
debut$
debut$ = "c:\test"
fichiermid$ = debut$ + ".mid"
fichiermif$ = debut$ + ".mif"
fichiersem$ = debut$ + ".sem"
fichierbth$ = debut$ + ".bth"
fichiermpsem$ = debut$ + ".tm1"
fichiermpbth$ = debut$ + ".tm2"

OPEN fichiermpsem$ FOR OUTPUT AS #30
OPEN fichiermpbth$ FOR OUTPUT AS #40

OPEN fichiermid$ FOR INPUT AS #2
OPEN fichiermif$ FOR INPUT AS #1
OPEN fichiersem$ FOR OUTPUT AS #3
OPEN fichierbth$ FOR OUTPUT AS #4

cmt# = 0

'----- boucle du fichier complet
DO

LOCATE 6, 1
COLOR 14
LINE INPUT #1, cherche$
cherche$ = LTRIM$(RTRIM$(cherche$)) 'retire les espaces
blancs des 2 cotes de la chaine

debut$ = LEFT$(cherche$, 5)
nbrline$ = MID$(cherche$, 6)
nbrline% = VAL(nbrline$)
IF debut$ = "Pline" THEN
LINE INPUT #2, cote$ 'lecture dans le MID
CALL topo(cote$, topopoint, topoligne)

'----- traitement des lignes et des points
IF topoligne = 0 THEN 'presence d'un point
FOR i% = 1 TO nbrline%
LINE INPUT #1, coor$
NEXT
PRINT #30, coor$
PRINT #40, topopoint
cmt# = cmt# + 1
END IF

'-----'
IF topopoint = 0 THEN 'presence d'une ligne
FOR i% = 1 TO nbrline%
LINE INPUT #1, coor$

PRINT #30, coor$
PRINT #40, topoligne
cmt# = cmt# + 1
NEXT
END IF
END IF
LOCATE 10, 10
PRINT cmt#
```

```
LOOP WHILE NOT EOF(1)
CLOSE #1
CLOSE #2
CLOSE #30
CLOSE #40
```

```
OPEN fichiermpsem$ FOR INPUT AS #30
OPEN fichiermpbth$ FOR INPUT AS #40
```

```
PRINT #3, "transformation=cartographique"
PRINT #3, "datum=init=dtm_mol.dtm:mol_nar_b"
PRINT #3, "projection=init=quebec_mtm.pjc:mtm8n_nad83"
```

```
PRINT #3, cmt#, " 2"
PRINT #4, cmt#
cmligne# = 0
```

```
DO
cmligne# = cmligne# + 1
LINE INPUT #30, ligne$
LINE INPUT #40, ligne2$
```

```
PRINT #3, cmligne#, ligne$
PRINT #4, ligne2$
```

```
LOOP WHILE NOT EOF(30)
CLOSE #30
CLOSE #40
KILL fichiermpsem$
KILL fichiermpbth$
```

```
END
```

```
SUB topo (cote$, topopoint, topoligne)
```

```
j% = 1 'compteur de caractere
k% = 0 'compteur de virgule
longligne% = LEN(cote$)
DO
test% = INSTR(j%, cote$, ",")
j% = test% + 1
k% = k% + 1
IF k% = 6 THEN premvir% = test%
IF k% = 7 THEN secvir% = test%
LOOP WHILE k% < 7
topop$ = MID$(cote$, premvir% + 1, secvir% - premvir% - 1)
topol$ = MID$(cote$, secvir% + 1, longligne% - secvir%)
topoligne = VAL(topop$)
topopoint = VAL(topol$)
END SUB
```

#2 - Plinred2sem.bas

```
DECLARE SUB topo (cote$, topopoint!, topoligne!)
'Programme pour convertir les polygones des fichiers .MID et
.MIF en
'fichier de .SEM et .BTH tout en eliminant certains points
lorsqu'ils
'sont trop rapproches
'Daniel Rioux et Jean Morin, Environnement Canada, fevrier
2000
'
```

```
CLS
LOCATE 1, 1
COLOR 7
PRINT "Combine les fichiers .mid et .mif en fichier .sem et .bth
tout en"
PRINT "eliminant les points trop rapproches"
PRINT
PRINT
PRINT "Quel est le fichier .mid et .mif a traiter (sans extension)";
debut$
debut$ = "c:\test"
'INPUT "Quel est la distance critique?"; distCrit!
distCrit! = 2.5
fichiermid$ = debut$ + ".mid"
fichiermif$ = debut$ + ".mif"
fichiersem$ = debut$ + ".sem"
fichierbth$ = debut$ + ".bth"
fichiermpsem$ = debut$ + ".tm1"
fichiermpbth$ = debut$ + ".tm2"

OPEN fichiermpsem$ FOR OUTPUT AS #30
OPEN fichiermpbth$ FOR OUTPUT AS #40

OPEN fichiermid$ FOR INPUT AS #2
OPEN fichiermif$ FOR INPUT AS #1
OPEN fichiersem$ FOR OUTPUT AS #3
OPEN fichierbth$ FOR OUTPUT AS #4
```

```
cmtn# = 0

'----- boucle du fichier complet
DO
LOCATE 6, 1
COLOR 14
LINE INPUT #1, cherche$
cherche$ = LTRIM$(RTRIM$(cherche$)) 'retire les espaces
blancs des 2 cotes de la chaine
debut$ = LEFT$(cherche$, 5)
nbrline$ = MID$(cherche$, 6)
nbrline% = VAL(nbrline$)
IF debut$ = "Pline" THEN
LINE INPUT #2, cote$ 'lecture dans le MID
CALL topo(cote$, topopoint!, topoligne)
```

```
'----- traitement des lignes et des points
IF topoligne = 0 THEN 'presence d'un point
FOR i% = 1 TO nbrline%
LINE INPUT #1, coord$
NEXT
PRINT #30, coord$
PRINT #40, topopoint
cmtn# = cmtn# + 1
END IF
```

```
'-----
IF topopoint = 0 THEN 'presence d'une ligne
FOR i% = 1 TO nbrline%
retour:
INPUT #1, x#, y#
IF i% = 1 THEN
ax# = x#
ay# = y#
END IF
IF i% > 1 THEN
bx# = x#
```

```
by# = y#
dist! = SQR((bx# - ax#) ^ 2 + (by# - ay#) ^ 2)
IF dist! < distCrit! AND i% < nbrline% THEN
i% = i% + 1
GOTO retour
ELSEIF dist! > distCrit! THEN
PRINT #30, USING "#####.###"; ax#;
PRINT #30, " ";
PRINT #30, USING "#####.###"; ay#
PRINT #40, topoligne
cmtn# = cmtn# + 1
ax# = bx#
ay# = by#
END IF
END IF
NEXT
END IF
LOCATE 10, 10
PRINT cmtn#
LOOP WHILE NOT EOF(1)
CLOSE #1
CLOSE #2
CLOSE #30
CLOSE #40
```

```
OPEN fichiermpsem$ FOR INPUT AS #30
OPEN fichiermpbth$ FOR INPUT AS #40

PRINT #3, "transformation=cartographique"
PRINT #3, "datum=init=dtm_mol.dtm:mol_nar_b"
PRINT #3, "projection=init=quebec_mtrm.pjc:mtm8n_nad83"
```

```
PRINT #3, cmtn#; " 2"
PRINT #4, cmtn#
cmpligne# = 0
```

```
DO
cmpligne# = cmpligne# + 1
LINE INPUT #30, ligne$
LINE INPUT #40, ligne2$
```

```
PRINT #3, cmpligne#; ligne$
PRINT #4, ligne2$
```

```
LOOP WHILE NOT EOF(30)
CLOSE #30
CLOSE #40
KILL fichiermpsem$
KILL fichiermpbth$
END
```

```
SUB topo (cote$, topopoint!, topoligne)
```

```
j% = 1 'compteur de caractere
k% = 0 'compteur de virgule
```

```
longligne% = LEN(cote$)

DO
test% = INSTR(j%, cote$, ",")
j% = test% + 1
k% = k% + 1
IF k% = 6 THEN premvir% = test%
IF k% = 7 THEN secvir% = test%
```

```
LOOP WHILE k% < 7
topop$ = MID$(cote$, premvir% + 1, secvir% - premvir% - 1)
topol$ = MID$(cote$, secvir% + 1, longligne% - secvir%)
topoligne = VAL(topop$)
topopoint = VAL(topol$)
END SUB
#3 - Pl2sem2.bas
```

```
DECLARE SUB pline (topopoint!, topoligne!, nbrligne#, cmtn#,
coord#())
DECLARE SUB cretecreux (topoline!, topopoint!, nbrligne#, cmtn#,
coord#())
DECLARE SUB topo (cote$, topopoint!, topoligne!, colpas!)
```

'Programme pour convertir les polygones des fichiers .MID et .MIF en
 'fichier de .SEM et .BTH tout en eliminant certains points lorsqu'ils
 'sont trop rapproches et qui tient compte des lignes de creux ou cretes.
 'Ces lignes de cretes ou creux permettent d'interpoler de nouveaux points
 'entre deux valeurs min et max definies dans le fichier .MIF lorsque les
 'points sont plus distants qu'une certaine valeur critique.

'Daniel Rioux et Jean Morin, Environnement Canada, fevrier 2000

```
CLS
LOCATE 1, 1
COLOR 7
PRINT "Combine les fichiers .mid et .mif en fichier .sem et .bth tout en"
PRINT "eliminant les points trop rapproches"
PRINT
PRINT
PRINT "INPUT \"Quel est le fichier .mid et .mif a traiter (sans extension)\";
debut$
debut$ = "c:\test"
INPUT "Quel est la distance critique?"; distcrit!
distcrit! = 1.9
hcrit! = .25
fichiermid$ = debut$ + ".mid"
fichiermif$ = debut$ + ".mif"
fichiersem$ = debut$ + ".sem"
fichierbth$ = debut$ + ".bth"
fichiermpsem$ = debut$ + ".tm1"
fichiermpbth$ = debut$ + ".tm2"
DIM coord#(1 TO 10, 1 TO 2)
OPEN fichiermpsem$ FOR OUTPUT AS #30
OPEN fichiermpbth$ FOR OUTPUT AS #40

OPEN fichiermid$ FOR INPUT AS #2
OPEN fichiermif$ FOR INPUT AS #1
OPEN fichiersem$ FOR OUTPUT AS #3
OPEN fichierbth$ FOR OUTPUT AS #4

cmt# = 0

'----- boucle du fichier complet
DO
LOCATE 6, 1
COLOR 14
LINE INPUT #1, cherche$
cherche$ = LTRIM$(RTRIM$(cherche$)) 'retire les espaces blancs des 2 cotes de la chaine
debut$ = LEFT$(cherche$, 5)
nbrline$ = MID$(cherche$, 6)
nbrline& = VAL(nbrline$)
IF debut$ = "Pline" THEN
LINE INPUT #2, cote$ 'lecture dans le MID
CALL topo(cote$, topopoint, topoligne, colpas)

'----- traitement des lignes et des points
'cas d'une crete ou creux avec passage
'de plusieurs cretecreux
IF topoligne <> 0 AND topopoint <> 0 AND colpas = 0 THEN
REDIM coord#(1 TO nbrline&, 1 TO 2)
CALL pline(topoligne!, topopoint!, nbrline&, cmt#, coord#())
END IF

'----- 'cas d'une crete ou creux avec passage
'd'une seule cretecreux
IF topoligne <> 0 AND topopoint <> 0 AND colpas <> 0 THEN
REDIM coord#(1 TO nbrline&, 1 TO 2)
CALL cretecreux(topoligne!, topopoint!, nbrline&, cmt#, coord#())
```

```
END IF
'-----
IF topoligne = 0 THEN 'presence d'un point
FOR i% = 1 TO nbrline&
LINE INPUT #1, coor$
NEXT
PRINT #30, coor$
PRINT #40, topopoint
cmt# = cmt# + 1
END IF
'-----
IF topopoint = 0 THEN 'presence d'une ligne
FOR i% = 1 TO nbrline&
Retour:
INPUT #1, x#, y#
IF i% = 1 THEN
ax# = x#
ay# = y#
END IF
IF i% > 1 THEN
bx# = x#
by# = y#
dist! = SQR((bx# - ax#) ^ 2 + (by# - ay#) ^ 2)
IF dist! < distcrit! AND i% < nbrline& THEN
i% = i% + 1
GOTO Retour
ELSEIF dist! > distcrit! THEN
PRINT #30, USING "#####.##"; ax#;
PRINT #30, " ";
PRINT #30, USING "#####.##"; ay#;
PRINT #40, topoligne
cmt# = cmt# + 1
ax# = bx#
ay# = by#
END IF
END IF
NEXT
END IF
END IF
LOCATE 10, 10
PRINT cmt#
LOOP WHILE NOT EOF(1)
CLOSE #1
CLOSE #2
CLOSE #30
CLOSE #40

OPEN fichiermpsem$ FOR INPUT AS #30
OPEN fichiermpbth$ FOR INPUT AS #40

PRINT #3, "transformation=cartographique"
PRINT #3, "datum=init=dtm_mol.dtm:mol_nar_b"
PRINT #3, "projection=init=quebec_mtm.pjc:mtm8n_nad83"

PRINT #3, cmt#: " 2"
PRINT #4, cmt#
cmpligne# = 0

DO
cmpligne# = cmpligne# + 1
LINE INPUT #30, ligne$
LINE INPUT #40, ligne2$
PRINT #3, cmpligne#, ligne$
PRINT #4, ligne2$
LOOP WHILE NOT EOF(30)
CLOSE #30
CLOSE #40
KILL fichiermpsem$
KILL fichiermpbth$
END

SUB cretecreux (topoligne!, topopoint!, nbrline&, cmt#, coord#())
SHARED distcrit!
SHARED valiso!
distcum# = 0
ax# = 0
ay# = 0
```

```

bx# = 0
by# = 0

'----- Calcul de la longueur du segment
FOR i% = 1 TO nbrline&

INPUT #1, coord#(i%, 1), coord#(i%, 2)
ax# = coord#(i%, 1)
ay# = coord#(i%, 2)
IF i% > 1 THEN
  newdist# = SQR((bx# - ax#) ^ 2 + (by# - ay#) ^ 2)
  distcum# = distcum# + newdist#
END IF

bx# = ax#
by# = ay#

NEXT

'----- Boucle pour inserer les points dans un
'nouveau fichier
hautr = topopoint! - topoligne!
pente! = hautr / distcum#
IF hautr < 0 THEN sens = -1 ELSE sens = 1

FOR j% = 1 TO nbrline& - 1 'Boucle des points de base

IF j% = 1 THEN
  PRINT #30, USING "#####.##"; coord#(j%, 1);
  PRINT #30, " ";
  PRINT #30, USING "#####.##"; coord#(j%, 2)
  PRINT #40, topoligne!
  dist# = SQR((coord#(j% + 1, 1) - coord#(j%, 1)) ^ 2 +
(coord#(j% + 1, 2) - coord#(j%, 2)) ^ 2)
  newtopo! = topoligne! + ((dist# / distcum#) * hautr)
  oldtopo! = topoligne!
  cmt# = cmt# + 1
ELSEIF j% > 1 THEN
  oldtopo! = newtopo!
  dist# = SQR((coord#(j% + 1, 1) - coord#(j%, 1)) ^ 2 +
(coord#(j% + 1, 2) - coord#(j%, 2)) ^ 2)
  PRINT #30, USING "#####.##"; coord#(j%, 1);
  PRINT #30, " ";
  PRINT #30, USING "#####.##"; coord#(j%, 2)
  PRINT #40, newtopo!
  newtopo! = newtopo! + ((dist# / distcum#) * hautr)
  cmt# = cmt# + 1
END IF

'----- rajoute les points dans un segment

nbrpoint% = (dist# / distcrit!) - 1 'nbre de points rajoutes
IF nbrpoint% > 0 THEN
  distx# = (coord#(j% + 1, 1) - coord#(j%, 1)) / (nbrpoint% + 1)
  disty# = (coord#(j% + 1, 2) - coord#(j%, 2)) / (nbrpoint% + 1)
  h! = (pente! * dist!) / (nbrpoint% + 1)

  FOR k% = 1 TO nbrpoint% 'Boucle des points
rajoutes
    x# = coord#(j%, 1) + k% * distx#
    y# = coord#(j%, 2) + k% * disty#
    PRINT #30, USING "#####.##"; x#;
    PRINT #30, " ";
    PRINT #30, USING "#####.##"; y#;
    PRINT #40, oldtopo! + (sens * k% * h!)
    cmt# = cmt# + 1
  NEXT
END IF
NEXT

'-----Imprime le dernier point
PRINT #30, USING "#####.##"; coord#(nbrline&, 1);
PRINT #30, " ";
PRINT #30, USING "#####.##"; coord#(nbrline&, 2)
PRINT #40, topopoint!
cmt# = cmt# + 1
END SUB

SUB pline (topoligne!, topopoint!, nbrline&, cmt#, coord#())
SHARED hcrit!
SHARED distcrit!

```

```

FOR i% = 1 TO nbrline&
  INPUT #1, coord#(i%, 1), coord#(i%, 2)
NEXT

pente = topopoint! - topoligne!
IF pente < 0 THEN sens = -1 ELSE sens = 1

FOR j% = 1 TO nbrline& - 1
  dist# = SQR((coord#(j% + 1, 1) - coord#(j%, 1)) ^ 2 +
(coord#(j% + 1, 2) - coord#(j%, 2)) ^ 2)
  nbrpoint% = (dist# / distcrit!) - 1 'nbre de points rajoutes
  IF nbrpoint% > 0 THEN
    pas! = hcrit! / (nbrpoint% + 1)
    PRINT #30, USING "#####.##"; coord#(j%, 1);
    PRINT #30, " ";
    PRINT #30, USING "#####.##"; coord#(j%, 2)
    newtopo! = topoligne! + sens * ((j% - 1) * hcrit!)
    PRINT #40, newtopo!
    cmt# = cmt# + 1
    distx# = (coord#(j% + 1, 1) - coord#(j%, 1)) / (nbrpoint% + 2)
    disty# = (coord#(j% + 1, 2) - coord#(j%, 2)) / (nbrpoint% + 2)
    FOR k% = 1 TO nbrpoint%
      x# = coord#(j%, 1) + k% * distx#
      y# = coord#(j%, 2) + k% * disty#
      PRINT #30, USING "#####.##"; x#;
      PRINT #30, " ";
      PRINT #30, USING "#####.##"; y#;
      PRINT #40, newtopo! + (sens * k% * pas!)
      cmt# = cmt# + 1
    NEXT
  END IF
NEXT
PRINT #30, USING "#####.##"; coord#(nbrline&, 1);
PRINT #30, " ";
PRINT #30, USING "#####.##"; coord#(nbrline&, 2)
PRINT #40, topopoint!
cmt# = cmt# + 1
END SUB

SUB topo (cote$, topopoint, topoligne, colpas)
j% = 1 'compteur de caractere
k% = 0 'compteur de virgule

longligne% = LEN(cote$)

DO
  test% = INSTR(j%, cote$, ",")
  j% = test% + 1
  k% = k% + 1
  IF k% = 6 THEN premvir% = test%
  IF k% = 7 THEN secvir% = test%
  IF k% = 8 THEN trosvir% = test%

  LOOP WHILE k% < 8
  topop$ = MID$(cote$, premvir% + 1, secvir% - premvir% - 1)
  topol$ = MID$(cote$, secvir% + 1, trosvir% - secvir% - 1)
  colp$ = MID$(cote$, trosvir% + 1, longligne% - trosvir%)
  topoligne = VAL(topop$)
  topopoint = VAL(topol$)
  colpas = VAL(colp$)
END SUB

#4 - Sem2brut.bas

'Daniel Rioux, Environnement Canada, fevrier 2000

CLS
LOCATE 1, 1
COLOR 7
PRINT "Prend un semis et un champ scalaire de topo pour faire
un fichier"
PRINT "donnees brute de terrain"
PRINT
*****
PRINT
'INPUT "Quel est le fichier .sem, .bth a traiter (sans extension)";
debut$

```

```
debut$ = "c:\test"
fichiersem$ = debut$ + ".sem"
fichierbth$ = debut$ + ".bth"
fichierbrut$ = debut$ + ".ter"

OPEN fichiersem$ FOR INPUT AS #1
OPEN fichierbth$ FOR INPUT AS #2
OPEN fichierbrut$ FOR OUTPUT AS #3

cmt& = 0

FOR i% = 1 TO 3
  LINE INPUT #1, entete$
  PRINT #3, entete$
NEXT
LINE INPUT #1, nbretdim$
INPUT #2, nbr&

PRINT #3, nbr&
FOR j& = 1 TO nbr&
  INPUT #1, a&, x#, y#
  INPUT #2, z!
  PRINT #3, x#, y#, z!, 0
  LOCATE 10, 10
  PRINT j&
NEXT
CLOSE #1
CLOSE #2
CLOSE #3
END
```