

155

DA2

Dérivation partielle de la rivière Manouane
par Hydro-Québec

Saguenay—Lac-Saint-Jean 6211-10-005

ACCROISSEMENT DE LA
PRODUCTION SALMONICOLE
DE LA RIVIÈRE BETSIAMITES
RAPPORT DES ACTIVITÉS 1994



SHOONER

HQ
ENVI
95
1745

GENIVAR

#36995

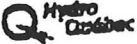
el 1

HQ

ENV1

95

1745

 Centre de documentation
18^e étage-H2Z 1A4

ACCROISSEMENT DE LA
PRODUCTION SALMONICOLE
DE LA RIVIÈRE BETSIAMITES
RAPPORT DES ACTIVITÉS 1994

présenté à la

vice-présidence Environnement
Hydro-Québec

et au

Conseil de bande de Betsiamites

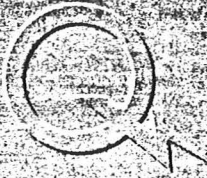
JUILLET 1995

SHOONER

Groupe Environnement Shooner

5355, boulevard des Gradins, bureau 101, Québec (Québec) G2J 1C8 - télécopieur : (418) 623-2434 - téléphone : (418) 623-2010

GENIVAR



RAPPORT D'ÉTUDE - SOMMAIRE

Auteurs et titre (pour fin de citation) :

LÉVESQUE, F., BOURGEOIS, G., BELZILE, L., THÉBERGE, C. ET A. BOUDREAU. 1995. Accroissement de la production salmonicole de la rivière Betsiamites. Rapport d'activités 1994. Rapport du Groupe Environnement Shooner inc. pour la Vice-présidence Environnement, Hydro-Québec. 112 p., annexes et carte en pochette.

Cadre et objectifs :

L'étude porte sur la rivière Betsiamites et ses tributaires, dans la portion comprise entre son embouchure sur le fleuve Saint-Laurent et le barrage Bersimis 2 situé à 71 km plus en amont. Cette rivière possède un régime hydrologique régularisé depuis près de 40 ans. Sa population de saumon atlantique (*Salmo salar* L.) est exploitée depuis longtemps par les montagnais qui pratiquent la pêche au filet sur le cours principal de la rivière.

En 1990, Hydro-Québec concluait avec le Conseil de bande de Betsiamites une entente de cinq ans (1990 à 1994) visant à déterminer les moyens à prendre pour accroître la population de saumons dans la rivière. Les objectifs de l'entente sont regroupés en deux phases : la première consiste à mieux connaître l'état de l'habitat et son potentiel, de même que l'état et les caractéristiques des populations de saumons juvéniles et adultes. La seconde phase porte sur l'identification des contraintes à l'accroissement de la production salmonicole et sur la mise en oeuvre de moyens pour rehausser la population de saumons de la rivière Betsiamites.

Résumé :

L'activité de pêche pratiquée par les autochtones dans la rivière Betsiamites a connu une baisse en 1994 avec un effort de pêche (2906 filets-jours) totalisant près de la moitié celui déployé en 1993 (5024 filets-jours). Le succès de pêche au saumon estimé à 0,030 saumon-filet-jour a été l'un des plus faibles observé depuis le début du suivi (moyenne : 0,040; minimum : 0,020 et maximum : 0,054 saumon/filet-jour). La récolte évaluée à 87 saumons était la plus faible des cinq années du suivi. Les captures des pêcheurs étaient dominées par des saumons âgés de deux ans en mer (64,7 %), suivis des saumons à fraies antérieures (20,6 %), des saumons ayant passé une année en mer (10,3 %) et, finalement, des saumons de trois ans en mer (4,4 %). L'examen des écailles des saumons adultes a révélé que 92,5 % de ceux-ci avaient séjourné seulement deux ans en rivière avant de migrer vers la mer. La lecture d'écailles de saumonceaux capturés dans l'estuaire apporte des résultats similaires montrant que 95,1 % des spécimens étaient âgés de deux ans. L'âge moyen des saumonceaux a été évalué à 2,05 ans. La descente vers la mer des saumonceaux s'est produite du 8 juin au 20 juillet avec un sommet atteint entre le 18 et le 25 juin. Le nombre total de nids de saumons répertoriés sur les frayères des rivières Betsiamites et Boucher (n = 104) était équivalent à celui de 1993 (n = 98), mais inférieur à ceux des années 1991 (n = 172) et 1992 (n = 208).

La température de l'eau dans la rivière Betsiamites est plus fraîche durant l'été que dans la rivière Boucher. Elle se refroidit plus lentement en automne, est de 1 à 2 °C plus chaude en hiver et se réchauffe plus lentement au printemps. Le niveau d'eau à quelques kilomètres en aval de la centrale Bersimis 2 (km 65) fluctue très fréquemment dans une fourchette de 1,5 à 2 m avec des pointes pouvant atteindre jusqu'à 3 m en hiver. Le régime hydraulique de la rivière Boucher est du type nival, caractéristique des rivières du Québec. Les analyses granulométriques indiquent que le site témoin sur la rivière Boucher est plus favorable à la reproduction du saumon et au développement de leurs oeufs que le km 65 et le km 67 de la rivière Betsiamites. À l'opposé, le km 67 de la Betsiamites est le site où la qualité granulométrique du substrat est la plus médiocre. Par ailleurs, à tous les sites échantillonnés, on constate une augmentation de la proportion de particules fines durant l'été, comparativement à l'hiver et à l'automne précédents.

Un total de 50 030 oeufs de ouananiches a été déposé à l'automne 1993 dans l'incubateur aménagé sur le ruisseau du Mille 45, dont 73 % sont éclos et 35 % sont parvenus à l'émergence. Les juvéniles issus d'oeufs développés deux ans auparavant dans cet incubateur présentaient une densité de 6 tacons 1⁺/100 m², en 1994. La survie des juvéniles entre les stades 0⁺ et 1⁺ est évaluée à 46,2 %. La pêche à fascine communautaire a permis de capturer cinq saumons dont aucun n'a pu être récupéré indemne pour la production d'oeufs. Des petits filets trappes adaptés aux filets des pêcheurs autochtones ont aussi été employés sans capturer de géniteurs vivants.

La modélisation des habitats a permis d'élaborer un scénario de gestion qui propose des recommandations sur les débits minimums à maintenir au cours des diverses phases du cycle de vie du saumon (croissance juvénile, fraie et incubation) et sur la diminution des fluctuations du débit.

Mots clés : saumon atlantique, centrale hydroélectrique, pêche traditionnelle, saumonceaux, tacons, population adulte, caractéristiques biologiques, structure d'âge, incubateur, granulométrie des frayères, modèle hydrodynamique, gestion des débits.

Version : finale

Date : juillet 1995



ÉQUIPE DE RÉALISATION

Hydro-Québec

Chargé de projet (vice-présidence Environnement)	:	Richard Verdon ¹
Chargé de projet (région Manicouagan)	:	Benoît Vanier ¹

Conseil de bande de Betsiamites

Chargé de dossier	:	Normand Bacon ¹
Conseiller scientifique	:	Sylvain Saint-Gelais ¹
Aide technique et guide	:	Philippe Rock

Ministère de l'Environnement et de la Faune

Responsable de dossier - Conseiller scientifique (Direction de la gestion de la faune et des habitats)	:	François Caron ¹
Responsable de dossier - Conseiller scientifique (Direction régionale de la Côte-Nord)	:	Michel Brault ¹

Naturam

Chargé de projet	:	Claude Théberge ¹
Collaborateur	:	Bernard Bélanger
Assistance technique	:	Sacha Bois Nick Girard

Institut national de recherche scientifique

Directeur de projet	:	Michel Leclerc
Collaborateurs	:	Paul Boudreau Yves Secretan

Groupe Environnement Shooner inc.

Directeur de projet	:	André Boudreault ¹
Chargé de projet	:	Frédéric Lévesque ¹
Collaborateurs	:	Sylvie Asselin Louis Belzile Gilles Bourgeois Micheline Garceau

¹ Membres du comité technique sur le saumon de la Betsiamites.

ÉQUIPE DE RÉALISATION (suite)

Groupe Environnement Shooner inc. (suite)

Assistance technique	:	Michel Beaurivage Éric Braün Rémi Bureau Robert Côté Daniel Dussault Micheline Garceau Jean-Guy Ladouceur Claude Lemieux Jacques Mercier
Arpentage	:	Daniel Bilodeau Ghyslain Leclerc
Cartographie	:	Johanne Boulanger Francis Rondeau Anne Boissonneault
Traitement de texte	:	Nataly Aubert Michelle Métivier

¹ Membres du comité technique sur le saumon de la Betsiamites.

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
RAPPORT D'ÉTUDE : SOMMAIRE	i
ÉQUIPE DE RÉALISATION	ii
TABLE DES MATIÈRES.....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES FIGURES.....	ix
LISTE DES ANNEXES	xi
1. INTRODUCTION	1
2. SUIVI DE LA PÊCHE DES AUTOCHTONES	3
2.1 Méthodologie	3
2.2 Résultats et discussion.....	4
2.2.1 Statistiques de pêche	6
2.2.1.1 Effort de pêche.....	9
2.2.1.2 Captures	9
2.2.1.3 Succès de pêche.....	11
2.2.1.4 Comparaisons interannuelles des statistiques de pêche	12
2.2.2 Caractéristiques biologiques des saumons adultes.....	14
2.2.2.1 Structure d'âge.....	14
2.2.2.2 Longueur et masse.....	16
2.2.2.3 Âge à la smoltification.....	18
3. DONNÉES HYDROMÉTRIQUES.....	20
3.1 Matériel et méthode.....	20
3.1.1 Température de l'eau	20
3.1.2 Niveau d'eau	20
3.2 Résultats et discussion.....	21
3.2.1 Température de l'eau	21
3.2.2 Niveau d'eau	24
4. CAPTURE DE REPRODUCTEURS VIVANTS	27
4.1 Méthodologie	27
4.1.1 Pêche à fascine.....	27
4.1.2 Petits filets trappes adaptés	29
4.2 Résultats et discussions.....	29
4.2.1 Pêche à fascine.....	29
4.2.2 Petits filets trappes adaptés	31
4.2.3 Efficacité des techniques de capture de saumons vivants	31

TABLE DES MATIÈRES (suite)

	<i>Page</i>
5. DÉVALAISON DES SAUMONNEAUX.....	35
5.1 Méthodologie	35
5.2 Résultats et discussion.....	36
5.2.1 Période de migration	36
5.2.2 Caractéristiques biologiques.....	38
6. INVENTAIRE DES FRAYÈRES.....	39
6.1 Matériel et méthode.....	39
6.2 Résultats et discussion.....	40
6.2.1 Décompte des nids.....	40
6.2.2 Présence d'oeufs dans les nids.....	42
7. ANALYSES DES SUBSTRATS DE FRAIE	45
7.1 Problématique et objectifs spécifiques	45
7.2 Méthodes	46
7.2.1 Récolte des échantillons.....	46
7.2.2. Stratégie d'échantillonnage	46
7.2.3 Analyse des échantillons	50
7.2.4 Évaluation de la qualité du substrat.....	51
7.3 Résultats et discussion.....	54
7.3.1 Aspects physiques (composition granulométrique).....	54
7.3.1.1 Comparaison entre les sites.....	54
7.3.1.2 Comparaison entre les saisons	57
7.3.2 Comparaison nids-hors-nids	57
7.3.3 Aspects biologiques (taux de survie théorique).....	60
8. SUIVI DES INCUBATEURS	61
8.1 Matériel et méthode.....	61
8.2 Résultats et discussion.....	63
8.2.1 Dates d'éclosion et d'émergence.....	63
8.2.2 Taux de survie à l'éclosion et à l'émergence	67
9. SUIVI DES JUVÉNILES PRODUITS EN 1993 DANS L'INCUBATEUR DU RUISSEAU DU MILLE 45	72
9.1 Méthodologie	72
9.2 Résultats et discussion.....	72

TABLE DES MATIÈRES (suite)

	<i>Page</i>
10. MODÉLISATION DES HABITATS	75
10.1 Méthodologie	75
10.1.1 Site à l'étude.....	76
10.1.2 Relevés physiques.....	76
10.1.3 Modélisation hydrodynamique.....	78
10.1.4 Modèle d'habitat pour le saumon atlantique	80
10.1.5 Dynamique des habitats.....	86
10.1.6 Analyses hydrologiques	88
10.2 Résultats.....	89
10.2.1 Validation de la simulation hydrodynamique.....	89
10.2.2 Relation entre l'APU et le débit	89
10.2.3 Analyses hydrologiques	92
10.2.4 Influence des fluctuations de débits sur les habitats	96
10.2.5 Résumé des résultats	101
10.3 Scénario de gestion des débits	103
11. CONCLUSION	106
12. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	109

LISTE DES TABLEAUX

	<i>Page</i>
TABLEAU 2.1	Nombre de pêcheurs autochtones par catégorie d'âges dans la communauté de Betsiamites en 1994.....6
TABLEAU 2.2	Statistiques hebdomadaires de pêche sur la rivière Betsiamites, de 1990 à 1994.....7
TABLEAU 2.3	Statistiques de pêche au saumon par secteur dans la rivière Betsiamites au cours de la période de suivi (6 juin au 11 septembre 1994)..... 11
TABLEAU 2.4	Structure d'âge des saumons adultes capturés par la pêche autochtone dans la rivière Betsiamites de 1990 à 1994..... 16
TABLEAU 2.5	Caractéristiques biologiques des saumons capturés dans la rivière Betsiamites en 1994..... 17
TABLEAU 2.6	Fréquence relative du nombre d'années passées en eau douce des saumons de la rivière Betsiamites selon les lectures d'écailles d'adultes capturés de 1990 à 1994..... 19
TABLEAU 4.1	Nombre de saumons atlantiques adultes capturés pour la récupération de reproducteurs vivants dans la pêche à fascine de la rivière Betsiamites en 1994..... 31
TABLEAU 5.1	Caractéristiques biologiques des saumonnetaux échantillonnés dans la rivière Betsiamites en 1994..... 38
TABLEAU 6.1	Dénombrement des nids de saumons répertoriés dans les rivières Betsiamites et Boucher en 1994..... 41
TABLEAU 6.2	Répartition annuelle des nids dans les sites de fraie utilisés par le saumon de la rivière Betsiamites et de ses tributaires..... 43
TABLEAU 6.3	Dénombrement des nids avec présence d'oeufs de 1991 à 1994..... 44
TABLEAU 7.1	Nombre d'échantillons de substrat prélevés sur les frayères de la rivière Betsiamites et de son affluent, la rivière Boucher en 1993-1994..... 51
TABLEAU 7.2	Qualité du substrat pour la reproduction du saumon, selon les saisons, aux km 65 et 67 de la rivière Betsiamites et au km 5,9 de la rivière Boucher (milieu témoin)..... 55
TABLEAU 7.3	Comparaison de la qualité du substrat pour la reproduction du saumon entre les échantillons récoltés dans les nids et ceux récoltés en dehors des nids, selon les saisons. 58

LISTE DES TABLEAUX (suite)

	<i>Page</i>
TABLEAU 8.1	Nombre d'oeufs de ouananiche obtenu du Centre Écologique du Lac Saint-Jean..... 64
TABLEAU 8.2	Nombre estimé d'oeufs de ouananiches déposés par claie dans l'incubateur du ruisseau du Mille 45. 65
TABLEAU 8.3	Dates d'éclosion et d'émergence prédites et observées des oeufs de ouananiche déposés dans l'incubateur du ruisseau du Mille 45..... 66
TABLEAU 8.4	Synthèse des résultats du suivi des oeufs déposés dans l'incubateur aménagé sur le ruisseau du Mille 45, en 1994. 68
TABLEAU 8.5	Taux de survie à l'éclosion des oeufs et à l'émergence des alevins de saumon atlantique et de ouananiche dans des incubateurs à courant ascendant observés dans la littérature québécoise..... 71
TABLEAU 9.1	Nombre et abondance relative (%) de saumon atlantique et d'omble de fontaine capturés à la pêche à l'électricité dans le ruisseau du Mille 45 en 1993 et 1994..... 73
TABLEAU 9.2	Caractéristiques biologiques des saumons juvéniles capturés dans le Ruisseau du Mille 45 en 1993 et 1994. 74
TABLEAU 10.1	Coefficients de Manning retenus selon les assemblages granulométriques 82
TABLEAU 10.2	Indices de préférence de substrat pour les saumons juvéniles en fonction des assemblages granulométriques..... 85
TABLEAU 10.3	Écart moyen entre les données mesurées et simulées sur le tronçon du km 65 de la rivière Betsiamites..... 91
TABLEAU 10.4	Fluctuations horaires des débits (en m ³ /s) à l'aval de la centrale Bersimis 2 sur la rivière Betsiamites..... 96
TABLEAU 10.5	Calcul de l'APU moyen pour les alevins sur la période du 15 juin au 30 septembre. Le calcul est basé sur les séries hydrologiques en conditions naturelles et en conditions d'exploitation. 97
TABLEAU 10.6	Vitesses de déplacement des habitats (en mètre par heure) pour le tronçon modélisé de la rivière Betsiamites.....101
TABLEAU 10.7	Scénario de gestion des débits proposé pour l'habitat du saumon de la rivière Betsiamites à l'aval de la centrale Bersimis 2.....105

LISTE DES FIGURES

	<i>Page</i>
FIGURE 2.1 Localisation des secteurs de pêche autochtone sur la rivière Betsiamites.	5
FIGURE 2.2 Évolution de l'effort de pêche quotidien en 1994, rivière Betsiamites.	10
FIGURE 2.3 Succès de pêche hebdomadaire en 1994, rivière Betsiamites.....	10
FIGURE 2.4 Comparaison interannuelle de l'effort de pêche quotidien, rivière Betsiamites.	13
FIGURE 2.5 Comparaison interannuelle du succès de pêche hebdomadaire, rivière Betsiamites.	15
FIGURE 3.1 Évolution de la température de l'eau dans la rivière Betsiamites (km 65), à la sortie de la centrale et dans l'incubateur (déversoir) de juin 1994 à mars 1995.	22
FIGURE 3.2 Évolution de la température de l'eau dans les rivières Boucher (km 1,5) et Betsiamites en 1994.	23
FIGURE 3.3 Variations temporelles des niveaux d'eau enregistrés sur la rivière Betsiamites (km 65) en 1994.....	25
FIGURE 3.4 Variations temporelles des niveaux d'eau enregistrés sur la rivière Boucher (km 1,5) en 1994.	26
FIGURE 4.1. Schéma de construction de la pêche à fascine aménagée dans l'estuaire de la rivière Betsiamites en 1994.....	28
FIGURE 4.2 Schéma de construction du filet trappe adapté aux filets des pêcheurs autochtones de la rivière Betsiamites.	30
FIGURE 5.1 Profil de la migration des saumonneaux vers la mer dans la rivière Betsiamites en 1994.	37
FIGURE 7.1 Position approximative des prélèvements de substrat au km 65 de la rivière Betsiamites (automne 1993, hiver et été 1994).	47
FIGURE 7.2 Position approximative des prélèvements de substrat au km 67 de la rivière Betsiamites (automne 1993, hiver et été 1994).	48
FIGURE 7.3 Position approximative des prélèvements de substrat dans la frayère du km 3,9 de la rivière Boucher (automne 1993, hiver et été 1994).....	49
FIGURE 7.4 Granulométrie moyenne des sédiments recueillis à l'intérieur et à l'extérieur des nids de saumons aux km 67 et 65 de la rivière Betsiamites et au km 3,9 de la rivière Boucher (automne 1993, hiver et été 1994).	56

LISTE DES FIGURES (suite)

	<i>Page</i>
FIGURE 8.1. Localisation de l'incubateur à courant ascendant aménagé sur le ruisseau du Mille 45.....	62
FIGURE 10.1 Localisation du tronçon modélisé au km 65 de la rivière Betsiamites.	77
FIGURE 10.2 Maillage des éléments finis pour le tronçon du km 65 sur la rivière Betsiamites.	79
FIGURE 10.3 Répartition des mesures de vitesse sur le site à l'étude.....	81
FIGURE 10.4 Courbes de préférence d'habitat des alevins et des tacons en fonction de la vitesse et de la profondeur.....	84
FIGURE 10.5 Localisation des zones choisies pour le calcul du déplacement d'habitat.....	87
FIGURE 10.6 Relation entre l'habitat du saumon atlantique et le débit de la rivière Betsiamites pour le tronçon modélisé au km 65. La figure a) présente l'habitat en fonction de l'APU, alors que la figure b) fait le lien entre la surface mouillée et le débit.....	90
FIGURE 10.7 Hydrogrammes journaliers de la rivière Betsiamites à la centrale Bersimis 2 pour la période prébarrage (1951 - 1954) et horaires pour la période récente d'exploitation (été sec: 1991 - débit moyen = 208 m ³ /s	93
FIGURE 10.8 Débits classés de la rivière Betsiamites à la centrale Bersimis 2 pour la période du 15 juin au 30 septembre.....	94
FIGURE 10.9 Hydrogrammes horaires estivaux pour la période du 15 juin au 30 septembre sur la rivière Betsiamites à la centrale Bersimis 2 (1990 - 1994).....	95
FIGURE 10.10 Déplacements cumulés des centroïdes d'habitat pour les alevins sur trois zones du tronçon modélisé.	98
FIGURE 10.11 Localisation des zones de fraye et limite de dégagement afin de maintenir une profondeur d'eau de 30 cm pour différents débits.....	100

LISTE DES ANNEXES

- ANNEXE 1 Statistiques journalières de la pêche autochtone dans la rivière Betsiamites en 1994
- ANNEXE 2 Mesures morphométriques et lectures d'âge des saumons adultes capturés par la pêche autochtone dans la rivière Betsiamites en 1994
- ANNEXE 3 Mesures morphométriques et résultat des lectures d'écaillés des saumonnettes capturés dans la rivière Betsiamites en 1994
- ANNEXE 4 Fraction décimale du poids des particules retenues pour chaque échantillon de sédiments récoltés au km 3,9 de la rivière Boucher en 1993 et 1994
- ANNEXE 5 Fraction décimale du poids des particules retenues pour chaque échantillon de sédiments récoltés au km 65 de la rivière Bersimis en 1993 et 1994
- ANNEXE 6 Fraction décimale du poids des particules retenues pour chaque échantillon de sédiments récoltés au km 67 de la rivière Bersimis en 1993 et 1994
- ANNEXE 7 Mesures morphométriques et lectures d'âge des tacons de saumons capturés à la pêche à l'électricité dans le ruisseau du Mille 45 en 1994
- ANNEXE 8 Planches infographiques
- ANNEXE 9 Courbes de tarage pour le site modélisé
- ANNEXE 10 Validation des mesures de vitesse
- ANNEXE 11 Fluctuations horaires des débits estivaux (1990 à 1994)

CARTES EN POCHETTE

1. INTRODUCTION

Au début des années 1990, Hydro-Québec concluait avec le Conseil de bande de Betsiamites une entente de cinq ans (1990-1994) visant à mieux connaître les contraintes qui limitent la production salmonicole de la rivière Betsiamites et à proposer un programme d'aménagement. Le présent travail a été réalisé dans le cadre de l'étude de faisabilité de ce projet, dont les objectifs sont:

- 1) D'évaluer l'état actuel et le potentiel de l'habitat du saumon;
- 2) D'évaluer l'état des populations de saumons juvéniles et adultes ainsi que la récolte par la pêche traditionnelle autochtone;
- 3) D'étudier la gestion hydroélectrique de la rivière en fonction de la ressource saumon;
- 4) De proposer des mesures pour augmenter la production salmonicole et la récolte de saumons dans la rivière Betsiamites. À cet effet, mentionnons que des essais visant l'aménagement du saumon ont été réalisés au cours des trois dernières années du programme d'étude.

Ces objectifs sont poursuivis en deux phases: la première consiste à acquérir des connaissances sur l'état et le potentiel de l'habitat, sur l'état et les caractéristiques biologiques des populations de saumons juvéniles et adultes, de même que sur la gestion de l'eau à des fins de production hydroélectrique; la seconde vise à déterminer dans quelle mesure il est possible d'accroître la production de saumon de la rivière et comment y arriver.

Ce document s'inscrit dans la première phase de l'étude de faisabilité et présente les résultats des travaux réalisés au cours de la dernière année de l'entente, soit en 1994. Ces travaux comprennent le suivi de la pêche autochtone, les relevés hydrométriques, l'étude de la dévalaison des saumonnettes, les inventaires sur les frayères de même que les activités portant sur les prétests d'aménagement amorcés en 1992, soit le suivi d'un incubateur à courant ascendant aménagé en milieu naturel et la capture de saumons vivants en vue de recueillir des oeufs pour accroître le nombre de saumons dans la

rivière. Par ailleurs, l'analyse granulométrique des nids de fraie et l'étude hydrodynamique de la rivière sont des activités qui ont également été incluses aux travaux en 1994.

Mentionnons que l'inventaire des saumons juvéniles dans la rivière devait encore une fois constituer une activité à réaliser dans le cadre des travaux de 1994. Cependant, comme au cours des deux dernières années (1992 et 1993), cette activité a dû être annulée en raison des débits trop élevés durant la période où devait se dérouler la campagne d'échantillonnage, c'est-à-dire en août et en septembre.

Le contenu du rapport est présenté en dix chapitres qui détaillent la démarche méthodologique utilisée et les résultats obtenus pour chacune des activités réalisées. Le premier chapitre analyse les résultats du suivi de la pêche autochtone. Le second chapitre fait état des données de température et de niveaux d'eau mesurées sur la rivière. Le troisième chapitre présente les résultats obtenus sur la capture de reproducteurs vivants à l'aide d'une pêche à fascine et de petits filets trappes adaptés aux filets maillants des pêcheurs autochtones. Le quatrième détaille les observations recueillies sur la dévalaison des saumonnettes capturées dans la pêche à fascine. Le cinquième chapitre livre les informations recueillies lors de l'inventaire des frayères alors que le sixième chapitre porte sur la variation granulométrique des nids de saumons durant la période entre le dépôt des oeufs jusqu'à l'émergence des alevins. Le huitième chapitre expose les résultats du suivi du développement d'oeufs de ouananiches déposés dans l'incubateur aménagé en milieu naturel sur le ruisseau du Mille 45, alors que le neuvième chapitre présente quelques résultats sur la dispersion de saumons juvéniles issus de cet incubateur en 1993. Le dixième et dernier chapitre se consacre entièrement à l'étude hydrodynamique de la rivière Betsiamites. Enfin, une dernière section fait ressortir les principaux résultats obtenus en 1994.

2. SUIVI DE LA PÊCHE DES AUTOCHTONES

En 1994, cette activité poursuivait les mêmes objectifs qu'au cours des années antérieures (1990 à 1993), soit:

- recueillir des informations sur les caractéristiques biologiques de la population de saumon atlantique de la rivière;
- caractériser la récolte de saumons par les autochtones de Betsiamites, en termes d'effort et de succès de pêche;
- décrire le profil de l'activité de pêche traditionnelle pratiquée par les autochtones sur la rivière.

Nous avons également procédé à la confection d'une carte illustrant le parcours de navigation et les principales infrastructures se trouvant le long de la rivière.

2.1 Méthodologie

Les types d'engin et les techniques de pêche utilisés par les autochtones sont bien connus et demeurent les mêmes au cours de la saison (Lévesque et coll., 1993; Doyon et coll., 1994a). Le suivi consistait donc à recueillir des statistiques sur la pêche des autochtones et à effectuer différentes mesures et prélèvements anatomiques sur les saumons capturés. Les renseignements portant sur l'effort de pêche déployé (nombre de filets mouillés) et le nombre de saumons capturés par secteur étaient recueillis quotidiennement durant la période de suivi. Les données récoltées sur les saumons adultes étaient les suivantes:

- longueur à la fourche (mm);
- masse (kg);
- longueur du maxillaire (mm);
- état du spécimen (complet ou vide);
- sexe.

Des écailles ont également été prélevées sur les saumons afin de déterminer leur âge. La lecture des écailles des saumons enregistrés a été réalisée selon les techniques internationales standard (Shearer, 1992). La localisation du site de capture des saumons dans la rivière a été notée selon la subdivision du cours principal de la Betsiamites en six secteurs, déterminée en 1991. Cette subdivision est illustrée à la figure 2.1.

En 1994, le suivi a été réalisé du 6 juin au 11 septembre. La cueillette des informations relatives aux activités de pêche, de même que les mesures anatomiques et les prélèvements d'écailles sur les saumons ont été effectués quotidiennement par monsieur Philippe Rock, aide-technique autochtone de Betsiamites, au débarcadère des pêcheurs sur la rivière.

Monsieur Rock a également contribué à l'élaboration de la carte du parcours de navigation sur la rivière. Les principales informations qui ont été incluses sur cette carte sont :

- les camps et les débarcadères;
- les principales routes et les chemins forestiers;
- les infrastructures hydroélectriques (barrage, réservoir, lignes de transport d'énergie et de répartition);

Cette carte a été annexée au présent rapport (en pochette).

2.2 Résultats et discussion

Les informations relatives au nombre de pêcheurs de la communauté de Betsiamites et à leur répartition selon différents groupes d'âge sont présentées au tableau 2.1. En 1994, 30 pêcheurs seulement étaient actifs sur la rivière, ce qui constitue une diminution de 23 % par rapport à 1993 (39 pêcheurs étaient actifs en 1993 selon Doyon et coll., 1994b). Mentionnons que la liste des pêcheurs inactifs change beaucoup d'une année à l'autre et, qu'avec l'arrivée de nouveaux pêcheurs, les décès durant l'année et les départs de la communauté, la mise à jour de la liste des pêcheurs peut comporter des différences avec celle des années antérieures.

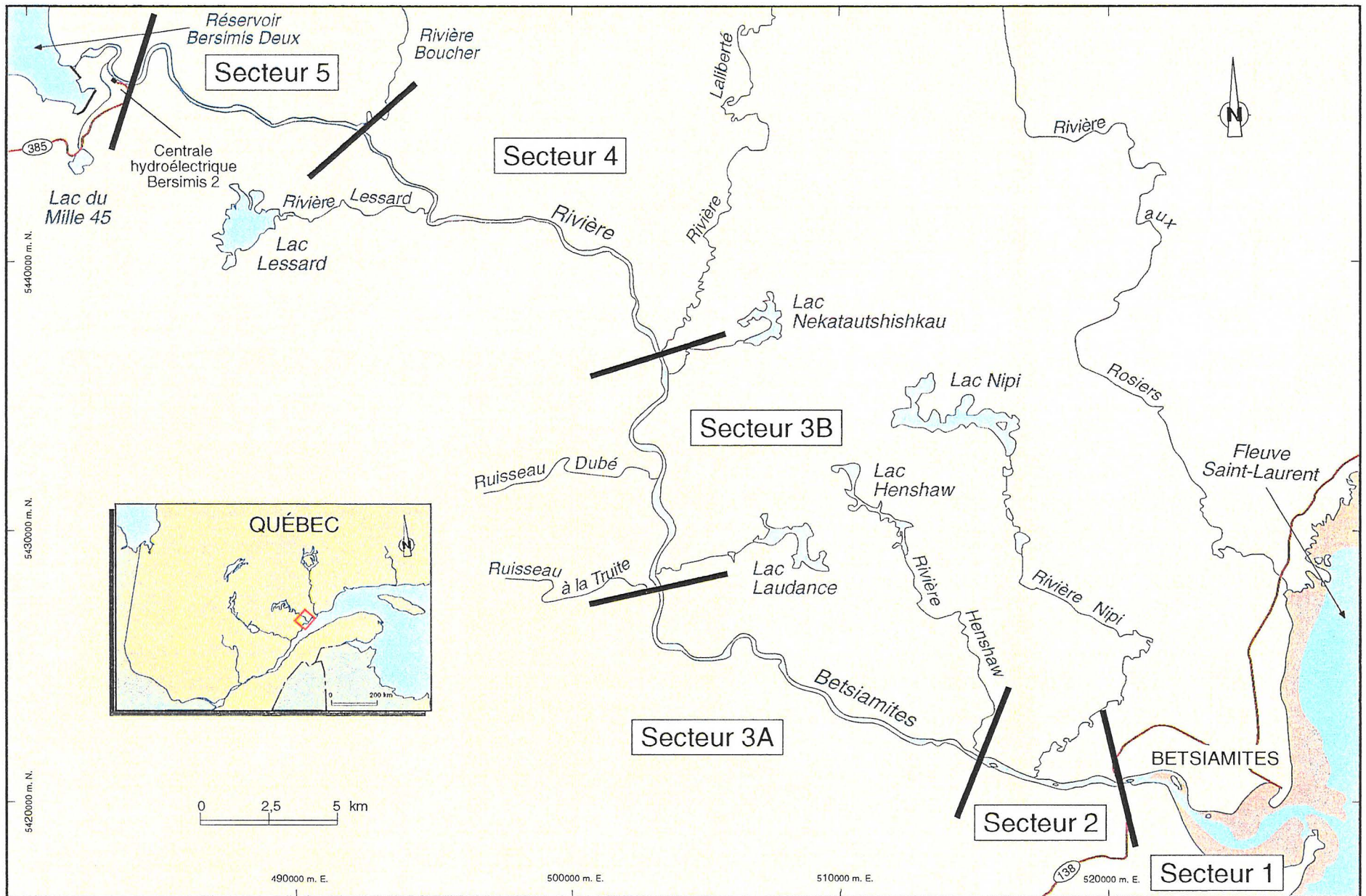


FIGURE 2.1 Localisation des secteurs de pêche autochtone sur la rivière Betsiamites.

TABLEAU 2.1 Nombre de pêcheurs autochtones par catégorie d'âges dans la communauté de Betsiamites en 1994.

Groupe d'âge	Nombre de pêcheurs actifs			Nombre de pêcheurs inactifs ¹	Total		1991 ²
	Anciens	Nouveaux	Total		n	(%)	
19 ans ou moins	0	1	1	0	1	(2,3)	0 %
20-29 ans	3	0	3	0	3	(6,8)	7,7 %
30-39 ans	8	0	8	5	13	(29,5)	15,4 %
40-49 ans	5	0	5	0	5	(11,4)	15,4 %
50-59 ans	4	0	4	6	10	(22,7)	15,4 %
60 à 69 ans	9	0	9	3	12	(27,3)	38,4 %
70 ans et plus	0	0	0	0	0	0	7,7 %
Total	29	1	30	14	44	(100,0)	100 %

¹ Par rapport à l'année précédente (1993).

² Première année de référence; nombre de pêcheurs (n = 39).

La proportion des pêcheurs âgés de moins de 50 ans a encore subi une augmentation au cours de la dernière saison- alors qu'elle a atteint 50 % comparativement à 46,1 %, en 1993 (Doyon et coll., 1994b), à 34,4 %, en 1992 (Doyon et coll., 1994a) et à 38,5 %, en 1991 (Tableau 2.1). L'arrivée de nouveaux pêcheurs âgés de moins de 30 ans contribue principalement à cette hausse.

2.2.1 Statistiques de pêche

Le tableau 2.2 présente les données hebdomadaires d'effort de pêche, du nombre de saumons capturés et du succès de pêche obtenu dans la rivière Betsiamites en 1994. Ces statistiques ont été comparées avec celles des années antérieures du suivi de 1990 à 1993. L'annexe 1 détaille d'une façon journalière par secteur les informations recueillies en 1994.

TABLEAU 2.2 Statistiques hebdomadaires de pêche sur la rivière Betsiamites, de 1990 à 1994.

Semaine	Années	Effort hebdomadaire (filet-jr)	Effort quotidien moyen (filet-jr)	Captures			Succès	
				enregistrées (nbre)	déclarées (nbre)	total (nbre)	enregistré (capt./filet-jr)	total (capt./filet-jr)
23 mai	1990	-	-	-	-	-	-	-
	1991	-	-	-	-	-	-	-
au	1992	1	0.1	0	0	0	0.000	0.000
	1993	-	-	-	-	-	-	-
30 mai	1994	-	-	-	-	-	-	-
	1990	-	-	-	-	-	-	-
31 mai	1991	-	-	-	-	-	-	-
	1992	15	2	0	0	0	0.000	0.000
06 juin	1993	12	2	0	0	0	0.000	0.000
	1994	1	0.1	0	0	0	0.000	0.000
07 juin	1990	89	13	1	-	1	0.011	0.011
	1991	-	-	-	-	-	-	-
au	1992	163	23	0	1	1	0.000	0.006
	1993	153	22	0	2	2	0.000	0.013
13 juin	1994	34	5	1	1	2	0.029	0.059
	1990	252	36	17	-	17	0.067	0.067
14 juin	1991	-	-	-	-	-	-	-
	1992	278	40	5	-	5	0.018	0.018
20 juin	1993	255	36	3	1	4	0.012	0.016
	1994	118	17	2	5	7	0.017	0.059
21 juin	1990	330	47	34	-	34	0.103	0.103
	1991	-	-	-	-	-	-	-
au	1992	293	42	19	8	27	0.065	0.092
	1993	356	51	2	1	3	0.006	0.008
27 juin	1994	239	34	1	2	3	0.004	0.013
	1990	420	60	23	-	23	0.055	0.055
28 juin	1991	-	-	-	-	-	-	-
	1992	332	47	33	7	40	0.099	0.120
04 juil	1993	366	52	3	3	6	0.008	0.016
	1994	273	39	9	0	9	0.033	0.033
05 juil	1990	507	72	25	-	25	0.049	0.049
	1991	-	-	-	-	-	-	-
au	1992	406	58	16	3	19	0.039	0.047
	1993	502	72	6	2	8	0.012	0.016
11 juil	1994	273	39	6	4	10	0.022	0.037
	1990	592	85	20	-	20	0.034	0.034
12 juil	1991	-	-	-	-	-	-	-
	1992	472	67	13	-	13	0.028	0.028
18 juil	1993	636	91	7	1	8	0.011	0.013
	1994	315	45	3	2	5	0.010	0.016
19 juil	1990	684	98	44	-	44	0.064	0.064
	1991	380	54	32	-	32	0.084	0.084
au	1992	651	93	23	-	23	0.035	0.035
	1993	680	97	14	3	17	0.021	0.025
25 juil	1994	374	53	13	1	14	0.035	0.037
	1990	682	97	32	-	32	0.047	0.047
26 juil	1991	514	73	17	-	17	0.033	0.033
	1992	697	100	25	1	26	0.036	0.037
01 août	1993	608	87	13	2	15	0.021	0.025
	1994	374	53	11	1	12	0.029	0.032
02 août	1990	659	94	22	-	22	0.033	0.033
	1991	412	59	13	-	13	0.032	0.032
au	1992	403	58	25	-	25	0.062	0.062
	1993	458	65	12	1	13	0.026	0.028
08 août	1994	347	50	9	2	11	0.026	0.032

TABLEAU 2.2 Statistiques hebdomadaires de pêche sur la rivière Betsiamites, de 1990 à 1994. (suite)

Semaine	Années	Effort hebdomadaire (filet-jr)	Effort quotidien moyen (filet-jr)	Captures			Succès	
				enregistrées (nbre)	déclarées (nbre)	total (nbre)	enregistré (capt./filet-jr)	total (capt./filet-jr)
09 août	1990	604	86	31	-	31	0.051	0.051
	1991	427	61	20	-	20	0.047	0.047
	1992	*	*	*	*	*	*	*
15 août	1993	307	44	5	2	7	0.016	0.023
	1994	167	24	4	-	4	0.024	0.024
	1990	495	71	14	-	14	0.028	0.028
16 août	1991	224	32	5	-	5	0.022	0.022
	1992	75	11	0	-	0	0.000	0.000
	1993	203	29	4	-	4	0.020	0.020
22 août	1994	100	14	0	-	0	0.000	0.000
	1990	254	36	11	-	11	0.043	0.043
	1991	163	23	4	-	4	0.025	0.025
23 août	1992	141	20	6	-	6	0.043	0.043
	1993	190	27	6	-	6	0.032	0.032
	1994	122	17	5	-	5	0.041	0.041
29 août	1990	98	14	4	-	4	0.041	0.041
	1991	125	18	3	1	4	0.024	0.024
	1992	134	19	4	-	4	0.030	0.030
05 sept	1993	111	16	6	-	6	0.054	0.054
	1994	81	12	2	-	2	0.025	0.025
	1990	-	-	-	-	-	-	-
06 sept	1991	-	-	-	2	2	-	-
	1992	122	17	7	5	12	0.057	0.098
	1993	79	11	2	-	2	0.025	0.025
12 sept	1994	68	10	3	-	3	0.044	0.044
	1990	-	-	-	-	-	-	-
	1991	-	-	-	2	2	-	-
13 sept	1992	51	7	2	-	2	0.039	0.039
	1993	60	9	0	0	0	0.000	0.000
	1994	20	3	0	-	0	0.000	0.000
19 sept	1990	-	-	-	-	-	-	-
	1991	-	-	-	-	-	-	-
	1992	-	-	-	-	-	-	-
20 sept	1993	36	5	0	0	0	0.000	0.000
	1994	-	-	-	-	-	-	-
	1990	-	-	-	-	-	-	-
26 sept	1991	-	-	-	-	-	-	-
	1992	-	-	-	-	-	-	-
	1993	36	5	0	0	0	0.000	0.000
27 sept	1994	-	-	-	-	-	-	-
	1990	-	-	-	-	-	-	-
	1991	-	-	-	-	-	-	-
3 oct	1992	-	-	-	-	-	-	-
	1993	12	2	0	0	0	0.000	0.000
	1994	-	-	-	-	-	-	-
		Total:	Moyenne:	Total:	Total:	Total:	Moyenne:	Moyenne:
	1990	5666	51	278	-	278	0.049	0.049
	1991	⁰ 3757	34	94	¹ 109	203	0.042	0.054
	1992	4234	38	178	25	203	0.042	0.048
	1993	¹ 5024	41	83	18	101	0.017	0.020
	1994	² 2906	27	69	18	87	0.023	0.030

⁰ : incluant 1551 filets-jour (estimé) en dehors de la période du suivi.

¹ : incluant 108 filets-jour (estimé) en dehors de la période du suivi.

² : incluant 24 filets-jour (estimé) en dehors de la période du suivi.

³ : incluant 104 prises réalisées en dehors de la période de suivi.

* : arrêt de la pêche dû à la hausse du débit de la rivière.

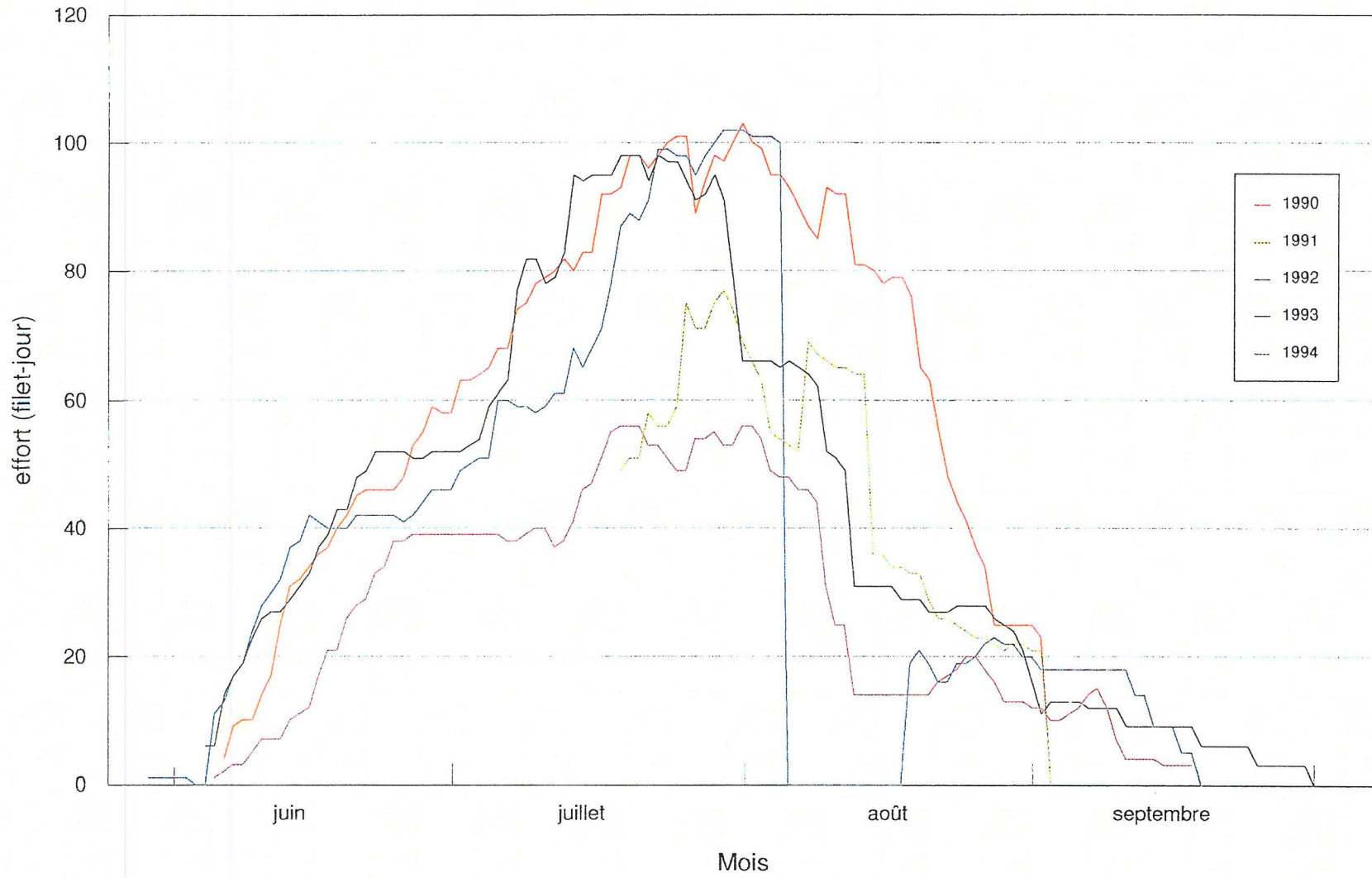


FIGURE 2.4 Comparaison interannuelle de l'effort de pêche quotidien, rivière Betsiamites.

3. DONNÉES HYDROMÉTRIQUES

Ce volet de l'étude vise à documenter les régimes de température et de niveaux d'eau qui ont prévalu dans les rivières Betsiamites et Boucher en 1994, de façon à améliorer notre connaissance des conditions dans lesquelles évolue le stock de saumons de la Betsiamites.

Les températures de l'eau ont également été suivies à l'incubateur situé dans l'une des galeries du barrage-évacuateur du complexe Bersimis 2 ainsi que dans la rivière Betsiamites immédiatement à la sortie de la centrale. Les données obtenues à ces deux endroits nous permettent respectivement de mieux prévoir les dates d'éclosion et d'émergence des oeufs placés dans l'incubateur et de valider les informations fournies par le thermographe installé dans la rivière Betsiamites au km 65.

3.1 Matériel et méthode

3.1.1 Température de l'eau

Le suivi des températures de l'eau a été réalisé à l'aide de thermographes RBR modèle XL-200 dans les rivières Betsiamites (km 65) et Boucher (km 1,5), modèle XL-210 dans l'incubateur du barrage-évacuateur du complexe Bersimis 2 et modèle XL-100 en aval de la centrale Bersimis 2 (km 68). La précision de ces instruments de mesure est de $\pm 0,1$ °C pour des températures entre -20 et +50 °C. L'appareil installé au km 65 dans la Betsiamites a connu des problèmes de fonctionnement de sorte que les données, pour la période du 30 juin au 14 octobre inclusivement, ont dû être rejetées. Les données durant cette période ont été remplacées par celles du km 68, puisqu'elles ne différaient que par quelques dixièmes de degrés avant cette période alors que les deux appareils échantillaient simultanément.

3.1.2 Niveau d'eau

Les niveaux d'eau au km 65 de la rivière Betsiamites et 1,5 de la rivière Boucher ont également été suivis à l'aide d'un limnimètre électronique à pression dont sont munis les thermographes XL-200. La précision du limnimètre est de ± 1 cm. L'absence de

données au km 65 pour la période du 30 juin au 14 octobre a été comblée par une estimation du niveau réalisée à l'aide d'une équation de régression linéaire appliquée aux données de niveau relevées par Hydro-Québec à la sortie de la centrale et établie à l'aide de 2153 lectures simultanées aux deux sites durant la première moitié de l'année ($r^2 = 0,88$).

3.2 Résultats et discussion

3.2.1 Température de l'eau

Les données obtenues aux trois stations de mesure sur la rivière Betsiamites, c'est-à-dire dans l'incubateur du barrage-évacuateur à la sortie de la centrale et aux km 65, montrent des cycles thermiques relativement similaires (Figure 3.1). En 1994, les températures maximales furent atteintes en août; elles sont de l'ordre de 17,5 °C à la sortie de la centrale Bersimis 2 et de 16,1 °C à l'incubateur du barrage-évacuateur. La baisse des températures s'amorce au début de septembre pour se terminer à la fin de décembre. Après une période de chevauchement, les températures enregistrées à l'incubateur deviennent légèrement supérieures, vers la mi-octobre, à celles mesurées à la sortie de la centrale. L'exposition du conduit d'alimentation en eau de l'incubateur à l'air ambiant (relativement chaud) sur une trentaine de mètres pourrait expliquer les différences observées. Celles-ci sont inférieures à 1,0 °C mais tendent à s'accroître très légèrement au cours de l'hiver.

Les températures mesurées au km 65 se rapprochent davantage de celles enregistrées à la sortie de la centrale. En général, toutefois, on observe une légère différence, les valeurs enregistrées en aval étant sensiblement plus chaudes de quelques dixièmes de degrés. Indiquons que cette petite différence de mesure entre les deux appareils résulte possiblement de la calibration moins précise du thermographe du km 65 qui n'a pas été reprise depuis le début des travaux. Mentionnons aussi, par ailleurs, que les températures plus chaudes mesurées à cet endroit pourraient être causées par l'enfouissement du thermographe dans le substrat.

L'évolution des températures de l'eau en 1994 dans les rivières Betsiamites et Boucher est présentée à la figure 3.2. Les eaux de la rivière Boucher sont demeurées autour du point de congélation jusqu'à la mi-avril, pour se réchauffer ensuite rapidement jusqu'à

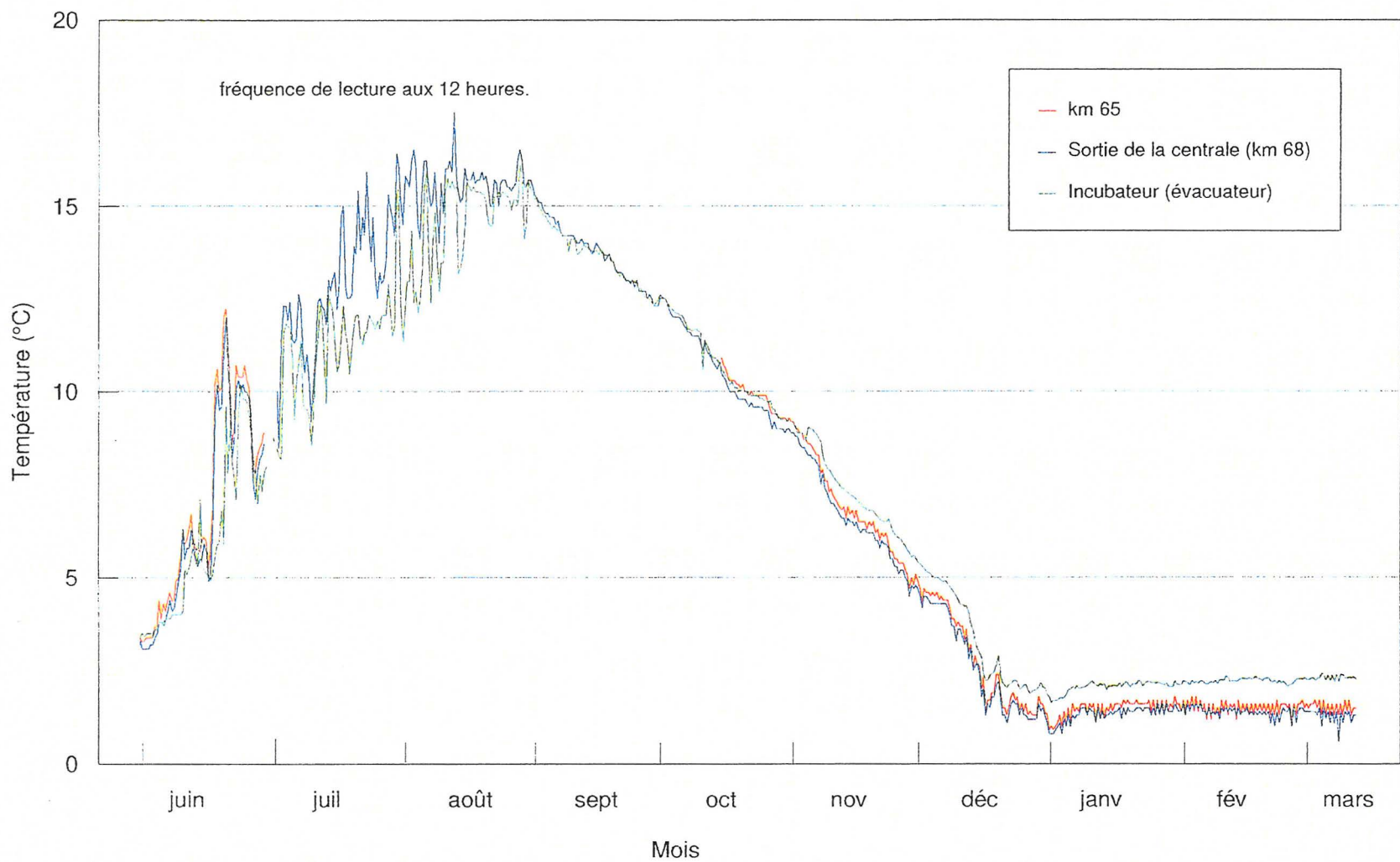


FIGURE 3.1 Évolution de la température de l'eau dans rivière Betsiamites (km 65), à la sortie de la centrale et dans l'incubateur (évacuateur) de juin 1994 à mars 1995.

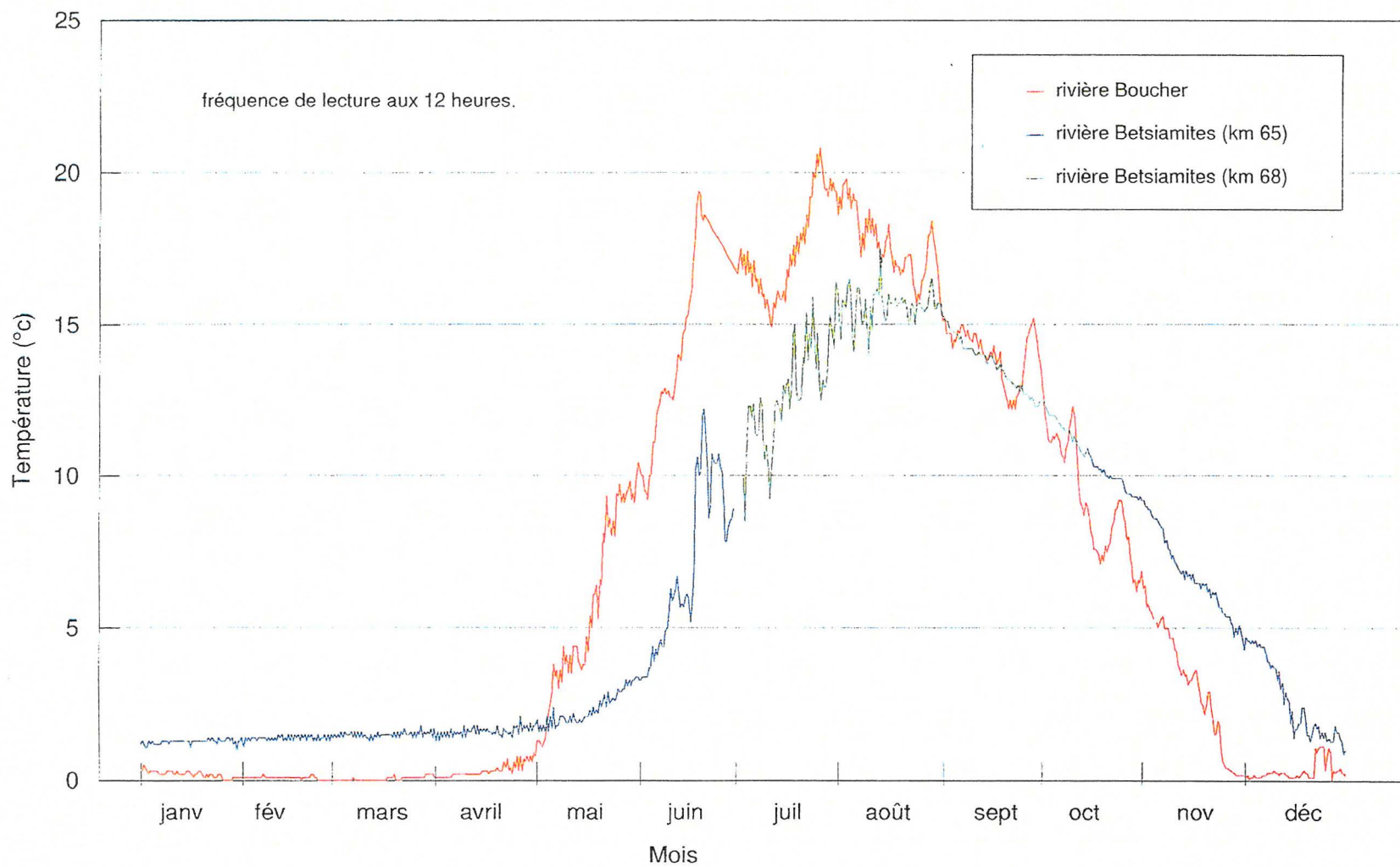


FIGURE 3.2 Évolution de la température de l'eau dans les rivières Boucher (km 1,5) et Betsiamites en 1994.

la mi-juin. Durant la même période et jusqu'au milieu du mois de mai, les températures sont de l'ordre de 1 à 2 °C dans la rivière Betsiamites. Elles se réchauffent par la suite lentement pour atteindre leur maximum au début du mois d'août. Le réchauffement printanier se manifeste donc plus rapidement dans la rivière Boucher (près d'un mois de décalage), dont la température de l'eau est généralement plus de 5 °C supérieure à celle de la rivière Betsiamites en juin et juillet. Cette différence se résorbe complètement au cours du mois d'août, durant lequel la rivière Boucher amorce son refroidissement automnal tandis que la température de l'eau dans la rivière Betsiamites demeure relativement stable, autour de 16 °C. L'écart de température entre les deux cours d'eau s'accroît à nouveau en automne, alors que la rivière Betsiamites affiche des températures plus élevées. Les fluctuations de température sont de moindre amplitude durant cette période dans la rivière Betsiamites que dans son tributaire. Les niveaux thermiques typiques de la période hivernale sont atteints dès la fin du mois de novembre dans la rivière Boucher et près d'un mois plus tard dans la Betsiamites.

3.2.2 Niveau d'eau

Les fluctuations du niveau d'eau au km 65 de la rivière Betsiamites, en 1994, sont illustrées à la figure 3.3. Des variations continues et de forte amplitude ont été observées tout au long de l'année. Elles sont habituellement de l'ordre de 1,5 à 2 m en été mais peuvent atteindre jusqu'à 3 m en hiver. On remarque également que le niveau moyen mensuel est relativement constant au cours de l'année, bien qu'il présente une légère baisse au cours des mois d'été.

Le suivi des niveaux d'eau de la rivière Boucher (Figure 3.4) montre que celle-ci est caractérisée par un régime hydraulique de type nival, la fonte des neiges au printemps générant les plus fortes crues. L'étiage estival fut atteint en septembre. À l'exception de la crue printanière, les niveaux d'eau les plus élevés sont mesurés au début de l'hiver vers la fin du mois de décembre et au début du mois de janvier. Ceci résulterait du rehaussement des niveaux d'eau avec la prise de la glace débutant au cours des premiers jours du mois de décembre avec des températures de l'eau autour du point de congélation (Figure 3.2). Mentionnons à cet effet que la prise des glaces entraîne une réduction des vitesses d'écoulement ce qui fait rehausser les niveaux d'eau.

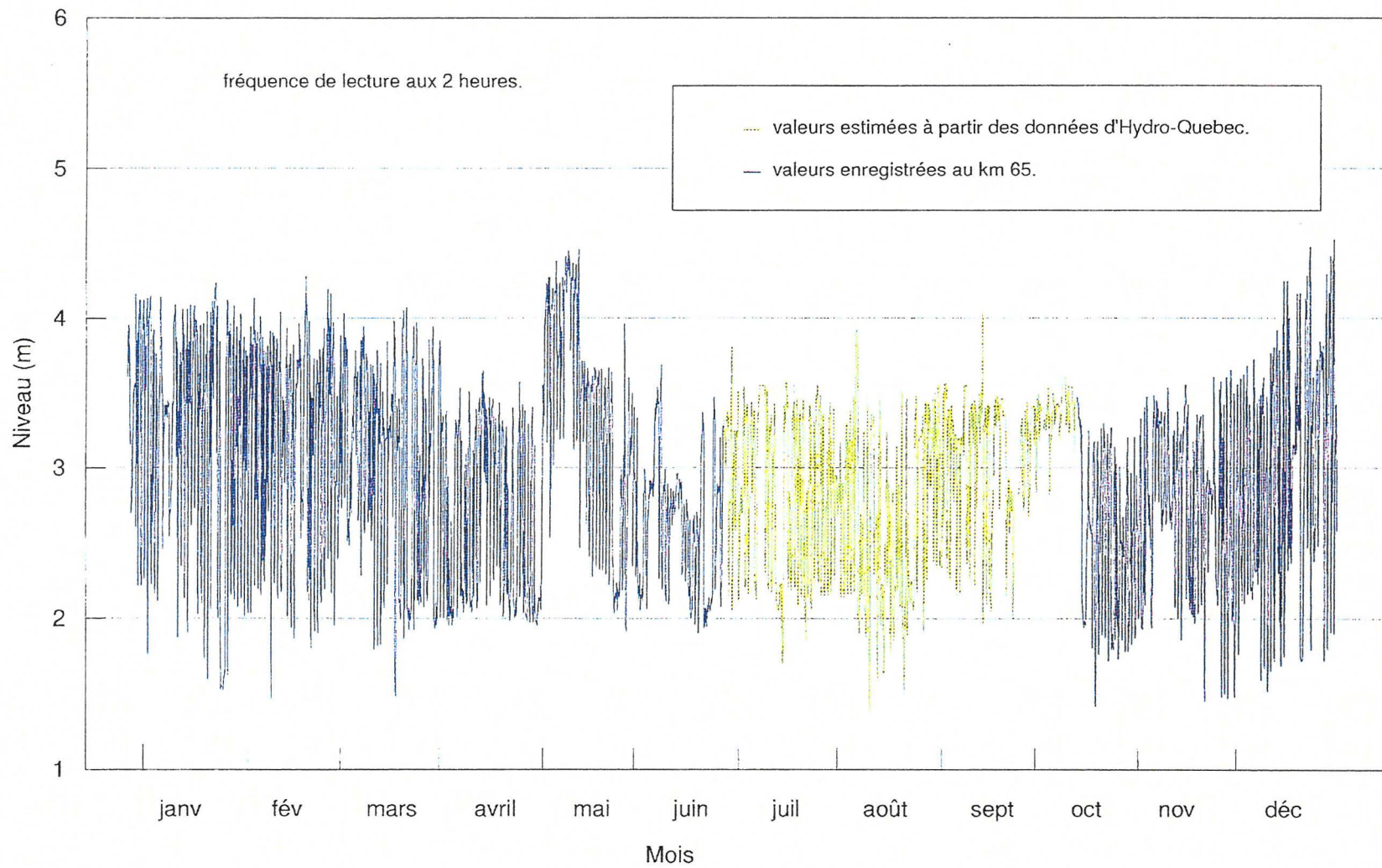


FIGURE 3.3 Variations temporelles des niveaux d'eau enregistrés sur la rivière Betsiamites (km 65) en 1994.

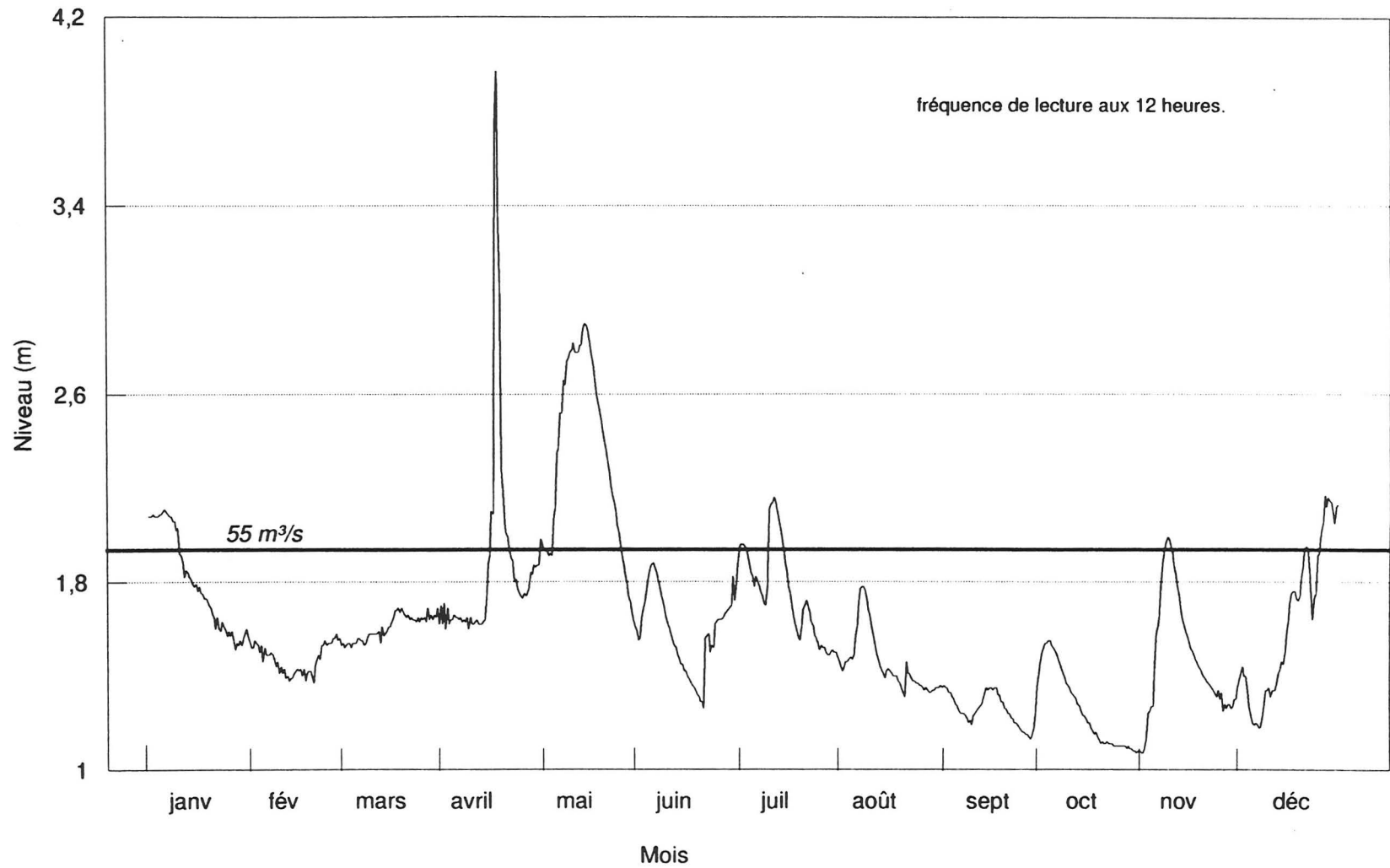


FIGURE 3.4 Variations temporelles des niveaux d'eau enregistrés sur la rivière Boucher (km 1,5) en 1994.

4. CAPTURE DE REPRODUCTEURS VIVANTS

En 1994, la capture de reproducteurs vivants en vue de procéder aux activités d'aménagement sur la rivière Betsiamites a été expérimentée avec deux nouvelles méthodes. Premièrement, la pêche à fascine communautaire installée annuellement dans l'estuaire de la rivière a été aménagée de façon à en accroître la puissance de pêche. Deuxièmement, de petits filets trappes installés à l'extrémité des filets maillants des pêcheurs autochtones ont été expérimentés à deux des meilleurs sites de pêche situés dans la partie aval de la rivière (zone limitrophe entre les secteurs 2 et 3A). Les raisons qui ont orienté ces choix sont décrites en détail dans le rapport des activités 1993 (Doyon et coll., 1994b).

4.1 Méthodologie

4.1.1 Pêche à fascine

La pêche à fascine communautaire était opérationnelle dès le 6 juin. Celle-ci a pêché jusqu'à la fin du mois d'août. Elle fut prolongée avec une nouvelle section de dimension équivalente au début de mois de juillet, du 6 au 10 (Figure 4.1). Cette dernière section a été démantelée le 9 août. Mentionnons qu'un petit filet de 23 m (75') a été attaché à l'est de la cage de la fascine communautaire (section B) peu avant de compléter l'installation de la nouvelle section (D à F). Soulignons également que deux filets maillants respectivement de 100 m (350') et 180 m (650') de longueur étaient installés à environ 100 m (350') à l'est et 300 m (1000') à l'ouest de la pêche à fascine.

La pêche à fascine était visitée à l'étale (marée basse), de jour ou de nuit, à chacune des marées. Les captures étaient recueillies à l'aide d'une épuisette à maille fine et placées dans une glacière remplie d'eau afin de départager les espèces recherchées, c'est-à-dire les saumons atlantiques adultes ou juvéniles (tacons ou saumonceaux). Les captures de saumons adultes devaient être transportées dans la glacière jusqu'à un vivier flottant (Doyon et coll., 1994a) aménagé près de la rive, en attente d'être transporté par camion citerne vers les installations piscicoles du ministère de l'Environnement et de la Faune à Tadoussac.

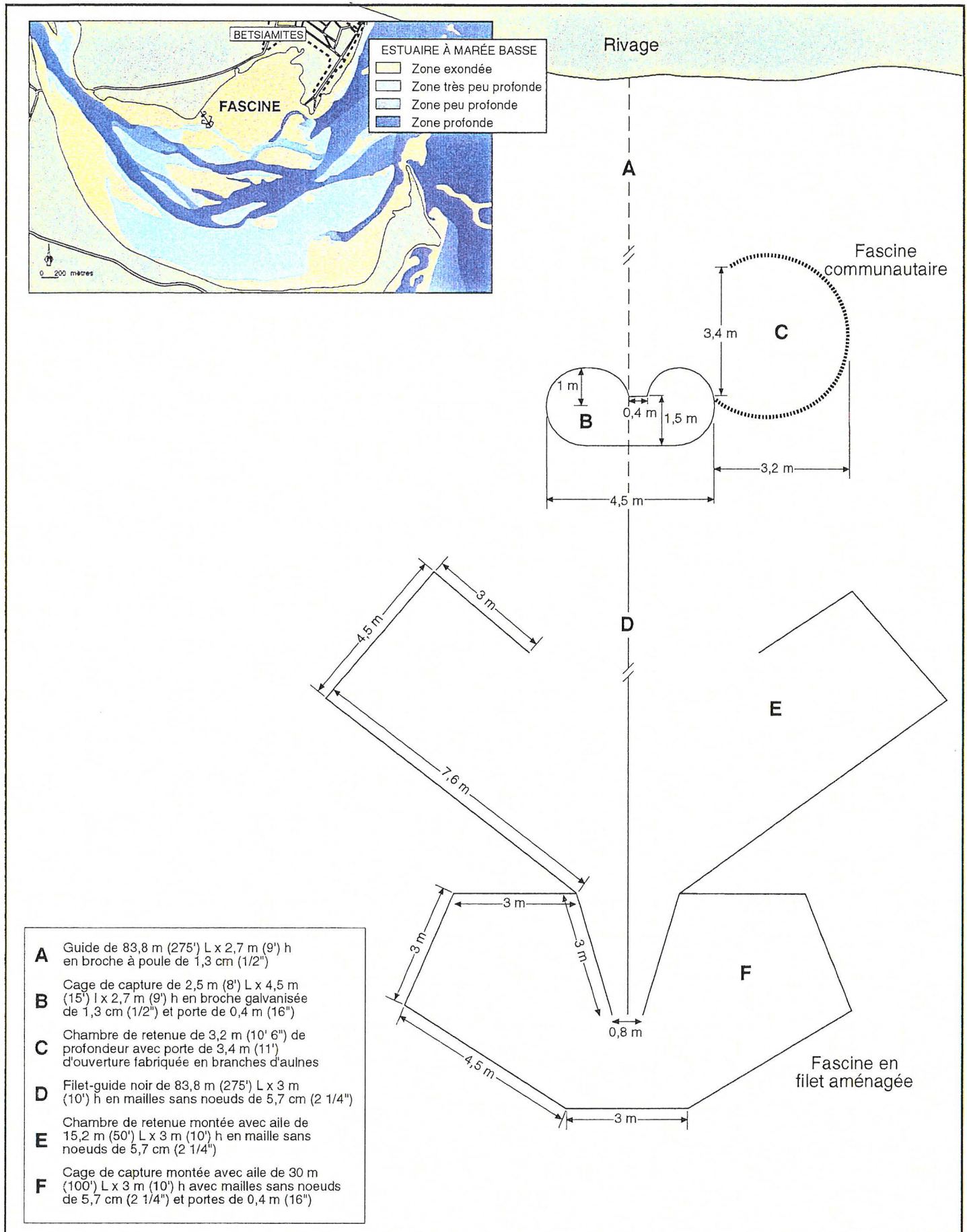


FIGURE 4.1 Schéma de construction de la pêche à fascine aménagée dans l'estuaire de la rivière Betsiamites en 1994.

4.1.2 Petits filets trappes adaptés

L'aménagement de petits filets trappes adaptés aux filets maillants a été réalisé au cours de la semaine du 4 au 8 juillet. Deux pêcheurs ont participé à cette activité et ont opéré les engins durant une période d'environ deux semaines. Les dimensions, la technique d'installation et les sites de pêche au début de la campagne étaient conformes à ce qui avait été projeté en 1993 (Doyon et coll., 1994b). Toutefois, après les premiers essais, les petites trappes ont dû être réinstallées selon la technique de pêche habituelle avec ce type d'engin, c'est-à-dire avec la porte d'entrée de la trappe du côté aval en utilisant les filets maillants comme filets guides (Figure 4.2). Cette réinstallation a été rendue nécessaire parce que les petites trappes se remplissent de débris de toutes sortes (mousses, branches, feuilles, etc.) charriés par la rivière lorsque la gueule est ouverte vers l'amont.

Les pêcheurs visitaient les filets trappes à quelques reprises durant la journée afin de vérifier la présence de captures de poissons, les périodes visées étant tôt le matin, en début d'après-midi et après 18 h. Les captures devaient être placées dans une civière submergée d'eau et transportés en embarcation afin d'être déposées dans un vivier flottant situé dans un endroit calme, à proximité de l'engin de pêche, à chacun des sites.

4.2 **Résultats et discussions**

4.2.1 Pêche à fascine

Au total, cinq saumons adultes ont été capturés dans la zone immédiate de la pêche à fascine, dont deux dans le petit filet maillant attaché à la section communautaire durant l'installation de la nouvelle section de la fascine (Tableau 4.1). Aucun d'entre eux n'a pu être conservé vivant (trop faible, mort ou conservé pour l'alimentation). Mentionnons qu'il s'est déjà capturé 10 à 20 saumons dans les meilleures années avec la fascine communautaire auparavant (Malek Hervieux, comm. pers.). Cependant il faut noter que les longs filets maillants installés de chaque côté de la pêche à fascine ont capturé une dizaine de saumons adultes durant la saison répartis approximativement (Malek Hervieux, comm. pers.) de la façon suivante :

- filet maillant de 100 m de longueur situé à l'est : 4-5 saumons
- filet maillant de 180 m de longueur situé à l'ouest : 5-6 saumons

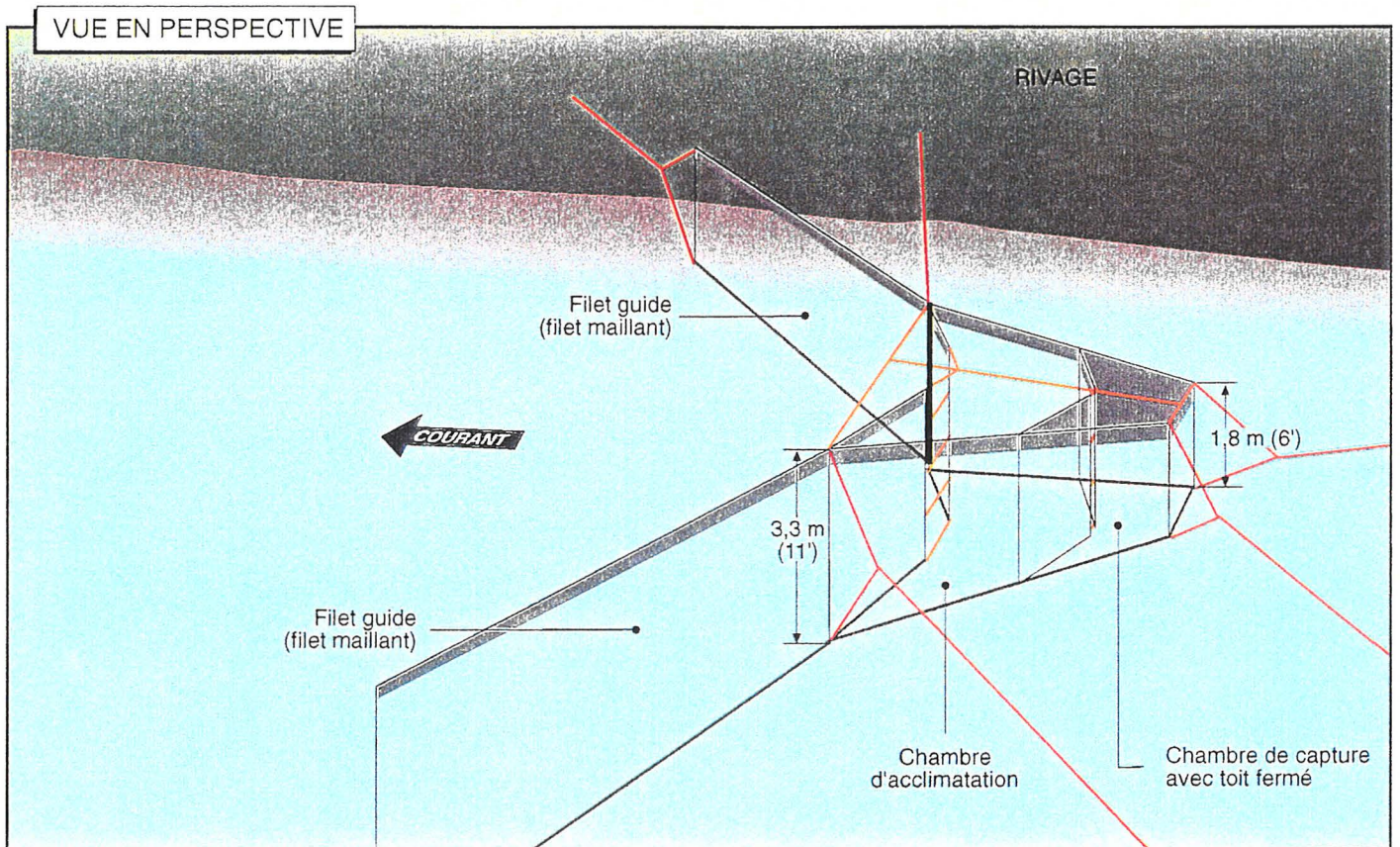
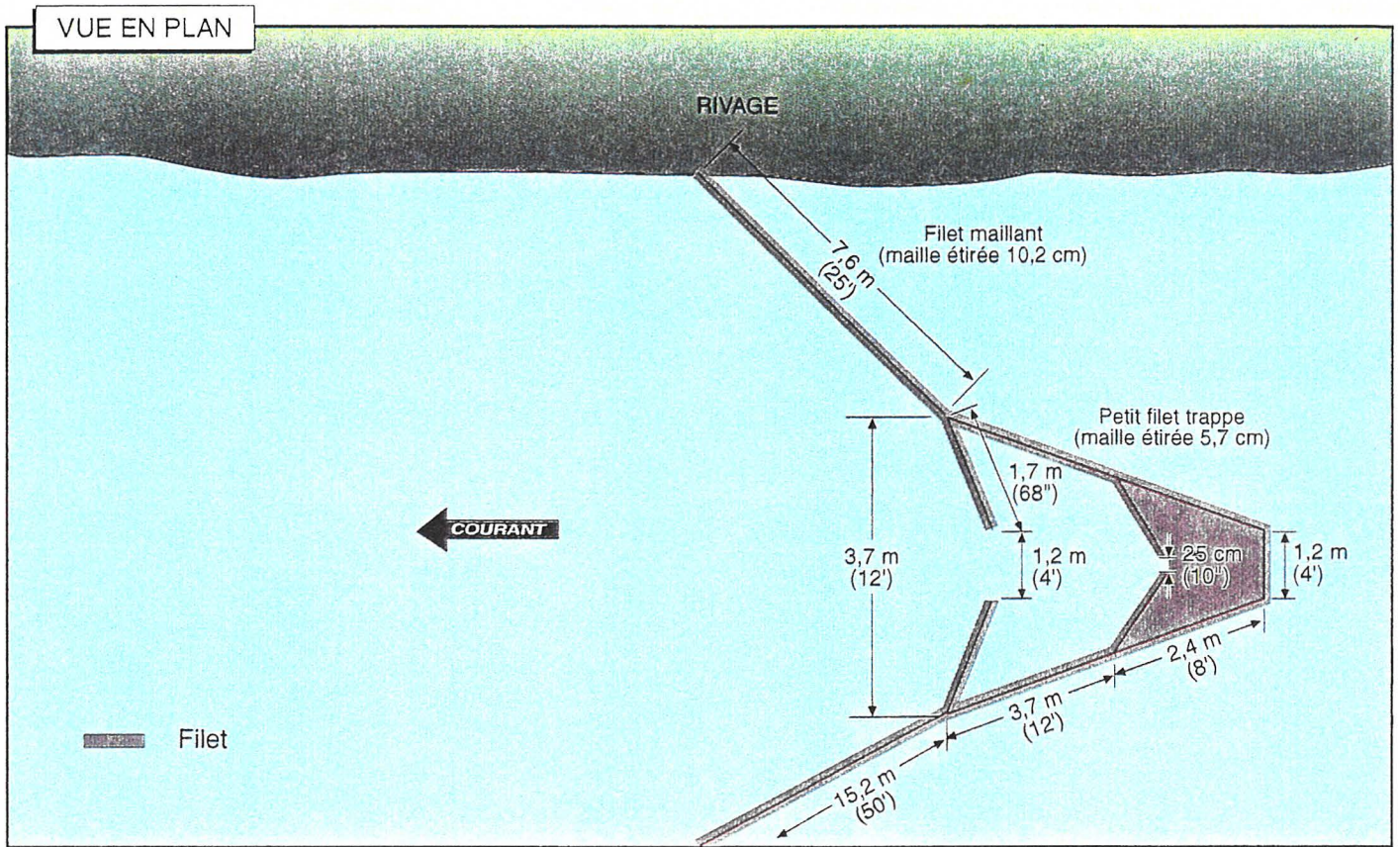


FIGURE 4.2 Schéma de construction du filet trappe adapté aux filets des pêcheurs autochtones de la rivière Betsiamites.

TABLEAU 4.1 Nombre de saumons atlantiques adultes capturés pour la récupération de reproducteurs vivants dans la pêche à fascine de la rivière Betsiamites en 1994.

<i>Date de capture</i>	<i>Nombre de capture</i>	<i>Section de capture¹ de la fascine</i>
24-06-1994	1	Section (B) communautaire
08-07-1994	2	Petit filet maillant attaché à la section communautaire
Dernière semaine de juillet	1	Section (F) aménagée
Dernière moitié du mois d'août	1	Section (B) communautaire

¹ Consulter la figure 4.2 illustrant les sections de l'engin.

Par ailleurs, 283 juvéniles au stade de saumonceaux ont aussi été pris avec la fascine. Ces captures font l'objet d'une discussion séparée au chapitre suivant.

4.2.2 Petits filets trappes adaptés

Les deux engins de pêche ont été installés durant une période de 15 jours chacun ce qui équivaut à un effort de pêche totalisant 30 filets-jours. Mise à part la capture de quelques anguilles d'Amérique (*Anguilla rostrata*) et de meuniers noirs (*Catostomus commersoni*), aucun poisson n'a été pris avec ces engins tant dans les petites trappes que dans les filets maillants durant la période d'échantillonnage (9 au 22 juillet). Les débits étaient en général supérieurs à 350 m³/s durant l'expérience. La technique serait plus appropriée lorsque les débits sont inférieurs à 250 m³/s.

4.2.3 Efficacité des techniques de capture de saumons vivants

La capture de saumons vivants dans le but de constituer un stock de reproduction pour permettre d'obtenir les oeufs nécessaires à l'aménagement et à l'augmentation de la production salmonicole de la rivière Betsiamites a débuté dès 1992. À cette époque, trois techniques avaient été employées soit :

-
- les filets maillants des pêcheurs autochtones;
 - les filets trappes conventionnels durant la montaison;
 - et les filets trémails dérivants dans les fosses en automne.

La méthodologie et les résultats de ces essais sont décrits en détail dans Doyon et coll. (1994a). Nous en présentons ici les principales conclusions.

Sur un total de 203 captures, neuf saumons adultes vivants ont été rapportés par les pêcheurs autochtones dont quatre seulement étaient dans un état physique suffisant pour être transportés à la station piscicole de Tadoussac. L'effort de pêche a été suffisamment élevé dans la partie aval de la rivière entre la mi-juin et la fin juillet pour assurer la capture d'un nombre appréciable de saumons vivants. Les plus grandes contraintes de cette méthode résultent des caractéristiques mortelles de l'engin de pêche employé, de la difficulté de retirer le poisson vivant du filet dans un court laps de temps et des nombreuses manipulations et du stress imposés aux saumons.

Les filets trappes conventionnels utilisés en 1992 n'ont pas réussi à prendre de saumons vivants. Soulignons toutefois que l'effort de pêche avec ces engins, soit 20 filets-jours, fut relativement faible. Par ailleurs, les filets trappes n'étaient pas installés aux meilleurs endroits et les débits lors de l'opération étant relativement élevés ne permettaient pas de pêcher d'une façon optimale. Enfin, la probabilité de capture tenant compte du succès de pêche autochtone au filet maillant durant la période d'échantillonnage était de l'ordre d'un saumon seulement avec les deux filets trappes utilisés au cours de la campagne de 1992.

L'utilisation des filets trémails en dérive dans les fosses en amont de la rivière (km 41 à 68) durant l'automne n'a rapporté qu'une seule capture de saumon, un madeleineau mâle. Cette technique requiert de bien connaître le profil du lit de la rivière pour éviter d'accrocher les filets et s'assurer que la ligne inférieure des engins soit toujours bien accolée au fond pour ne pas perdre les poissons rassemblés en aval du filet. Elle exige donc de bien prospecter chacune des fosses afin de localiser les embûches et assurer la présence de saumons adultes pour optimiser l'échantillonnage, ce qui n'a pas été fait d'une façon systématique lors des essais de 1992.

Les travaux réalisés en 1993 ont contribué à rechercher les sites propices dans la partie aval de la Betsiamites pour capturer des saumons vivants à l'aide de filets trappes conventionnels et aussi à l'aide de petits filets trappes adaptés à la technique traditionnelle de pêche au filet maillant par les autochtones. Quoique des sites potentiels aient été identifiés lors de ces travaux, l'expérience a été annulée en raison du faible taux de capture de saumons par les pêcheurs autochtones enregistrés durant la saison (Doyon et coll., 1994b).

En 1994, la réalisation de l'expérience planifiée en 1993 avec les petits filets trappes adaptés aux filets maillants des pêcheurs autochtones n'a pas fourni de captures. Cette technique comporte trop de contraintes sauf lorsque l'installation s'effectue d'une façon similaire à celle des filets trappes conventionnels.

Par ailleurs, l'utilisation de la pêche à fascine communautaire a fourni les résultats les plus prometteurs, malgré que l'aménagement d'une seconde section pour augmenter la puissance de pêche n'ait été suivi que sur une période d'un mois, c'est-à-dire du 10 juillet jusqu'au 9 août. Cinq saumons ont été capturés dans ou à proximité de l'engin sur un total de 87 captures enregistrées en 1994, dont une dizaine proviennent des deux filets situés à une centaine de mètres de part et d'autre de la pêche à fascine.

En somme, les observations tirées des essais réalisés au cours des saisons 1992 à 1994 afin de recueillir des reproducteurs vivants amène au constat suivant.

En se basant sur les résultats de capture obtenus, la pêche à fascine communautaire, du fait qu'elle est installée dans l'estuaire de la rivière, semble offrir les meilleures possibilités de capturer et de sauvegarder des reproducteurs vivants. L'efficacité de l'engin pourrait être augmentée en éliminant les filets maillants situés de part et d'autre de la fascine. Il faudrait aussi s'assurer que le plancher des deux chambres de capture de la fascine soit plus profondément creusé dans le sable.

Les filets trappes, malgré leur faible efficacité obtenue parce qu'ils avaient été installés trop haut sur la rivière et trop tard durant la période de migration du saumon, sont les engins qui pourraient être ajoutés à une ou plusieurs fascines afin d'augmenter la puissance de pêche. Si cette option devait être retenue, l'ensemble des sites prospectés dans la partie aval de la Betsiamites, en 1993, pourraient être envisagés comme site potentiel de pêche avec un ou plusieurs filets trappes.

Bien qu'en situation de plus forte remontées de saumons les autres techniques puissent présenter un certain intérêt, l'utilisation de fascines jumelées à des filets trappes conventionnels installés tôt en juin dans de très bons sites de pêche de la section aval de la rivière (secteurs 1, 2 et 3a) apparaît être une combinaison qui permettrait d'optimiser la capture de reproducteurs vivants.

5. DÉVALAISON DES SAUMONNEAUX

En 1994, des données sur le suivi de la migration et sur les caractéristiques biologiques des saumonceaux ont été recueillies parallèlement aux études menées sur le suivi de la population de saumons de la rivière Betsiamites. La présente section livre les principales observations réalisées dans le cadre de cette activité.

5.1 Méthodologie

Les saumonceaux ont été échantillonnés avec la pêche à fascine communautaire située dans l'estuaire de la rivière durant la période du 6 juin au 30 juillet. L'installation et le suivi de la pêche à fascine sont décrits en détail au chapitre précédent. Messieurs Malek Hervieux, responsable de l'opération de la fascine dans le cadre de la capture de saumons vivants, et Philippe Rock, chargé d'effectuer le suivi de la pêche autochtone, ont collectionné les données sur les spécimens et effectué les prélèvements et mesures suivants :

- dénombrement des captures à chaque marée (basse);
- prise de la température de l'eau au-dessous du pont de la Route 138;
- récolte des saumonceaux à tous les deux jours conservés et congelés entiers pour autopsie ultérieure en laboratoire;
- prélèvement d'écaillés;
- mesure de la longueur totale et à la fourche;
- pesée (masse).

En laboratoire, d'autres données ont été recueillies :

- détermination du sexe;
- détermination de l'âge.

5.2 Résultats et discussion

5.2.1 Période de migration

Les décomptes journaliers de saumonnetaux ont été mis en relation avec la température de l'eau (mesurée sous le pont de la Route 138) à la figure 5.1. Au total, 283 spécimens ont été capturés. Indiquons premièrement que des difficultés dans la reconnaissance des saumonnetaux ont été rencontrées au début de la campagne par le pêcheur responsable, soit du 6 au 15 juin. Il semble que ce dernier confondait les truites de mer (*Salvelinus fontinalis*) avec le saumon atlantique anadrome (*Salmo salar*) et qu'il croyait en la présence de ouananiches (*Salmo salar*) parmi les captures.

Deux spécimens de saumon atlantique au stade de saumonnetaux ont été identifiés par notre personnel technique lors de la visite initiale de démarrage sur le terrain le 8 juin. La situation a été rétablie le 16 juin mais il est probable qu'un certain nombre de saumonnetaux ait échappé à l'observation au cours des 10 premiers jours de l'échantillonnage.

La descente des saumonnetaux vers la mer a été enregistrée du 8 juin jusqu'au 20 juillet, date à laquelle les derniers spécimens ont été pris. Le pic est survenu entre le 18 et le 25 juin alors que la température de l'eau atteignait 10 °C (Figure 5.1).

La migration des saumonnetaux est principalement contrôlée par la température de l'eau. En milieu naturel, elle se produit invariablement à des températures se situant entre 8 et 12 °C, le pic survenant habituellement à 10 °C (Wedmeyer et coll., 1980; Eriksson et Lundqvist, 1985). Dans les rivières où il n'y a pas de crues printanières, il semble que la période de smoltification est principalement associée à la photopériode mais que la température de l'eau demeure toujours une variable environnementale majeure dans ce processus (Jonsson, 1991).

La dévalaison des saumonnetaux semble s'effectuer quelques jours plus tard dans la rivière Betsiamites que dans d'autres rivières avoisinantes. Dans la rivière de la Trinité, la migration des juvéniles vers la mer se produit entre le début et la fin du mois de juin avec un sommet survenant aux environs du 10 juin (Caron et Fournier, 1993; 1994a; b et c). En 1994, le sommet de la migration est survenu du 13 au 22 juin dans ce cours d'eau (Caron et Gauthier, 1995).

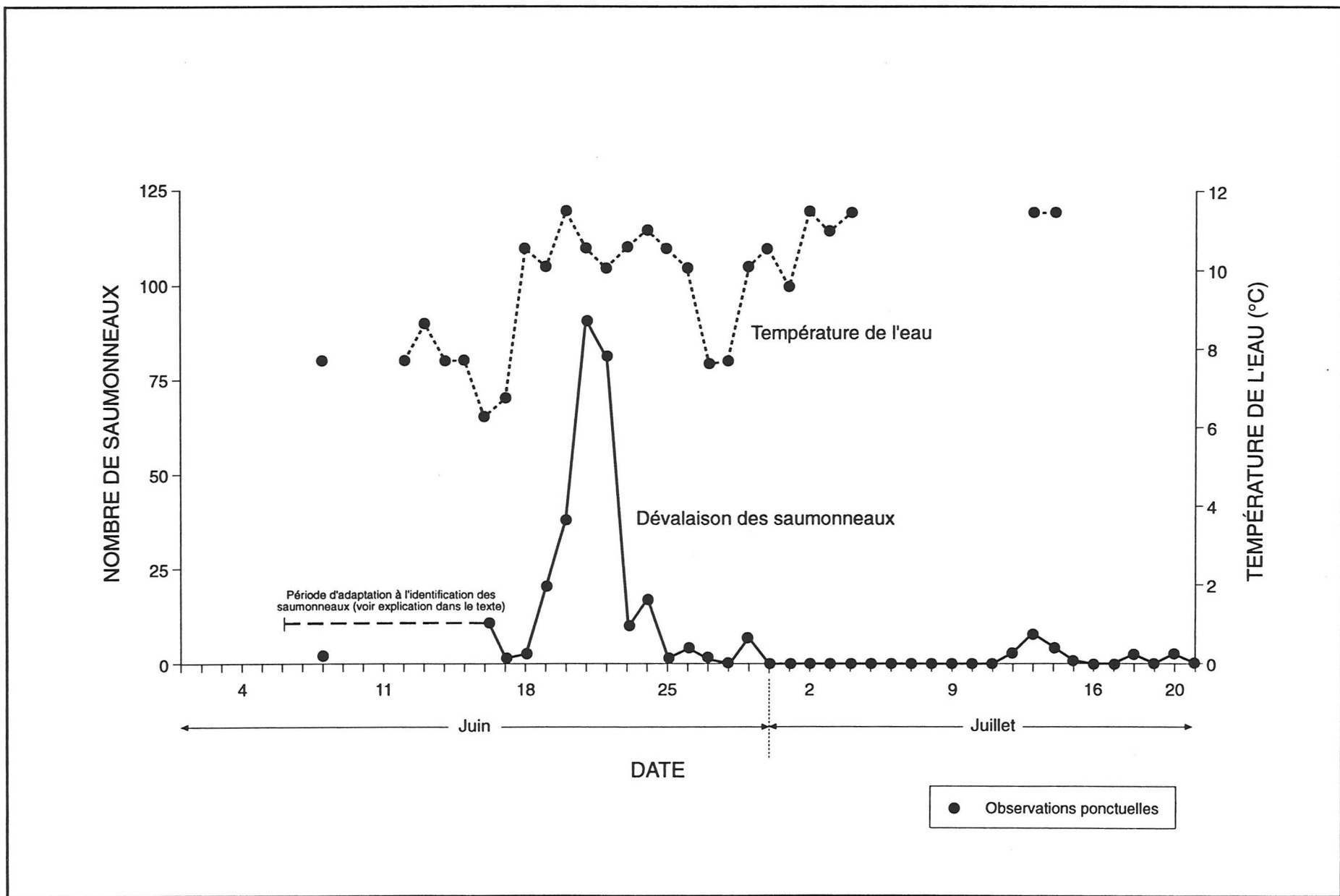


FIGURE 5.1 Profil de la migration des saumonnetaux vers la mer dans la rivière Betsiamites en 1994.

5.2.2 Caractéristiques biologiques

Les données prises sur tous les spécimens collectionnés en 1994 ont été compilées à l'annexe 3. Parmi les 164 saumonnetaux dont la lecture d'écaillés a été réalisée, 95,1 % étaient âgés de 2 ans et 4,9 % avaient passé trois années en rivière (Tableau 5.1). Le rapport des sexes est approximativement de 50 % pour les femelles et les mâles une des rares populations où il n'est pas en faveur des femelles (i.e. 60:40). Ils possédaient en moyenne une longueur totale de 156 mm et pesaient en moyenne 28 g.

Les spécimens récoltés entre le 10 juin et le 2 juillet, en 1992, avaient séjourné deux ans en rivière à 92,9 % et trois années à 7,1 %, présentaient aussi un sexe ratio femelle:mâle d'environ 50 : 50 et mesuraient en moyenne 174,5 mm (pas de pesée) (Doyon et coll., 1994a).

Ces résultats confirment qu'ils sont plus jeunes mais plus grands que ceux d'autres rivières québécoises en raison de la meilleure croissance que manifestent les tacons de la Betsiamites durant leur phase juvénile en eau douce (Doyon et coll., 1994b). La densité très faible des juvéniles observés dans la rivière, soit 1,01 tacons/100 m² (Lévesque et coll., 1993) et les températures de l'eau plus chaudes en hiver qu'ailleurs, c'est-à-dire environ 2° C plutôt que 0° C (Doyon et coll., 1994a et b), sont les facteurs qui contribueraient aux meilleurs taux de croissance des juvéniles dans la rivière Betsiamites.

TABLEAU 5.1 Caractéristiques biologiques des saumonnetaux échantillonnés dans la rivière Betsiamites en 1994.

n	Longueur moyenne (mm)		Masse moyenne (g)	Rapport des sexes (F:M)	Âge en rivière		
	totale	à la fourche			1 an	2 ans	3 ans
164	156,0 ± 13,9 (121-220) ¹	143,1 ± 13,2 (111-205)	28,0 ± 8,7 (12-82)	51:49	0 %	95,1 %	4,9 %

¹ Les chiffres entre parenthèses indiquent les valeurs minimum et maximum.

6. INVENTAIRE DES FRAYÈRES

Les objectifs de l'inventaire en 1994 étaient de compléter la série temporelle de données sur l'utilisation de la rivière Betsiamites par les reproducteurs. Les principales frayères de la rivière Betsiamites ayant été localisées au cours des années précédentes, nous avons poursuivi la recherche de nouvelles frayères par un inventaire d'autres sites potentiels de fraie notamment en aval du km 40, c'est-à-dire en bas de la confluence du cours principal avec la rivière Laliberté, zone qu'il n'a jamais été possible d'inventorier auparavant en raison de la turbidité de l'eau.

Un décompte des géniteurs et des nids de saumons observés dans les rivières Betsiamites et Boucher a été réalisé à la fin de la période de reproduction dans le but d'évaluer le nombre de saumons reproducteurs sur les frayères.

6.1 Matériel et méthode

Les données recueillies antérieurement (1989, 1990 et 1991) ont permis de vérifier qu'à l'automne, la reproduction des saumons dans la rivière Betsiamites s'amorçait lorsque la température de l'eau était à 6 °C (Lévesque et coll., 1993). Au cours de ces années, la plupart des saumons avaient complété leurs activités de reproduction deux semaines après cette date. C'est pourquoi, depuis 1992, les travaux de terrain visant à inventorier les frayères débutent environ deux semaines après la date où la température de l'eau atteint 6 °C dans la rivière. En 1994, les travaux de terrain se sont déroulés du 30 novembre au 3 décembre, c'est-à-dire environ une dizaine de jours après que la température de l'eau soit passée au-dessous de 6 °C (Figure 3.2).

Dans la rivière Boucher, l'inventaire des frayères a été réalisé le 4 décembre. À cette date, la présence de glace ne permettait pas d'effectuer un inventaire complet des frayères du tributaire. Toutefois, tous les emplacements stratégiques ont pu être prospectés adéquatement puisqu'ils étaient libres de glace.

Les observations relatives à la localisation des frayères de même qu'au décompte des géniteurs et des nids, ont été recueillies lors des plongées en apnée. Dans la rivière Betsiamites, le secteur situé entre l'embouchure de la rivière Laliberté (km 40) et l'aval de la centrale Bersimis 2 (km 68) a été très bien couvert. Les sites déjà identifiés

antérieurement comme étant utilisés pour la reproduction ont tous été prospectés. Il s'agit des sites localisés aux km 41,5, 52,0, 62,5, 64,5, 66,0 et 66,8 (Lévesque et coll., 1993; Doyon et coll., 1994a). D'autres sites potentiels ont également été visités notamment en aval de la confluence de la rivière Betsiamites avec la rivière Laliberté, soit les km 32,5, 27,0, 26,0 et 21,6. Dans la rivière Boucher, l'inventaire visait le tronçon en aval des premiers obstacles infranchissables, plus spécialement les sites des km 3,1 et 3,9 de même que 2,5 et 1,0.

L'inventaire des frayères était réalisé en deux étapes. D'abord, le site était prospecté afin de localiser les zones où se concentraient les nids de fraie. Ensuite, à chaque passage au-dessus des frayères, le nombre de nids et de géniteurs présents était noté. Un caillou de couleur fluorescente était déposé dans chaque nid afin d'éviter les biais dans les décomptes après chaque passage. Précisons, qu'en quelques occasions, des nids ont été fouillés par les plongeurs afin de vérifier s'il y avait présence d'oeufs.

6.2 Résultats et discussion

6.2.1 Décompte des nids

Selon les données enregistrées par le thermographe du km 65 dans la rivière Betsiamites, la température de l'eau a atteint 6 °C le 21 novembre (Figure 3.2). Comme la reproduction des saumons a débuté à cette température, de 1989 à 1991 (Lévesque et coll., 1993), on peut présumer que la fraie était déjà bien amorcée sinon pratiquement complétée au début de l'inventaire, soit le 30 novembre, alors que la température de l'eau mesurée était de 4,7 °C.

Soulignons que, contrairement aux années précédentes, aucun saumon ne fut observé sur les frayères en 1994 ce qui suggère qu'ils avaient laissé les sites de fraie et que la reproduction était terminée au moment d'effectuer l'inventaire des nids. Mentionnons par ailleurs que le nombre de captures de saumons en 1994 est le plus faible enregistré au cours des cinq années de suivi de la pêche autochtone.

Les plongées ont permis de recenser 98 nids dans la rivière Betsiamites, soit 37 au km 66,8, 24 au km 64,5, 14 au km 52,0 et, finalement, 23 au km 41,5 (Tableau 6.1). Donc, seules les principales zones de concentrations de nids identifiées

TABLEAU 6.1 Dénombrement des nids de saumons répertoriés dans les rivières Betsiamites et Boucher en 1994.

<i>Site d'inventaire</i>	<i>Nombre de nids</i>			
	Total	Fouillés	Avec oeufs	Sans oeuf
<i>Rivière Betsiamites</i>				
km 66,8	37	14	12	2
km 66,0	0			
km 65,5	0			
km 64,5	24	–	–	–
km 62,8	0			
km 52,0	14	8	6	2
km 51,0	0			
km 46,0	0			
km 41,5	23	11	4	7
km 32,5	0			
km 27,0*	0			
km 26,0	0			
km 21,6	0			
Total	98	33	22	11
<i>Rivière Boucher</i>				
km 3,9	6	6	5	1
km 3,5	0			
km 2,5	0			
km 1,0	0			
Total	6	6	5	1

* Frayère potentielle comportant une belle zone de fraie au centre de la rivière.

en 1991 et en 1992, soit celles localisées au km 66,8, au km 64,5 et au km 52,0, de même que la frayère située au km 41,5 ont été utilisées par les reproducteurs sur le cours principal de la Betsiamites en 1994.

Les données recueillies par le thermographe du km 1,5 de la rivière Boucher permettent d'établir que la température de l'eau a atteint les 6 °C vers la fin du mois d'octobre, c'est-à-dire entre les 26 et 31 octobre 1994 (Figure 3.2). La reproduction était donc entièrement complétée lors de l'inventaire effectué dans ce tributaire.

Tous les nids de la rivière Boucher, au nombre de six, ont été répertoriés au km 3,9, c'est-à-dire dans la zone potentielle de fraie la plus près en aval du premier obstacle infranchissable sur ce cours d'eau (Tableau 6.1). Aucun autre nid n'a été repéré dans les autres emplacements prospectés en 1994.

Les résultats des inventaires réalisés depuis 1991 montrent que l'utilisation des principales frayères connues a varié d'une année à l'autre (Tableau 6.2). Les frayères des km 64,5 et 66,8, soit les plus en amont sur le cours principal de la Betsiamites, sont habituellement les plus utilisées suivi, au second rang, des sites de fraie localisés aux km 52,0 et 41,5. La localisation des frayères identifiées et prospectées jusqu'à maintenant sur la rivière apparaît sur la carte en pochette.

Dans l'ensemble, l'utilisation des principaux sites de fraie a augmenté légèrement de 1991 à 1992 et diminué significativement en 1993 et en 1994 (Tableau 6.2). La quantité de nids semble être proportionnelle avec le nombre de captures de saumons réalisées par les pêcheurs autochtones qui ont enregistré 203, 203, 101 et 87 prises en 1991, 1992, 1993 et 1994 respectivement (Tableau 2.2).

6.2.2 Présence d'oeufs dans les nids

La présence d'oeufs a été vérifiée dans 39 nids en 1994. De ce nombre, 27 nids (69,2 %) contenaient des oeufs. Il n'y en avait pas dans les 12 autres nids fouillés (30,8 %). Ce résultat est comparable à la moyenne des années précédentes alors que la présence d'oeufs a été observée dans 80,7 % des nids fouillés (n = 26) en 1991 (Lévesque et coll., 1993), 38,5 % (n = 13) en 1992 (Doyon et coll., 1994a) et 67,5 % (n = 40) en 1993 (données non publiées), ce qui correspond à un

TABLEAU 6.2 Répartition annuelle des nids dans les sites de fraie utilisés par le saumon de la rivière Betsiamites et de ses tributaires.

<i>Site de fraie</i>	<i>Nombre de nids</i>				
	1990	1991	1992	1993	1994
<i>Cours principal</i>					
km 66,8	-- ¹	44	56	31	37
km 66,0	-- ¹	2	6	0	0
km 64,5	1 ²	123	64	20	24
km 62,8	-- ¹	3	0	0	0
km 52,0	-- ¹	-- ³	45	12	14
km 51,5	-- ¹	-- ³	20	32	23
<i>Tributaires</i>					
Boucher	-- ¹	0	17	3	6
Laliberté ⁴	-- ¹	0	0	-- ¹	-- ¹
Nipi ⁴	-- ¹	0	0	-- ¹	-- ¹
Total	--	172	208	98	104

¹ Frayère non inventoriée

² Boudreault et Domingue (1991); conditions d'observation très difficiles : visibilité réduite et débits élevés ($\approx 400 \text{ m}^3/\text{s}$); en 1989, 14 nids avaient été observés au même endroit (Naturam, 1990).

³ Frayère non inventoriée en raison de la trop forte turbidité originant de la rivière Boucher

⁴ Nids déjà répertoriés en 1985 (Boudreault et coll., 1986)

pourcentage de nids avec oeufs de 67,1 % ($n = 79$) au cours des années 1991 à 1993 (Tableau 6.3). Globalement, la présence d'oeufs a été notée dans 67,8 % des nids fouillés soit environ deux sur trois de 1991 à 1994. Sur la Moisie, 36 % des nids avaient des oeufs entre 1988 et 1993 (140 nids/389 au total) (Belzile, 1994).

7. ANALYSES DES SUBSTRATS DE FRAIE

7.1 Problématique et objectifs spécifiques

Un des principaux objectifs des études menées depuis 1989 sur la rivière Betsiamites est d'évaluer la proportion de particules fines dans les frayères à saumon et de déterminer dans quelle mesure ce type de sédiments peut nuire au développement des oeufs de saumon et à l'émergence des alevins.

C'est dans ce contexte qu'entre 1989 et 1992, des prélèvements de substrat ont été effectués sur certaines frayères à saumon de la rivière Betsiamites et que des expériences d'implantation d'oeufs dans des nids artificiels ont été tentées. Ces travaux ont permis de constater que:

- les matériaux granulaires de la Betsiamites se présentent généralement en placages minces sur de l'argile marine et la fraction occupée par les sédiments fins est de 15 à 20 % (Boudreault et Domingue, 1991);
- la qualité du substrat ne serait pas un facteur limitant pour l'incubation des oeufs, compte tenu du fait que le taux de survie des oeufs implantés dans des nids artificiels a généralement été supérieur à 80 % (Boudreault et Domingue, 1991);
- il ne semble pas y avoir de colmatage du lit des frayères par les particules fines entre l'automne de 1991 et le début de l'été 1992, malgré les variations hebdomadaires considérables des débits turbinés à la centrale Bersimis 2 (Doyon et coll., 1994a).

Afin d'en connaître davantage sur la nature du substrat des frayères de la Betsiamites, d'autres prélèvements de sédiments ont été effectués à l'automne de 1993, ainsi qu'à l'hiver et à l'été de 1994. Plus particulièrement, ces prélèvements ont été faits dans l'objectif de vérifier si les particules fines s'accumulaient sur le lit des frayères d'une saison à l'autre, compte tenu de la régularisation du débit et l'absence de crue printanière, et de comparer la granulométrie du matériel présent dans les nids avec celle du matériel situé en périphérie. Ils avaient également pour but de comparer le substrat

des frayères de la rivière Betsiamites avec celui des frayères de la rivière Boucher qui présente un régime hydrologique naturel. Les sous-sections suivantes décrivent les méthodes utilisées et exposent les résultats obtenus.

7.2 Méthodes

7.2.1 Récolte des échantillons

Tous les échantillons de substrat ont été récoltés à l'aide d'un échantillonneur de type McNeil, comme c'était le cas au cours des campagnes de prélèvements antérieures, entre 1989 et 1992. Une description de cet appareil apparaît dans McNeil et Ahnell (1964), ainsi que dans le rapport des activités de 1992 (Doyon et coll. 1994a). Rappelons que cet échantillonneur a été choisi parce que, selon certains auteurs (Young et coll. 1991a), il se compare avantageusement à d'autres types d'échantillonneurs quant à la précision des résultats obtenus. De plus, il est peu coûteux et facile à manipuler.

7.2.2. Stratégie d'échantillonnage

Les prélèvements ont eu lieu dans trois frayères à saumon connues, soit celles des km 65 et 67 du cours principal de la Betsiamites et celle du km 3,9 de la rivière Boucher. Cette dernière est considérée comme un milieu témoin puisqu'il s'agit d'un cours d'eau non régularisé, contrairement à la Betsiamites.

Trois tournées d'échantillonnage ont eu lieu à chaque site: une première à l'automne (7 et 8 décembre 1993), une seconde en hiver avant la crue de printemps (22 et 23 mars 1994) et enfin une troisième durant l'été après la crue printanière (17 et 18 juillet 1994). L'objectif visé par ce protocole était de déterminer dans quelle mesure la crue du printemps influence la composition granulométrique des frayères en régime naturel comparativement au cours principal de la rivière Betsiamites où la crue printanière est absente.

D'une tournée à l'autre, les échantillons ont été prélevés aux mêmes endroits. Lors de la première tournée, à l'automne, une tige métallique numérotée a été plantée dans le lit des sites d'échantillonnage à chaque lieu de prélèvement afin de pouvoir le relocaliser facilement lors des tournées subséquentes. La position approximative des prélèvements de substrat à chaque site est donnée aux figures 7.1, 7.2 et 7.3.

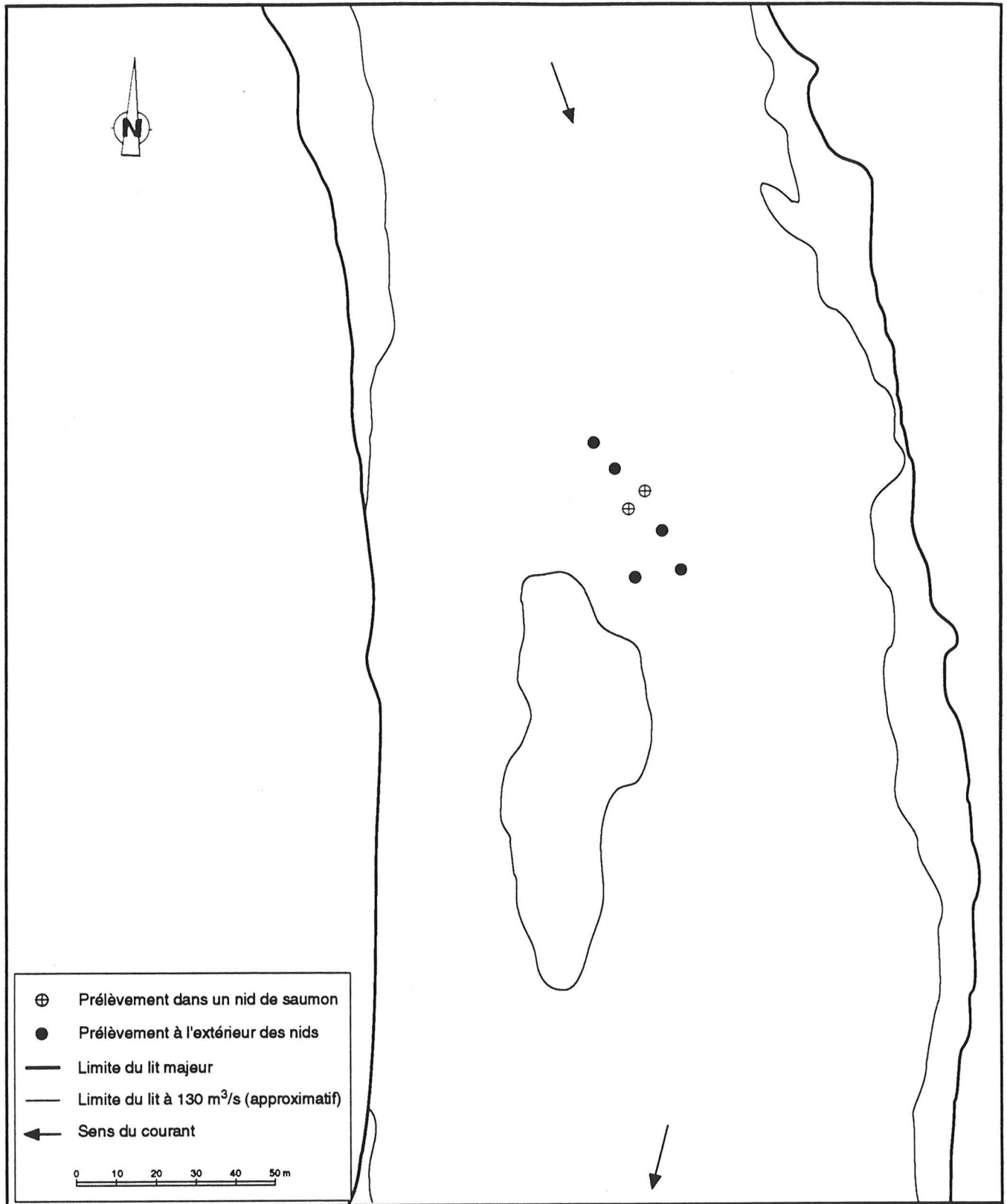


FIGURE 7.1 Position approximative des prélèvements de substrat au km 65 de la rivière Betsiamites (automne 1993, hiver et été 1994).

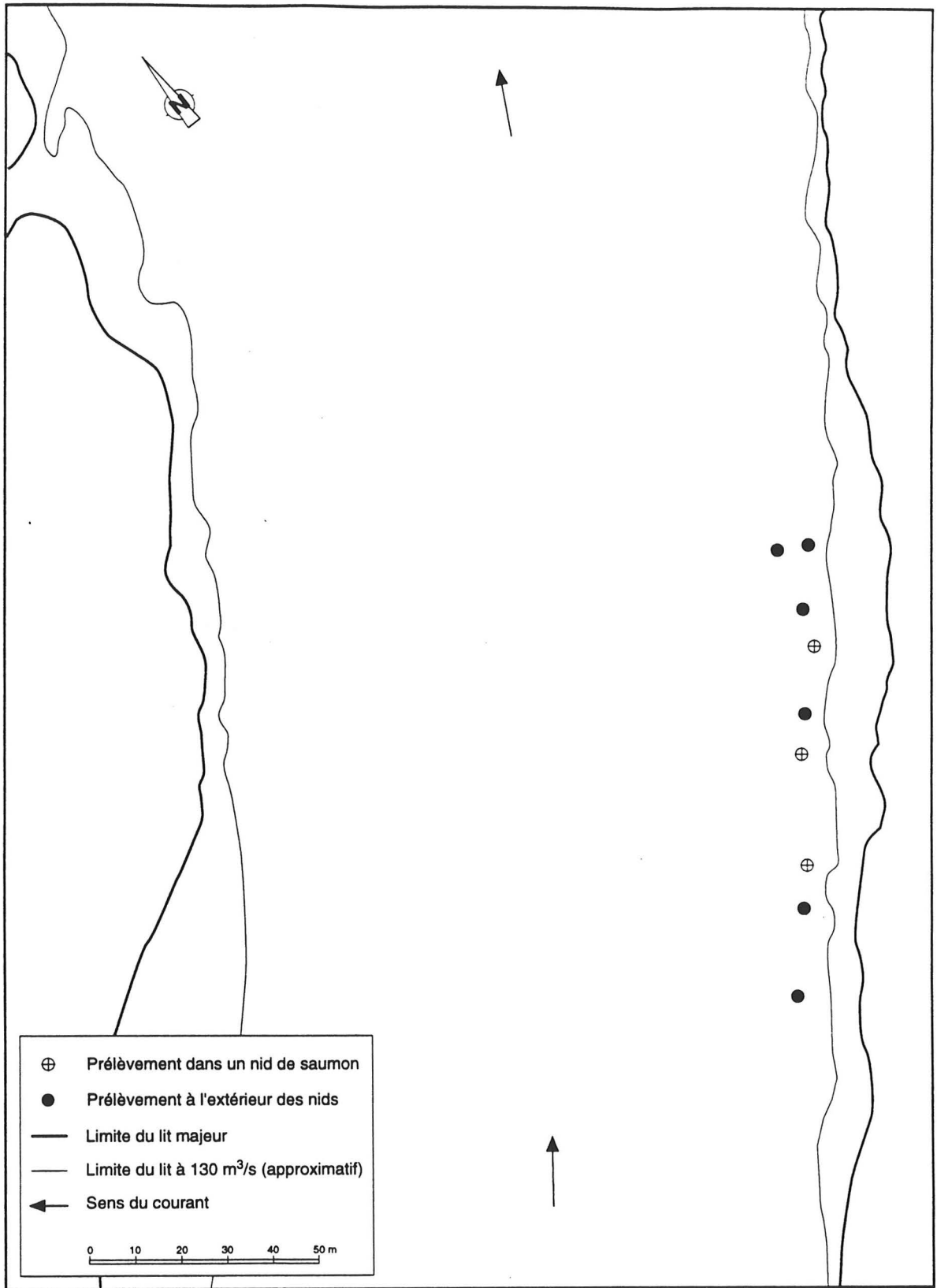


FIGURE 7.2 Position approximative des prélèvements de substrat dans la frayère du km 67 de la rivière Betsiamites (automne 1993, hiver et été 1994).

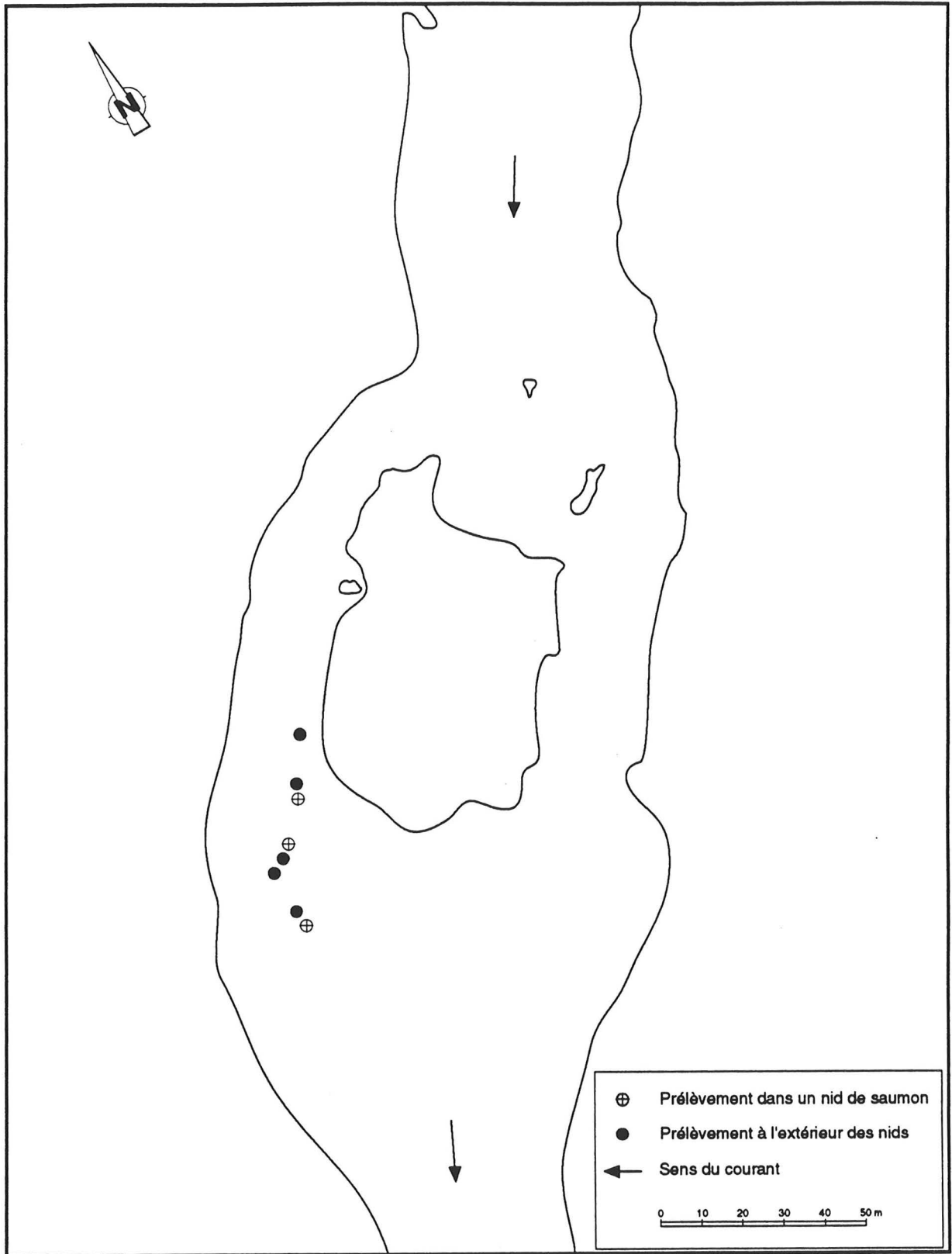


FIGURE 7.3 Position approximative des prélèvements de substrat dans la frayère du km 3,9 de la rivière Boucher (automne 1993, hiver et été 1994).

L'objectif de récolte était de huit échantillons à chaque site et à chaque tournée, soit trois échantillons à l'intérieur des nids de saumon et cinq autres à l'extérieur des nids, mais à proximité de ces derniers.

Cet objectif n'a pas été atteint dans tous les cas en raison de difficultés rencontrées au cours de l'échantillonnage. Ainsi, au km 65, seulement deux échantillons au lieu de trois ont été pris dans les nids en raison de la vitesse du courant élevée sur le site. En effet, les nids de cette frayère sont situés en bordure de la veine d'eau principale, ce qui rend difficile (voire impossible) la récolte d'échantillons de substrat. Par ailleurs, au km 3,9 de la rivière Boucher, lors de la tournée d'hiver, un épais couvert de glace (1 m) a grandement nui aux prélèvements. Il n'y avait plus d'eau dans la zone où les échantillons avaient été récoltés lors de la première campagne d'automne, de sorte que le substrat était pris dans la glace. Les échantillons granulométriques ont donc été prélevés à côté de la zone plus près du chenal de la rive droite (Figure 7.3). Seulement quatre prélèvements ont été faits en dehors des nids et aucun n'a pu être fait dans les nids. Lors de la tournée d'été, au même site, aucun prélèvement n'a été fait dans les nids, car les tiges servant à les identifier n'ont pas été retrouvées. On suppose qu'elles ont été emportées par les glaces au moment de la débâcle printanière. Enfin, au km 67, un échantillon additionnel a été recueilli en dehors des nids (soit six plutôt que cinq), dans le but de compenser pour l'échantillon en moins au km 65.

La répartition des échantillons recueillis selon le site et la tournée d'échantillonnage est donné au tableau 7.1. Au total, 65 échantillons de substrat ont été récoltés au cours de l'étude.

7.2.3 Analyse des échantillons

Tous les échantillons récoltés ont été expédiés à la firme Technisol pour fin d'analyse granulométrique. Celle-ci consiste à faire passer chaque échantillon au travers d'une série de tamis dont la dimension des mailles varie entre 0,08 et 112,0 mm. Les particules retenues sur chaque tamis sont ensuite pesées, ce qui permet d'obtenir la distribution granulométrique complète de l'échantillon, c'est-à-dire le pourcentage du poids des particules retenues à chaque tamis. Ensuite, le pourcentage en poids de chaque classe de sédiments a été calculé en utilisant les classes granulométriques suivantes :

galets	:	> 64 mm
cailloux	:	32 à 64 mm
gravier	:	4 à 32 mm
gravier fin	:	2 à 4 mm
sable	:	0,5 à 2,0 mm
sable fin	:	0,08 à 0,5 mm
silt	:	< 0,08 mm

7.2.4 Évaluation de la qualité du substrat

La qualité des échantillons de substrat pour la fraye et pour l'incubation des oeufs de saumon a été évaluée à l'aide des indices ou des statistiques suivantes:

- le pourcentage de sédiments fins;
- le diamètre géométrique moyen;
- le coefficient de tri;
- l'indice de fredle;
- le taux de survie théorique des oeufs à l'émergence.

TABLEAU 7.1 Nombre d'échantillons de substrat prélevés sur les frayères de la rivière Betsiamites et de son affluent, la rivière Boucher en 1993-1994.

<i>Rivière et site</i>	<i>Automne</i>		<i>Hiver</i>		<i>Été</i>		<i>Total</i>
	<i>Nids</i>	<i>Hors nids</i>	<i>Nids</i>	<i>Hors nids</i>	<i>Nids</i>	<i>Hors nids</i>	
Betsiamites - km 67	3	6	3	6	3	6	27
Betsiamites - km 65	2	5	2	5	2	5	21
Boucher - km 3,9	3	5	-	4	0	5	17
Total	8	16	5	15	5	16	65

Chacun de ces indices possède ses avantages et ses inconvénients; aucun d'entre eux ne peut décrire parfaitement un substrat à lui seul. L'utilisation de tous ces indices est donc requise pour obtenir une juste image des caractéristiques d'un substrat.

Le pourcentage de sédiments fins correspond au poids relatif occupé par les particules ayant un diamètre inférieur à 2 mm, ce qui comprend le sable, le sable fin et le silt. En principe, plus la proportion de ces classes de sédiments est élevée dans un échantillon, moins bonnes sont les chances de survie des oeufs durant l'incubation. Parce qu'il est sensible aux changements de la composition d'un substrat, cet indice est souvent utilisé pour suivre l'évolution de la qualité d'un substrat d'une année à l'autre ou d'une saison à l'autre. Cependant, il présente le désavantage de ne pas tenir compte de la fraction grossière de l'échantillon, qui peut avoir un effet d'atténuation sur la mortalité des oeufs (Platts et coll., 1983).

Le diamètre géométrique moyen des particules (D_g) est une mesure de la tendance centrale de la dimension des particules et constitue un indice de la perméabilité et de la porosité d'un substrat. Selon Lotspeich et Everest (1981), il se calcule de la façon suivante:

$$D_g = (d_1^{w_1} \times d_2^{w_2} \times \dots \times d_n^{w_n})$$

où

D_g = diamètre géométrique moyen des particules

d_n = diamètre médian des particules retenues par le $n^{\text{ième}}$ tamis

w_n = fraction décimale du poids des particules retenues sur le $n^{\text{ième}}$ tamis.

Des auteurs ont démontré qu'il y avait une corrélation entre le diamètre géométrique moyen des particules et le taux de survie des oeufs de certains salmonidés, notamment l'omble de fontaine et la truite fardée (Young et coll., 1991b). Toutefois, on reproche à cet indice de ne pas toujours bien décrire l'entière granulométrie d'un substrat (Lotspeich et Everest, 1981). En effet, deux substrats peuvent présenter une composition granulométrique différente tout en ayant un D_g identique. Cet indice a également l'inconvénient d'être peu sensible aux changements de la composition du lit d'une frayère (Platts et coll., 1983).

Le coefficient de tri (S_0) permet d'estimer l'homogénéité (et en même temps l'hétérogénéité) d'un substrat et s'obtient de la façon suivante:

$$S_0 = \sqrt{\frac{D_{75}}{D_{25}}}$$

où

D_{75} = diamètre des particules correspondant à 75 % du poids des échantillons

D_{25} = diamètre des particules correspondant à 25 % du poids des échantillons

Plus le coefficient de tri est élevé, plus le matériel granulaire est diversifié mais plus il est bas, plus le substrat est homogène. La valeur minimale que peut prendre ce coefficient est de un (1), lorsqu'il s'agit d'un substrat parfaitement trié ou homogène, c'est-à-dire un matériel composé de particules ayant toutes un même diamètre.

L'indice de fredle (f), quant à lui, se calcule en divisant le diamètre géométrique moyen des particules par le coefficient de tri (soit $f_i = D_g/S_0$). Plus il est élevé, plus un substrat est favorable à la fraye.

Enfin, en ce qui concerne le taux de survie (T_s), il peut être calculé à l'aide de l'équation suivante:

$$T_s = (93,1 \times \log f_i) + 0,67$$

Cette équation a été obtenue à partir d'une droite de régression présentée par Lotspeich et Everest (1981), mettant en relation le taux de survie à l'émergence des oeufs de saumon coho et le logarithme de l'indice de fredle. De fait, Lotspeich et Everest (1981) n'ont pas vérifié expérimentalement cette relation; ils ont emprunté les données de Philips et coll. (1975) sur le taux de survie à l'émergence des oeufs de saumon coho dans des substrats de composition connue.

Il importe de mentionner que l'utilisation de cette équation est sujette à caution pour deux raisons. D'abord, comme il a été mentionné plus haut, elle a été développée pour le saumon coho et non pour le saumon atlantique. D'autre part, elle tient compte uniquement du colmatage comme facteur de mortalité et non de tous les facteurs

pouvant intervenir en milieu naturel, comme la prédation par les insectes aquatiques, les infections fongiques, etc. Ainsi, dans le cadre de cette étude, cette relation est mise à contribution uniquement comme indicateur de la qualité du substrat pour la fraie du saumon atlantique et non pour prévoir le taux de survie des oeufs de cette espèce.

7.3 Résultats et discussion

Les résultats bruts des analyses granulométriques effectuées par Technisol inc. sur les échantillons de substrat provenant des trois sites d'étude sont donnés aux annexes 4, 5 et 6. Par ailleurs, la granulométrie moyenne observée à chacun des sites durant les trois saisons est illustrée à la figure 7.4.

7.3.1 Aspects physiques (composition granulométrique)

Les deux prochaines sections portent sur la comparaison de la qualité du substrat entre les sites d'échantillonnage, d'une part, et les saisons, d'autre part. Enfin, une dernière section traitera des différences dans la composition du matériel granulaire entre l'intérieur des nids de saumons et l'extérieur de ces derniers.

7.3.1.1 Comparaison entre les sites

Seuls les échantillons récoltés en dehors des nids ont été considérés pour comparer la qualité du substrat entre les sites. En effet, la prise en compte des échantillons de sédiments récoltés à l'intérieur des nids aurait constitué un biais, car les nids sont le produit d'une modification du lit de la rivière causée par les saumons.

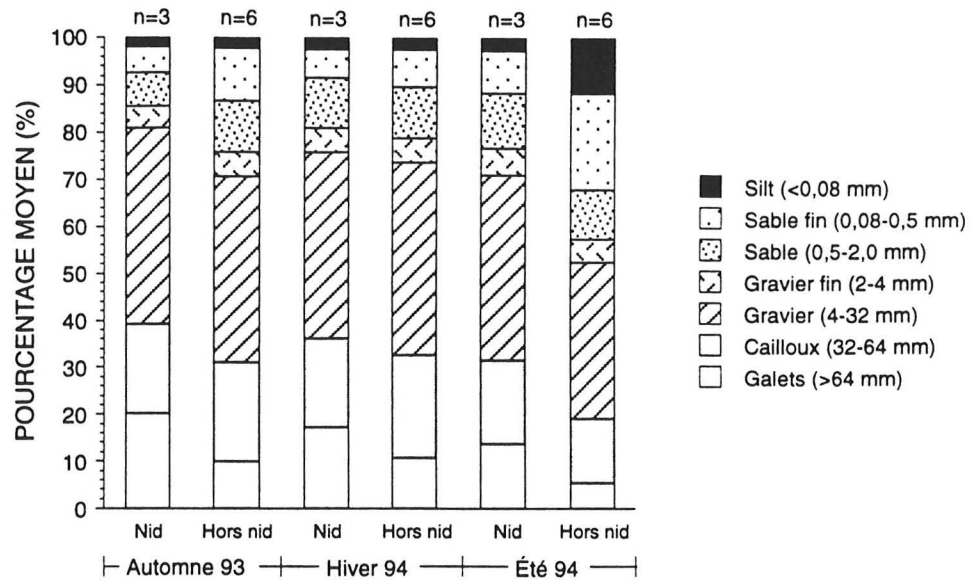
Parmi les trois sites échantillonnés, c'est au km 67 de la Betsiamites qu'on retrouve la plus forte proportion de sédiments fins (sable à silt) et la plus faible proportion de particules grossières (gravier à galets). En effet, les sédiments fins représentent de 25,7 à 37,8 % du poids total des échantillons selon la saison à cet endroit (Tableau 7.2, figure 7.4), tandis que ce même type de particules occupe de 5,5 à 7,6 % du poids des échantillons au km 65 et de 8,3 à 17,7 % de celui des échantillons du km 3,9 de la rivière Boucher.

TABLEAU 7.2 Qualité du substrat pour la reproduction du saumon, selon les saisons, aux km 65 et 67 de la rivière Betsiamites et au km 3,9 de la rivière Boucher (milieu témoin).

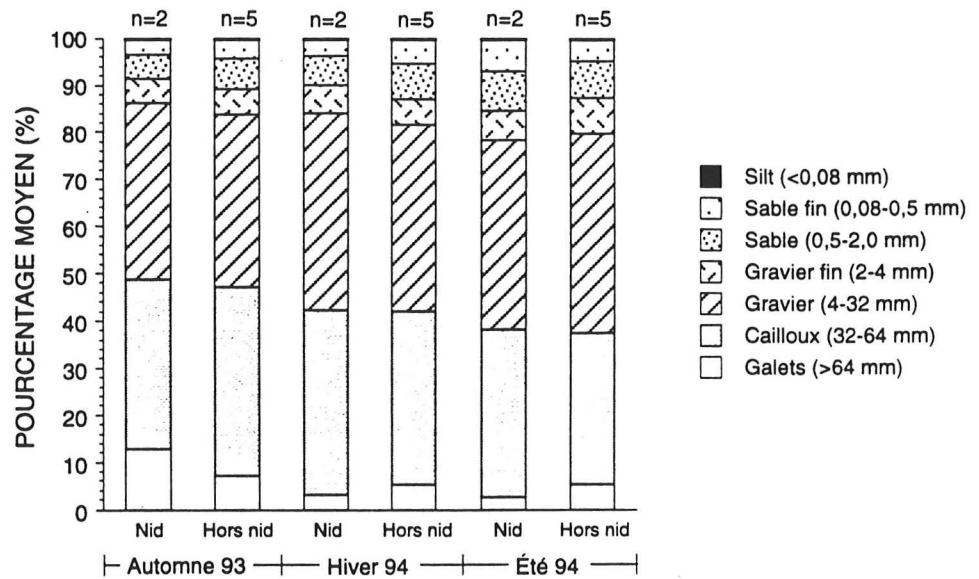
Site	Saison	n	Proportion de particules fines (<2 mm)	Dg (mm)		So		fi		Ts	
				moyenne	E.T.	moyenne	E.T.	moyenne	E.T.	moyenne	E.T.
Rivière	Décembre 1993	5	5,5	17,74	5,66	2,34	0,55	8,65	6,01	82,28	21,78
Betsiamites	Mars 1994	5	5,5	14,58	1,88	2,50	0,23	5,93	1,30	71,90	8,32
(km 65)	Juillet 1994	5	7,6	13,36	3,16	2,67	0,40	5,19	1,85	65,21	14,43
Rivière	Décembre 1993	6	29,4	9,80	5,52	4,11	1,54	3,05	2,47	32,03	39,02
Betsiamites	Mars 1994	6	25,7	10,31	3,99	3,73	1,56	3,39	1,88	40,41	36,12
(km 67)	Juillet 1994	6	37,8	3,68	2,99	9,66	5,81	0,73	0,86	0	63,93
Rivière	Décembre 1993	5	8,3	24,71	5,24	1,70	0,30	14,97	4,13	100,00	13,43
Boucher	Mars 1994	4	12,0	26,25	10,20	2,42	0,68	12,32	7,47	96,91	23,64
	Juillet 1994	5	17,7	23,76	16,74	2,51	1,40	14,07	12,29	85,16	55,94

Dg : diamètre géométrique moyen
 So : coefficient de tri
 fi : indice de Fredle
 Ts : taux de survie théorique à l'émergence
 E.T. : écart type

RIVIÈRE BETSIAMITES
(km 67)



RIVIÈRE BETSIAMITES
(km 65)



RIVIÈRE BOUCHER
(km 3,9)

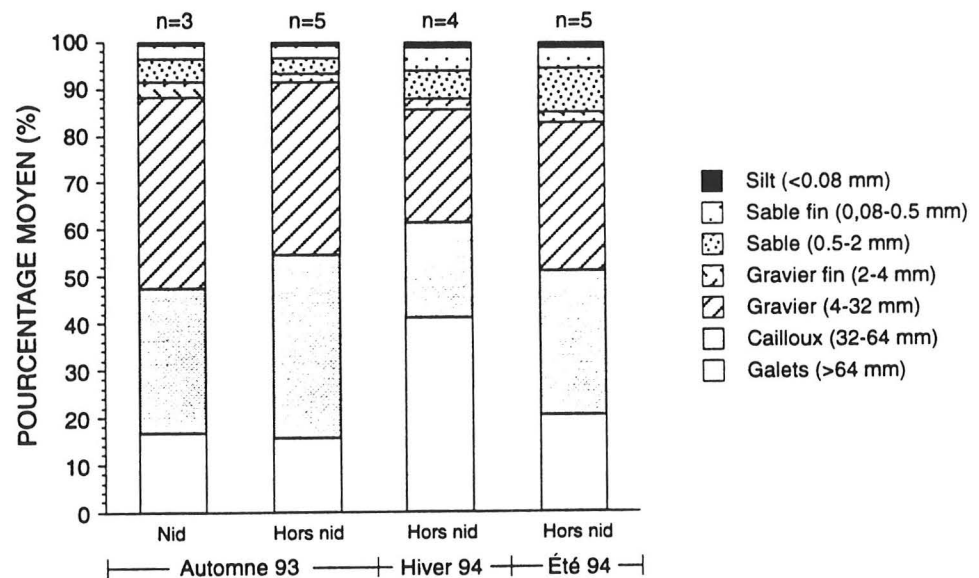


FIGURE 7.4 Granulométrie moyenne des sédiments recueillis à l'intérieur et à l'extérieur des nids de saumons aux km 67 et 65 de la rivière Betsiamites et au km 3,9 de la rivière Boucher (automne 1993, hiver et été 1994).

Le km 67 est aussi le site où le diamètre géométrique des particules est le plus petit et où l'hétérogénéité du substrat, la plus grande (Tableau 7.2). Par conséquent, c'est l'endroit où la qualité du substrat serait la moins bonne pour la reproduction des saumons et la survie de leurs oeufs.

7.3.1.2 Comparaison entre les saisons

Comme dans le cas de la comparaison du substrat entre les sites, seuls les échantillons récoltés en dehors des nids ont été considérés pour examiner les changements de la qualité du substrat d'une saison à l'autre.

À tous les sites échantillonnés, la proportion de particules fines est plus grande en été que pendant l'hiver et l'automne précédents (Tableau 7.2, figure 7.4). Cette présence plus abondante de sédiments fins à l'été se traduit par une diminution du diamètre géométrique moyen et une augmentation du coefficient de tri. Conséquemment, l'été se démarque des autres saisons par une baisse de la qualité du substrat, qui se manifeste par un indice de fredle et un taux de survie théorique moins élevés qu'en hiver et qu'en automne.

Ces constatations vont à l'encontre des observations faites par Doyon et coll. (1994a), qui, à la suite d'un échantillonnage de sédiments au km 65 à l'automne de 1991 et l'été de 1992, n'ont pas noté de colmatage du substrat par les particules fines durant l'hiver.

Un élément d'explication permettant de comprendre l'apparente contradiction entre les résultats de la présente étude et ceux de Doyon et coll. (1994a) est que les conclusions de ces derniers sont basées sur des observations faites à un seul site, soit le km 65. Or, parmi les trois sites échantillonnés au cours de la présente étude, c'est l'endroit où la proportion de sédiments fins (sable, sable fin et silt) est la moins élevée et où l'accumulation de ce type de particules a été la plus faible entre l'automne 1993 et l'été 1994. Il est probable que ce site soit moins sensible au colmatage que les deux autres, vraisemblablement en raison d'un hydrodynamisme plus puissant.

7.3.3 Comparaison nids-hors-nids

Le tableau 7.3 et la figure 7.4 regroupent les données permettant de comparer la qualité du substrat se trouvant dans les nids à celle du matériel situé en périphérie.

TABLEAU 7.3 Comparaison de la qualité du substrat pour la production du saumon entre les échantillons récoltés dans les nids et ceux récoltés en dehors des nids, selon les saisons.

Site	Saison	Situation	n	Proportion de particules fines (<2 mm)	Dg (mm)		So		fi		Ts	
					moyenne	E.T.	moyenne	E.T.	moyenne	E.T.	moyenne	E.T.
Rivière Betsiamites (km 65)	Décembre 1993	Nids	2	5,1	19,16	2,71	2,24	0,27	8,54	0,20	87,38	0,93
		Hors nids	5	5,5	17,74	5,66	2,34	0,55	8,65	6,01	82,28	21,78
	Mars 1994	Nids	2	6,4	16,35	2,67	2,13	0,13	7,72	1,73	82,77	9,16
		Hors nids	5	5,5	14,58	1,88	2,50	0,23	5,93	1,30	71,90	8,32
	Juillet 1994	Nids	2	6,3	12,94	2,89	2,74	0,10	4,75	1,23	62,97	10,56
		Hors nids	5	7,6	13,36	3,16	2,67	0,40	5,19	1,85	65,21	14,43
Rivière Betsiamites (km 67)	Décembre 1993	Nids	3	19,1	15,45	7,09	2,69	0,30	6,02	3,52	68,89	22,56
		Hors nids	6	29,4	9,80	5,52	4,11	1,54	3,05	2,47	32,03	39,02
	Mars 1994	Nids	3	6,6	11,63	0,63	3,54	0,72	3,36	0,51	49,31	6,15
		Hors nids	6	25,7	10,31	3,99	3,73	1,56	3,39	1,88	40,41	36,12
	Juillet 1994	Nids	3	28,2	9,50	3,55	4,38	1,33	2,51	1,81	31,50	27,07
		Hors nids	6	37,8	3,68	2,99	9,66	5,81	0,73	0,86	0	63,93
Rivière Boucher (km 3,9)	Décembre 1993	Nids	3	11,6	21,84	8,37	1,94	0,28	11,69	5,71	96,39	21,80
		Hors nids	5	8,3	24,71	5,24	1,70	0,30	14,97	4,13	100,00	13,43

Dg : diamètre géométrique moyen
 So : coefficient de tri
 fi : indice de Fredle
 Ts : taux de survie théorique à l'émergence
 E.T. : écart type

Au km 67, il y a une proportion moindre de sédiments fins dans les nids qu'en dehors des nids, et ceci à chacune des trois tournées d'échantillonnage (automne, hiver et été). Le diamètre moyen des particules est toujours plus grand dans les nids qu'en périphérie de ces derniers et le coefficient de tri y est toujours plus bas. Par conséquent, la qualité granulométrique du substrat pour la fraye est meilleure dans les nids qu'à l'extérieur de ceux-ci, à toutes les saisons.

Au km 65, contrairement à la frayère du km 67, il n'y a pas de différence notable dans la qualité du substrat entre les nids et l'extérieur des nids.

En ce qui concerne la rivière Boucher, la comparaison de la qualité du substrat entre les nids et l'extérieur des nids n'est possible que pour l'automne, car il n'y a pas eu d'échantillonnage dans les nids à l'hiver et à l'été. La proportion de particules fines à l'automne est légèrement plus élevée dans les nids (11,6 %) qu'en dehors des nids (8,3 %). Le diamètre moyen y est donc un peu plus petit et le coefficient de tri, un peu plus grand.

En somme, le km 67 est le seul site où il y a une différence notable dans la composition et la qualité du substrat entre l'intérieur et l'extérieur des nids de saumon. La raison en est sans doute que cet endroit est celui où la proportion de sédiments fins (sable, sable fin et silt) est la plus élevée.

En effet, plus il y a de sédiments fins dans un substrat, plus la composition granulaire de ce dernier sera modifiée par le saumon qui y creusera son nid. Les particules fines, telles le sable et le silt, sont évacuées lorsque le saumon balaie le lit de la rivière à l'aide de sa queue, mais ce n'est pas le cas des particules plus lourdes, comme les cailloux, qui sont seulement déplacées ou retournées. Le saumon augmente ainsi très localement la qualité des sédiments pour l'incubation et le développement des oeufs.

C'est pourquoi une différence appréciable entre l'intérieur et l'extérieur des nids peut être décelée au km 67, mais non au km 65 et au site témoin de la rivière Boucher, où la quantité de sédiments fins est nettement moins élevée.

7.3.2 Aspects biologiques (taux de survie théorique)

La qualité granulométrique du substrat influence directement le développement et le taux de survie des oeufs qui y sont déposés. Comme il a été mentionné à la section 7.2, le taux de survie des oeufs peut être déduit à partir de l'indice de fredle grâce à une droite de régression présentée par Lotspeich et Everest (1981), mettant en jeu ces deux variables. Cependant, il faut rappeler également que, dans le cadre de cette étude, cette relation est mise à contribution uniquement comme indicateur de la qualité du substrat pour la fraie du saumon atlantique et non dans le but de prévoir le taux de survie des oeufs de cette espèce.

L'examen des taux de survie théoriques calculés aux trois sites, selon les saisons et la situation (nids ou hors nids), révèle les mêmes tendances que celles exprimées dans les sections précédentes (Tableaux 7.2 et 7.3). Ainsi, la rivière Boucher est, parmi les trois sites échantillonnés, l'endroit où la survie des oeufs serait la meilleure (de 63,0 à 87,4 %, selon la saison et la situation) et, à l'opposé, le km 67 serait le site le moins favorable au développement de ces derniers (survie théorique variant de 0 à 68,9 %).

Par ailleurs, à tous les sites échantillonnés, on constate une diminution du taux de survie théorique durant l'été, en raison de l'abaissement de la qualité du substrat, elle-même consécutive à l'augmentation de la proportion des particules fines. La baisse des taux de survie durant l'été est particulièrement évidente aux km 67 et à la rivière Boucher. Au premier endroit (km 67), le taux de survie théorique passe de 32 et 40 %, en automne et en hiver respectivement, à 0 % en été. À l'autre site (rivière Boucher), ce taux passe de 100 % à l'automne à 85 % à l'été.

Enfin c'est au km 67 que la différence des taux de survie entre l'intérieur des nids et l'extérieur est la plus marquée et ceci à chacune des trois tournées d'échantillonnage (automne, hiver et été). Aux deux autres sites, peu de différence est notée à cet égard.

8. SUIVI DES INCUBATEURS

Au début du mois de novembre 1993, un peu plus de 50 000 oeufs de ouananiches ont été déposés dans l'incubateur à courant ascendant aménagé sur le ruisseau du Mille 45 (Figure 8.1). Cette expérience était menée pour une seconde année et visait à évaluer l'efficacité de ce dispositif d'incubation avec une plus grande charge d'oeufs qu'en 1992 à des fins d'aménagement dans le cadre du projet d'accroissement de la production salmonicole de la rivière Betsiamites. Rappelons que 7035 oeufs de saumon atlantique avaient été déposés dans cet incubateur en 1992 (Doyon et coll., 1994a).

Tous les alevins issus de l'incubation menée en 1993-1994 ont été déversés dans la rivière au Loup Marin, un tributaire favorable à la production de ouananiche qui alimente le réservoir Outardes 2 (Lévesque, 1994).

En parallèle, avec cette expérience, un nombre équivalent d'oeufs de ouananiche a également été déposé pour une troisième année consécutive dans l'incubateur du même type installé dans l'une des galeries du barrage-évacuateur de la centrale Bersimis 2. Au début du mois de mars 1994, une élévation subite de la température de l'eau (2,3 à 13 °C) en quelques heures seulement dans l'incubateur, causé par une diminution majeure du débit d'alimentation, a engendré un choc thermique occasionnant la mort de la totalité des oeufs. Rappelons que la prise d'eau dans le barrage-évacuateur servant à alimenter l'incubateur avait été réaménagé plus près de la surface au cours de l'hiver 1993, passant de 45 m à 14 m, afin de mieux synchroniser le régime thermique de l'eau circulant dans l'incubateur avec celui de la rivière Betsiamites.

L'objet de la présente section portera donc uniquement sur l'analyse du suivi de l'incubateur aménagé en milieu naturel, c'est-à-dire celui du Ruisseau du Mille 45.

8.1 Matériel et méthode

Au total, 50 030 oeufs de ouananiche ont été déposés au stade d'oeufs verts dans l'incubateur, le 5 novembre 1993. De ce nombre, 45 062 étaient des oeufs produits en première génération (F1) par 14 ouananiches (9 femelles et 5 mâles) âgées de 4 ans de

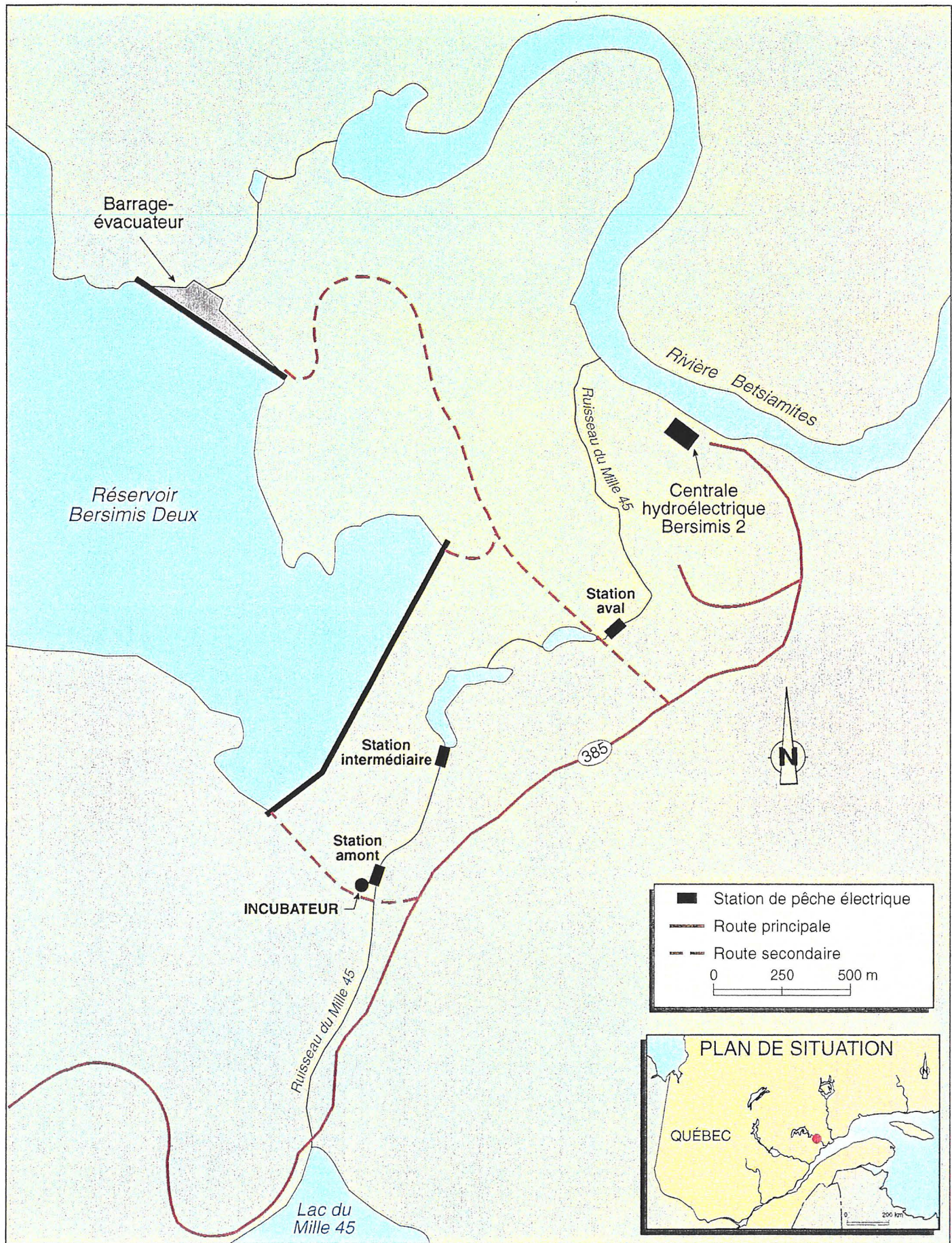


FIGURE 8.1 Localisation de l'incubateur à courant ascendant aménagé sur le ruisseau du Mille 45.

la souche Baldwin Victor 1989. La seconde partie des oeufs, soit 4 968, provenait de trois géniteurs (1 femelle et 2 mâles) âgés de 5 ans de la souche Baldwin Victor 1988. La génération de cette souche n'est pas connue.

Les oeufs déposés dans l'incubateur provenaient du Centre Écologique du Lac Saint-Jean, à Saint-Félicien. La méthode utilisée pour effectuer le comptage des oeufs est celle de Von Bayer (Turgeon, 1983). Chaque lot d'oeufs a été enveloppé dans du coton à fromage humide et déposé dans une glacière pour effectuer le transport de Saint-Félicien jusqu'à l'incubateur. Les informations relatives à chacun des lots et à la mortalité observée durant le transport apparaissent au tableau 8.1. La lignée des ouananiches femelles utilisée pour la fraie artificielle a produit en moyenne 7 452 oeufs/litre (50 193 oeufs/6 735 litres). Mentionnons que la période entre la fécondation des oeufs et le dépôt dans l'incubateur a été d'environ 24 heures. La température de l'eau lors de la mise en charge de l'incubateur était de 3,5°C. Le nombre d'oeufs ayant succombé durant le transport a été faible et est estimé à 0,3 %.

Les neuf lots d'oeufs ont été répartis sur les 20 claies d'astroturf que comporte l'incubateur à courant ascendant, à raison de $2\,502 \pm 74$ oeufs par claie (Tableau 8.2). Un suivi de la mortalité a été effectué à deux reprises au cours du développement des oeufs. Le premier décompte a été réalisé visuellement le 22 mars 1994. Le second a été fait à la fin des travaux, soit le 23 juin 1994, par un décompte complet des oeufs morts libérés des plaques d'astroturf après que l'émergence des alevins ait été terminée.

Le nombre total d'alevins issus de l'incubation a été estimé à partir du poids moyen d'un alevin recueilli à l'émergence, sur un total de 800 alevins pesés par groupe de 100.

8.2 Résultats et discussion

8.2.1 Dates d'éclosion et d'émergence

Le développement des oeufs déposés dans l'incubateur s'est déroulé selon les projections théoriques effectuées pour l'éclosion et l'émergence durant la période printanière (Tableau 8.3). Malgré le dépôt plus hâtif des oeufs en 1993, comparativement à 1992, les deux phases de développement ont été atteintes

TABLEAU 8.1 Nombre d'oeufs de ouananiche obtenu du Centre Écologique du Lac Saint-Jean.

N ^o lot ¹	Nombre d'oeufs	Âge des reproducteurs (an)	Nombre d'oeufs morts lors du transport
1	5 018	5	50
2	6 576	4	3
3	7 809	4	5
4	384	4	0
5	7 680	4	4
6	7 680	4	7
7	7 506	4	37
8	6 004	4	57
9	1 536	4	0
Total	50 193	-	163

¹ Chaque lot peut originer d'une ou de plusieurs femelles de la même souche de ouananiche.

respectivement le 30 mai et le 21 juin, en 1994, soit une semaine plus tard que l'année précédente. Au cours de la saison 1993-1994, la durée de développement entre la fécondation et l'éclosion a été de 206 jours (29 semaines) alors que la période d'émergence a été de 22 jours (3 semaines).

Les dates théoriques auxquelles avaient été prédites l'éclosion des oeufs ainsi que l'émergence des alevins étaient très similaires aux dates où ont été atteints chacun des stades de développement. Ces résultats indiquent que les modèles de prédiction utilisés dans le cadre de la présente étude permettent d'estimer avec assez d'exactitude les dates d'éclosion et d'émergence chez la ouananiche.

TABLEAU 8.2 Nombre estimé d'oeufs de ouananiches déposés par claie dans l'incubateur du ruisseau du Mille 45.

N ^o claie ¹	Souche d'oeufs ²	Nombre d'oeufs		
		Vivants (05-11-93)	Morts (22-03-94)	Morts (23-06-94)
1	BV89	2 494	624	513
2	BV89	2 490	554	1 087
3	BV89	2 489	512	902
4	BV89	2 560	299	392
5	BV89	2 560	293	352
6	BV89	2 556	297	490
7	BV89	2 458	515	640
8	BV89	2 458	537	572
9	BV89	2 466	656	810
10	BV88	2 675	74	60
11	BV89	2 494	593	330
12	BV89	2 495	571	1 160
13	BV89	2 490	583	984
14	BV89	2 560	494	723
15	BV89	2 553	463	624
16	BV89	2 560	517	675
17	BV89	2 458	569	820
18	BV89	2 458	695	1 322
19	BV89	2 463	635	1 000
20	BV88	2 293	116	135
	BV89	45 062	9 407	13 396
	BV88	4 968	190	195
	Total	50 030	9 597 ³	13 591

1 N^{os} 1 à 10 : claies amont, de la surface jusqu'au fond et n^{os} 11 à 20 : claies aval, de la surface jusqu'au fond.

2 BV89 : souche Baldwin Victor 1989 (F1).
BV88 : souche Baldwin Victor 1988 (F?).

3 Dont 77 oeufs ont été retirés des claies.

TABLEAU 8.3 Dates d'éclosion et d'émergence prédites et observées des oeufs de ouananiche déposés dans l'incubateur du ruisseau du Mille 45.

Année	Date de fécondation - dépôt	Date d'éclosion		Durée		Date d'émergence		Durée	
		prédite ²	observée	prédite	observée	prédite ²	observée	prédite	observée
1992-1993 ¹	11 novembre 1992	21 mai 1993	19 mai 1993	191	190	12 juin 1993	15 juin 1993	22	27
1993-1994	5 novembre 1993	25 mai 1994	30 mai 1994 ³	201	206	20 juin 1994 ⁴	21 juin 1994	21	22

1 Doyon et coll. (1994a).

2 Prédiction réalisée à l'aide des modèles d'évaluation du taux de développement utilisés par Doyon et coll. (1994a).

3 93 % des oeufs étaient éclos à cette date lors de la visite de l'incubateur le 30 mai 1994.

4 Date d'émergence prédite selon les données des années antérieures et basée sur une période de 3 semaines après l'éclosion (p.s. les données de température n'étaient pas disponibles entre la période d'éclosion et celle d'émergence).

8.2.2 Taux de survie à l'éclosion et à l'émergence

Des $50\,030 \pm 5\,003$ oeufs déposés dans l'incubateur, 17 480 ont été transportés au stade alevin à l'émergence dans la rivière au Loup Marin et Caouishtagamac (Tableau 8.4). Au surplus, 13 668 oeufs morts ont été dénombrés à la fin des travaux et on estime qu'un minimum de 1 000 alevins ont été trouvés morts dans le fond de l'incubateur avant leur émergence. Le nombre d'oeufs non retrouvés au terme de l'expérience est évalué à 17 882.

Les hypothèses avancées pour expliquer cette dernière observation sont les suivantes :

1. Erreur de la méthode de comptage des oeufs et de la méthode de pesée des alevins;
2. Sous-estimation du décompte d'oeufs morts;
3. Sous-estimation du décompte d'alevins morts non émergés;
4. Échappée d'alevins de l'incubateur;
5. Prédation d'oeufs à l'intérieur de l'incubateur.

L'erreur de la méthode utilisée pour effectuer le comptage des oeufs de ouananiche est estimée à 10 % selon le Centre Écologique du Lac Saint-Jean. Si l'erreur totale due à la méthode était entièrement négative, le nombre total d'oeufs déposés dans l'incubateur aurait été d'environ 45 000.

L'humidité entraînée avec les alevins lorsqu'ils sont pesés peut affecter l'estimation du nombre d'alevins dans l'incubateur. Ce biais méthodologique pourrait avoir sous-estimé les décomptes d'alevins.

Le taux de survie à l'éclosion lors de la présente étude est évalué à 73 %. La majorité des oeufs (45 062) utilisés originent d'une jeune souche de ouananiches (BV89), âgées de 4 ans seulement, pour laquelle le taux de survie est évalué à 70 % (Tableau 8.4). Cependant, le taux de survie des oeufs de cette souche incubés dans les installations piscicoles du Centre Écologique a été évalué à 54 %. Ces observations suggèrent que le taux de survie que nous avons obtenu serait de 16 % supérieur.

Des chercheurs ont trouvé qu'une forte proportion d'oeufs morts (10-60 %) se sont désintégrés et n'ont pas été retrouvés lors de leur étude (Pauwels et Haines, 1994). Ces auteurs ont indiqué que ce phénomène semblait être plus important que ce qui avait été

TABLEAU 8.4 Synthèse des résultats du suivi des oeufs déposés dans l'incubateur aménagé sur le ruisseau du Mille 45, en 1994.

Stade du développement	Souche BV 89	Souche BV 88	Total
Nombre d'oeufs déposés (5 novembre 1993)	45 062 ± 4 506 ^a	4 968 ± 497 ^a	50 030 ± 5003 ^a
Décompte d'oeufs morts (fin des travaux)	13 396	195	13 668 ^{bc}
Décompte d'alevins morts (fin des travaux)	—	—	1 000 ^d
Nombre d'alevins à l'émergence (21 au 25 juin 1994)	—	—	17 480 ^e
Taux de survie à l'éclosion	70,3 %	96,1 %	(50 030-13 668)/50 030 = 73 %
Taux de survie à l'émergence	—	—	17480/50 030 = 35 %
Nombre d'oeufs non retrouvés	50 030 - 13 668 - 1 000 - 17 480		= 17 882

a Précision de la méthode de comptage utilisée équivalente à ± 10 %.

b Décompte réalisé par un dénombrement exhaustif des oeufs isolés dans une boîte où les claies d'astroturf ont été renversées.

c Inclut 77 oeufs retirés lors du premier décompte d'oeufs morts (22-03-94).

d Nombre pouvant être fortement sous-estimé en raison de la décomposition trop avancée dans certains cas des alevins morts.

e Nombre total estimé à partir du poids moyen d'un alevin recueilli à l'émergence (n = 800; \bar{x} = 260 mg).

TABLEAU 8.5 Taux de survie à l'éclosion des oeufs et à l'émergence des alevins de saumon atlantique et de ouananiche dans des incubateurs à courant ascendant observés dans la littérature québécoise.

Milieu d'incubation	Endroit	Taux de survie		Source
		Éclosion	Émergence	
Incubateur en milieu naturel	Rivière Duval (1986-1987)	80 %	60 %	Desjardins (1989)
	Rivière Ste-Marguerite (1988-1989)	86 %	-	Caron et le Bel (1991)
	(1989-1990)	93 %	-	Caron et le Bel (1991)
	Ruisseau Glenburie et Rivière Anse à Barbe (1987-1989)	92 %	74 %	Caron et le Bel (1991)
	Ruisseau Noel Paul	-	76 %	O'Connell et coll. (1983 <i>in</i> O'Connell et Bourgeois, 1987)
	Ruisseau Mille 45 (1992-1993)	99 %	?	Doyon et coll. (1994a)
	(1993-1994)	73 %	35 %	Présente étude (ouananiche)
Incubateur en milieu artificiel	Barrage-évacuateur Bersimis 2 (1991-1992)	83 %	19 %	Lévesque et coll. (1993)
	(1992-1993)	66 %	36 %	Doyon et coll. (1994a)

9. SUIVI DES JUVÉNILES PRODUITS EN 1993 DANS L'INCUBATEUR DU RUISSEAU DU MILLE 45

Au cours de la saison estivale 1994, des pêches à l'électricité ont été réalisées sur le ruisseau du mille 45 afin de vérifier la présence d'alevins issus de l'incubation d'oeufs de ouananiches durant la saison automne-hiver 1993 et 1994, dans l'incubateur aménagé sur ce petit cours d'eau. Cette activité a été réalisée, comme il fut mentionné au chapitre précédent, à la suite de l'hypothèse émise à l'effet que des alevins de ouananiches auraient pu s'échapper de l'incubateur en raison du bris des tuyaux en gélinites servant au captage de l'eau qui alimente cet incubateur, au printemps 1993. Ce chapitre présente les résultats obtenus lors de cette activité.

9.1 Méthodologie

La méthode d'échantillonnage utilisée est identique en tout point à celle employée en 1993 (Doyon et coll., 1994b). Rappelons simplement que les pêches à l'électricité ont été réalisées le 10 août 1994 dans trois stations fixes réparties sur le cours d'eau d'amont vers l'aval à partir de l'emplacement de l'incubateur (Figure 8.1). À chacune des stations, une aire (ouverte) d'environ 100 m² (c'est-à-dire 50 m de longueur par approximativement 2 m de largeur que comporte le ruisseau) a été balayé durant une période d'environ 15 minutes. L'appareil de pêche à l'électricité utilisé était de marque Coffelt, modèle Mark 10 (CPS). Celui-ci a été ajusté à une puissance de 4 à 6 Ampères.

9.2 Résultats et discussion

Au total, 12 saumons atlantiques au stade de tacon et 61 ombles de fontaine ont été récoltés lors des pêches à l'électricité effectuées en 1994 sur le ruisseau du Mille 45 (Tableau 9.1). Les résultats montrent que 42 % des saumons juvéniles ont été capturés dans la station amont, localisée immédiatement en aval de l'incubateur, et que les autres (58 %) ont tous été pris dans la station intermédiaire qui est située à environ 500 m de la première. La station aval n'a donné aucune capture de tacon de saumon. la majorité (77 %) des ombles de fontaine recueillies proviennent de la station intermédiaire.

TABLEAU 9.1 Nombre et abondance relative (%) de saumon atlantique et d'omble de fontaine capturés à la pêche à l'électricité dans le ruisseau du Mille 45 en 1993 et 1994.

Date d'échantillonnage	Saumon atlantique			Omble de fontaine			Total	
	<i>Amont</i>	<i>Intermédiaire</i>	<i>Aval</i>	<i>Amont</i>	<i>Intermédiaire</i>	<i>Aval</i>	<i>Saumon</i>	<i>Omble</i>
12 août 1993	18 (69 %)	8 (31 %)	0 (0 %)	32 (32 %)	21 (21 %)	47 (47 %)	26 ¹	100
10 août 1994	5 (42 %)	7 (58 %)	0 (0 %)	5 (8 %)	47 (77 %)	9 (5 %)	12²	61

1 Tacons d'âge 0⁺

2 Tacons d'âge 1⁺

Ces résultats sont différents de ceux obtenus au cours de la même période (le 12 août) en 1993. Les saumons juvéniles capturés en 1993 étaient surtout concentrés (69 %) près de l'incubateur alors que les ombles de fontaine étaient bien représentés dans toutes les stations (21 à 47 %).

Les saumons juvéniles capturés en 1994 étaient tous des tacons âgés de 1⁺ an (Tableau 9.2). On exclut donc la possibilité que des alevins se soient échappés de l'incubateur au cours de l'hiver 1993-1994. En 1993, ceux-ci étaient âgés de 0⁺. Il est possible qu'en grandissant, les tacons aient migré légèrement vers l'aval entre 1993 et 1994 (Tableau 9.1). Il se peut également que les tacons de saumons devenant plus agressifs et territoriaux aient contribué à déplacer les ombles de fontaine vers l'aval du ruisseau.

La densité des tacons 1⁺ dans les stations amont et intermédiaire est évaluée à 6/100 m² en 1994. Elle était de 13/100 m² chez les tacons 0⁺ en 1993 ce qui permet d'estimer le taux de survie des saumons juvéniles entre les stades 0⁺ et 1⁺ à 46,2 % dans le Ruisseau du Mille 45. Mentionnons que les résultats ne sont pas affectés par l'immigration puisque le tributaire n'était pas colonisé par le saumon atlantique avant son introduction avec l'incubateur en 1993 et que des obstacles infranchissables sont présents juste en amont de la zone d'échantillonnage et dans la section aval du ruisseau.

TABLEAU 9.2 Caractéristiques biologiques des saumons juvéniles capturés dans le Ruisseau du Mille 45 en 1993 et 1994.

Année	Âge (an)	Longueur totale			Masse			Rapport des sexes (F : M)
		n	moyenne (mm)	écart-type	n	moyenne (g)	écart-type	
1993 ¹	0+	26	49,4	5,6	–	–	–	–
1994 ²	1+	12	105,1	6,6	12	10,2	2,0	50 : 50

¹ Spécimen mesuré sur le terrain au moment de leur capture

² Spécimen mesuré après un séjour d'environ un mois dans le formol.

Côté et Pomerleau (1985) ont effectué pendant plusieurs années des ensemencements à des densités de l'ordre de 160 alevins/100 m² dans la rivière Ste-Anne (Gaspésie). Les meilleures densités de tacons 1+ qu'ils ont observé (5,5 à 7,3/100 m²) étaient issus de densités relativement faibles de tacon 0+ à la mi-été précédente, soit entre 18,0 et 75,1/100 m², donnant un taux de survie de 29 à 31 %. D'autres chercheurs qui ont ensemencé des alevins à des densités variant de 12 à 75 alevins/100 m² dans un petit cours d'eau du Vermont qui possède une taille comparable à celle du Ruisseau du Mille 45 ont observé une densité de tacons d'âge 1 d'environ 3/100 m² (Whalen et LaBar, 1994), ce qui est de moitié inférieur au résultat que nous avons obtenu.

Whalen et LaBar (1994) ont fait valoir que l'introduction d'alevins à des densités inférieures à 50/100 m² permettait d'obtenir la plus grande efficacité sur le plan de la production de tacons d'âge 0+, mais que des déversements à des densités de 12 alevins/100 m² étaient possiblement insuffisantes pour atteindre un seuil de production optimal de tacon d'âge 1. Côté et Pomerleau (1985) ont proposé d'effectuer l'empoissonnement de cours d'eau à des densités comprises entre 40 et 60 alevins/100 m².

10. MODÉLISATION DES HABITATS

La modélisation des habitats de poissons, largement utilisée aux États-Unis et connue sous le nom de "Instream Flow Incremental Methodology", constitue un outil privilégié d'aide pour les gestionnaires des ressources hydriques. Cette méthode s'appuie initialement sur une modélisation hydrodynamique d'un tronçon représentatif de la rivière. Par la suite, une simulation de l'habitat disponible est effectuée en se basant sur un modèle de préférence pour le poisson. Ce type de modélisation a été utilisé à quelques reprises au Québec, soit lors des études d'impact du projet SM3 sur le saumon de la rivière Moisie (Boudreault et coll., 1989) et lors de l'étude d'impact environnemental d'un projet hydroélectrique sur la ouananiche de la rivière Ashuapmushuan (Leclerc et coll., 1991).

Le comité technique de la rivière Betsiamites a décidé à la fin juillet 1994 de procéder à une modélisation de l'habitat du saumon atlantique d'un tronçon du cours d'eau. Les objectifs de cette activité ont été définis comme suit:

- quantifier la relation entre l'habitat salmonicole disponible pour un tronçon du cours d'eau et le débit de la rivière Betsiamites;
- évaluer l'influence du mode d'opération actuel de la centrale hydroélectrique Bersimis 2 sur l'habitat de saumons du tronçon étudié;
- recommander des mesures de gestion des débits afin de favoriser la ressource salmonicole.

Ce chapitre comporte une première section portant sur la méthodologie utilisée pour la modélisation des habitats, ainsi que pour les analyses du régime hydrique à l'aval de la centrale Bersimis 2. Une deuxième section présente les résultats de la modélisation et des analyses hydrologiques, alors qu'une dernière section propose des scénarios de gestion des débits pour la centrale Bersimis 2.

10.1 Méthodologie

La méthodologie utilisée pour la modélisation des habitats salmonicoles d'un tronçon de la rivière Betsiamites passe par une description du site à l'étude, ainsi que des

-
- des *relations niveau-débit* à l'aval et à l'amont du site, établies par jaugeages, à des débits de 100, 150, 220, 300 et 450 m³/s. Il s'agit de la gamme des débits généralement rencontrés en période estivale sur le cours d'eau;
 - un *profil de la ligne d'eau* de même que le contour du périmètre mouillé pour des événements hydrologiques distincts. Les données relevées pour les débits de 100, 220 et 450 m³/s ont servi à l'ajustement des paramètres du modèle (la calibration), alors que les données pour les débits de 150 et 300 m³/s ont servi pour confirmer le choix des paramètres (la validation);
 - de *20 à 25 points de mesures de vitesse* pour chaque débit de jaugeage à 0,2 et 0,8 fois la profondeur locale et répartis de manière à couvrir la variabilité hydrodynamique du site. Ces mesures ont été effectuées à l'aide de micro-moulinets à coupole de type Price. Encore une fois, les mesures effectuées pour les débits de 100, 220 et 450 m³/s ont servi à la calibration des paramètres du modèle, alors que les mesures de vitesse pour les débits de 150 et 300 m³/s ont été utilisées afin de valider l'ajustement des paramètres.

10.1.3 Modélisation hydrodynamique

Le modèle utilisé pour la simulation hydrodynamique est basé sur l'utilisation de la méthode des éléments finis. Les relations mathématiques décrivant les écoulements sont celles de Saint-Venant. Ces équations permettent de décrire les écoulements en respectant des principes de conservation de la masse (débit), ainsi que de la quantité de mouvement, et en tenant compte des assemblages granulométriques présents sur le site à modéliser (Leclerc et coll., 1991). Une description plus détaillée du modèle numérique peut être retrouvée dans les publications scientifiques de Leclerc et coll. (1987, 1990a; 1990b).

Le modèle de terrain du site est le résultat du découpage par éléments finis (maillage) du domaine d'écoulement tel que délimité par les cartes bathymétrique et des substrats qui découlent du relevé d'arpentage. Ce découpage a permis d'élaborer un modèle de terrain comportant 3392 éléments et 7011 noeuds (Figure 10.2). Précisons que le nombre de noeuds plus élevés provient de l'utilisation d'un modèle d'élément à six noeud tel qu'illustré à la figure 10.2. La bathymétrie ainsi que le substrat, tels que représentés par le modèle terrain, apparaissent à la planche #1 (Annexe 8).

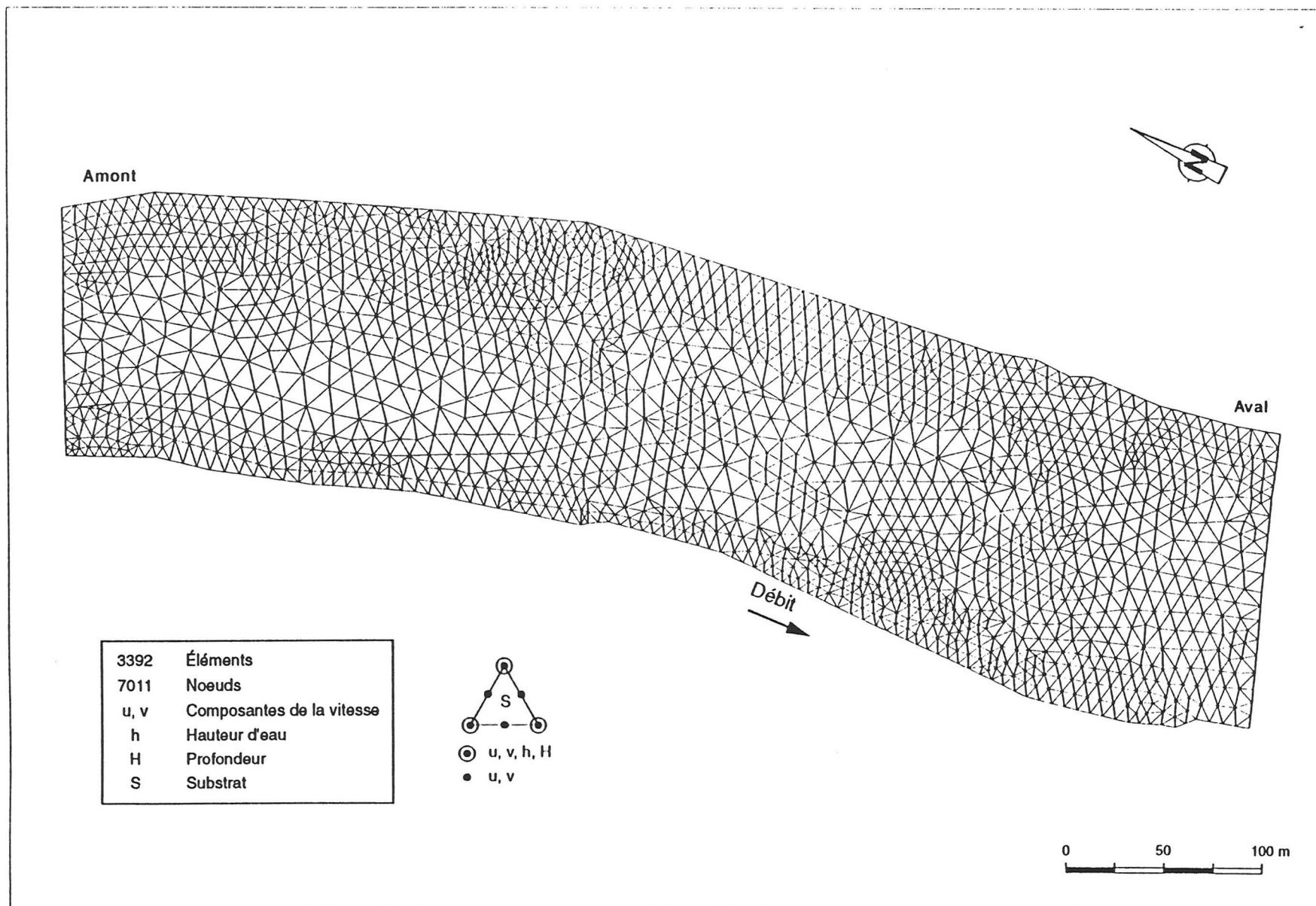


FIGURE 10.2 Maillage des éléments finis pour le tronçon du km 65 sur la rivière Betsiamites.

Une fois le modèle de terrain préparé, des données de vitesses d'écoulement et de niveaux d'eau sont requises afin de calibrer le modèle hydrodynamique. Dans un premier temps, les courbes de tarage en amont et en aval du site ont été établies à l'aide des cinq jaugeages (Annexe 9). Une fois ces relations connues, le modèle de terrain est prêt à recevoir l'hydrologie.

Une première étape dans la calibration consiste à simuler correctement la ligne d'eau pour les trois débits de calibration (100, 220, 450 m³/s). La méthode utilisée consiste à forcer un niveau d'eau à l'aval du site relié à un débit à l'amont du site, puis à laisser le modèle calculer la ligne d'eau jusqu'à la limite amont du site. Si l'évaluation de la ligne d'eau est incorrecte, un ajustement du coefficient de frottement pour les différents assemblages de substrat est apporté jusqu'à ce que l'on parvienne à une simulation acceptable. Cette même procédure est reprise pour les autres débits de calibration.

La deuxième étape consiste à vérifier si les prédictions de vitesse de courant du modèle hydrodynamique sont valables. Encore une fois, les mesures de vitesse pour les trois débits de calibration sont vérifiées par rapport aux résultats du modèle et des réajustements au coefficient de frottement pour certains assemblages granulométriques peuvent être finalisés. La figure 10.3 montre la répartition des mesures de vitesse sur le site pour les débits de calibration et de validation.

Enfin, la dernière étape implique l'injection des valeurs de niveau d'eau et de vitesses de courant pour les débits de 150 et 300 m³/s afin de valider les ajustements apportés au cours des étapes précédentes. Le tableau 10.1 donne la valeur finale des coefficients "n" de Manning pour les différentes classes d'assemblage granulométrique rencontrées. Une fois ces étapes de calibration/ validation terminées, les conditions hydrodynamiques du site sont simulées pour une gamme de débits allant de 60 m³/s jusqu'à 900 m³/s, puis avec les résultats, on passe au modèle d'habitat.

10.1.4 Modèle d'habitat pour le saumon atlantique

La modélisation d'habitat repose sur une intégration de données biologiques avec les résultats de la simulation hydrodynamique. En fait, les données biologiques sont représentées par des courbes de préférence d'habitat (indices de base) pour l'espèce



FIGURE 10.3 Répartition des mesures de vitesse sur le site à l'étude.

TABLEAU 10.1 Coefficients de Manning retenus selon les assemblages granulométriques

Assemblages	n
A	0,017
AS	0,0175
AVS	0,020
AVC	0,021
ACG	0,0248
SA	0,018
S	0,019
SV	0,020
SVC	0,0211
SVG	0,0237
SCG	0,0248
VS	0,021
VSC	0,0216
VC	0,0232
VCS	0,0224
VCG	0,0254
VGS	0,0253
CSG	0,0257
CV	0,0240
CVS	0,0233
CVG	0,0259
CGV	0,0268
CGB	0,0319

note: A: argile; S: sable; V: gravier; C: caillou; G: galet; B: bloc

visée en fonction du stade ou phase sensible de son cycle vital. Dans le cadre de la présente étude, nous limitons le stade de vie à la période de croissance des saumons juvéniles, plus particulièrement à la période limitée entre le 15 juin et le 30 septembre.

La valeur de l'habitat est représentée par un indice globale (I_G) calculé à partir des indices de base. Ces indices varient entre 0 (mauvais habitat) et 1 (excellent habitat) et sont spécifiques aux paramètres de profondeur d'eau, de vitesse de courant et de substrat. Bien que ces derniers paramètres n'expliquent pas de façon exclusive l'utilisation de l'habitat par les jeunes saumons (i.e. certains paramètres tels la température de l'eau, la disponibilité de nourriture, la prédation ainsi que la compétition inter et intra spécifique, ne sont pas pris en compte en raison des faibles densités de juvéniles), en modélisation ce sont ces trois paramètres qui sont généralement utilisés pour représenter l'habitat du saumon (Bourgeois et coll., 1994).

Les courbes de préférence d'habitat des saumons juvéniles en fonction des conditions de vitesse et de profondeur sont présentées à la figure 10.4. Ces courbes proviennent des études effectuées sur la rivière Moisie et elles tiennent compte d'observations effectuées sur ce cours d'eau tout en apportant une correction pour la disponibilité de l'habitat (Boudreault et coll. 1989).

L'indice de préférence pour le substrat est montré au tableau 10.2. Cette classification est tirée de l'étude de modélisation de l'habitat de la ouananiche sur la rivière Ashuapmushuan et est évaluée en tenant compte du rang d'importance de la classe de granulats dans l'assemblage, de la valeur individuelle des classes présentes et d'un indice de diversité (Leclerc et coll. 1991). La clé du calcul est présentée à l'annexe 10.

Le calcul d'un indice global pour les alevins et les tacons est tiré de l'étude du saumon de la rivière Moisie (Boudreault et coll. 1989). La pondération des indices est basée sur une analyse en composantes principales et l'indice global se calcule à l'aide des formules suivantes :

Alevins	$I_G = I_V^{0,44} \times I_H^{0,26} \times I_S^{0,3}$
Tacons	$I_G = I_V^{0,39} \times I_H^{0,4} \times I_S^{0,21}$

où I_G : indice global
 I_V : indice de préférence pour la vitesse
 I_H : indice de préférence pour la profondeur
 I_S : indice de préférence pour le substrat

Enfin, le calcul de l'aire pondérée utilisable ou APU (WUA: Weighed Usable Area) s'effectue pour chaque débit simulé en appliquant la formule suivante:

$$APU = \int I_G \partial A$$

I_G : indice global
 A : aire de l'élément

La transformation de l'APU (en m²) en pourcentage (APU %) se fait tout simplement en calculant le rapport entre l'APU et la surface totale du domaine. De ces calculs résultent des courbes où l'APU % est mis en relation avec le débit. Notons que la surface mouillée est également mise en relation avec le débit.

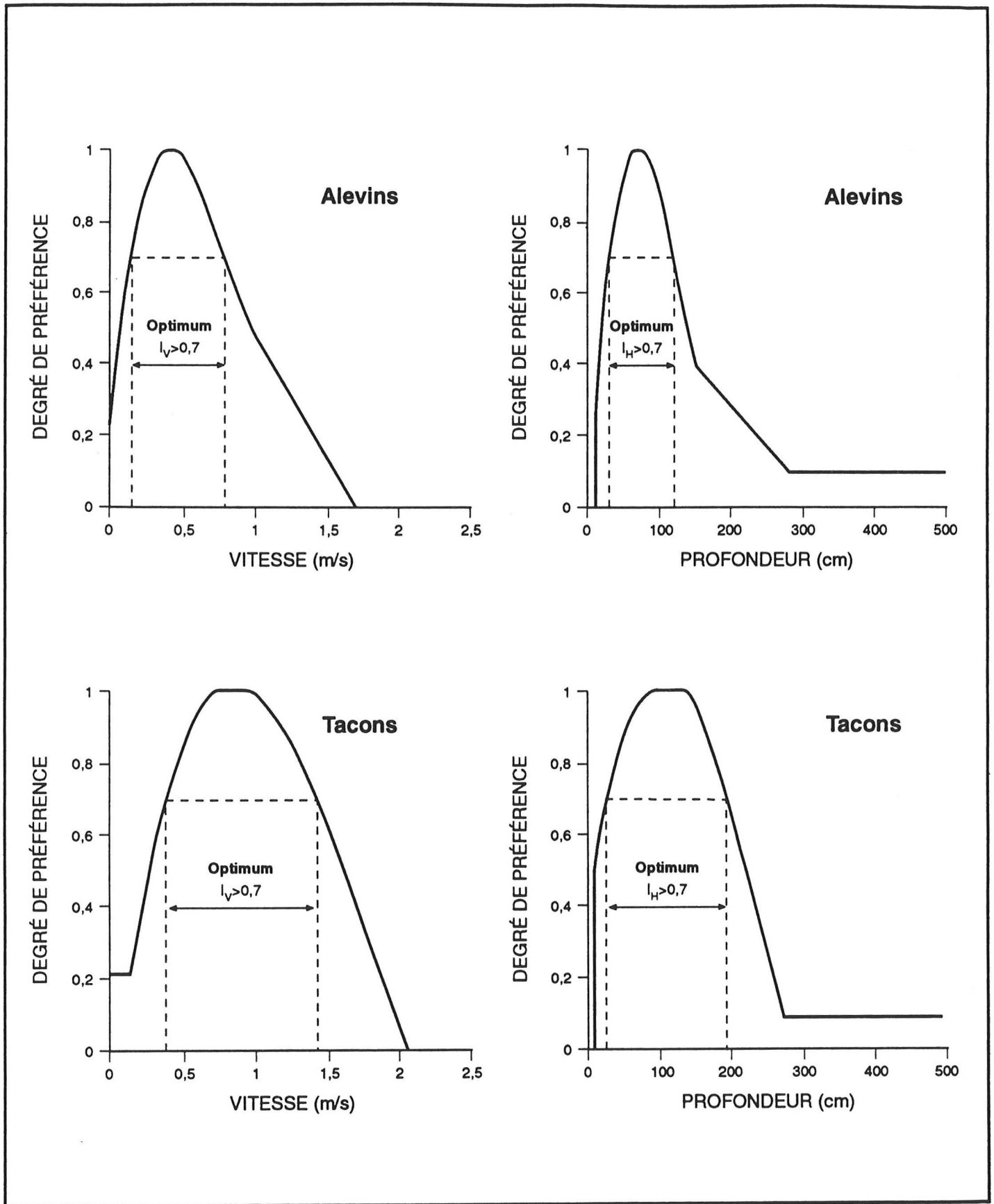


FIGURE 10.4 Courbes de préférence d'habitat des alevins et des tacons en fonction de la vitesse et de la profondeur.

TABLEAU 10.2 Indices de préférence de substrat pour les saumons juvéniles en fonction des assemblages granulométriques.

Assemblages ¹	Alevinage ²	Taconnage ²
A	0,0	0,033
AS	0,0	0,017
AVS	0,0	0,025
AVC	0,0	0,050
ACG	0,0	0,075
SA	0,017	0,017
S	0,083	0,033
SV	0,165	0,033
SVC	0,250	0,050
SVG	0,250	0,050
SCG	0,250	0,075
VS	0,248	0,083
VSC	0,375	0,063
VC	0,495	0,124
VCS	0,563	0,094
VCG	0,750	0,188
VGS	0,563	0,125
CSG	0,500	0,125
CV	0,660	0,125
CVS	0,750	0,125
CVG	1,000	0,250
CGV	1,000	0,250
CGB	1,000	0,500

¹ A: argile; S: sable; V: gravier; C: caillou; G: galet; B: bloc

² La clé de calcul de l'indice de préférence est présentée à l'annexe 10.

10.1.5 Dynamique des habitats

La dynamique des habitats correspond principalement à évaluer l'influence des variations de débits sur les habitats d'élevage ainsi que les habitats de fraye.

Habitat d'élevage

Les résultats de la modélisation des habitats tels que décrits ci-dessus sont relativement statiques car ils n'intègrent pas l'aspect temporel. Or l'évolution du débit d'une rivière a pour effet de modifier la distribution et la qualité des zones propices d'élevage des juvéniles et ces changements sont d'autant plus importants si les fluctuations de débits sont grandes et fréquentes. Ainsi, à fort débit, les meilleurs habitats sont généralement près des berges, les profondeurs et les vitesses au centre étant trop élevées. Par contre à faible débit, les zones d'habitats situées près des rives s'assèchent et le centre du cours d'eau devient plus intéressant.

Dans un premier temps, la dynamique des habitats a été considérée en intégrant dans le temps, la quantité d'habitat en fonction du débit pendant la période de croissance des juvéniles et ce pour les séries hydrologiques pré-barrage (1951 à 1954) et les séries en période d'exploitation récente (1990 à 1994). Pour ce faire, on cumule simplement la valeur de l'APU pour les débits journaliers (période pré-barrage) ou les débits horaires (période d'exploitation) correspondants.

Dans un deuxième temps, on utilise le déplacement du centre d'une zone d'habitat en fonction du débit, afin d'estimer l'impact des fluctuations de débit sur les zones propices aux alevins. Notons que ce calcul n'est pas effectué pour les tacons, car ces derniers ne sont pas aussi sensibles aux changements de conditions de vitesse et de profondeur que les alevins. Trois zones relativement homogènes d'alevinage ont été choisies à l'intérieur du site (Figure 10.5). Le choix de ces zones est basé sur la répartition de ces zones (centre, rive gauche, rive droite) et ont été localisées à l'aide des images de la modélisation pour des débits de 100, 220 et 450 m³/s.

La méthode d'évaluation du déplacement des habitats s'effectue en calculant le centre de gravité de chaque zone pour différents débits. Ce centre de gravité ou centroïde d'habitat correspond au centre des éléments de la zone tout en pondérant ces éléments

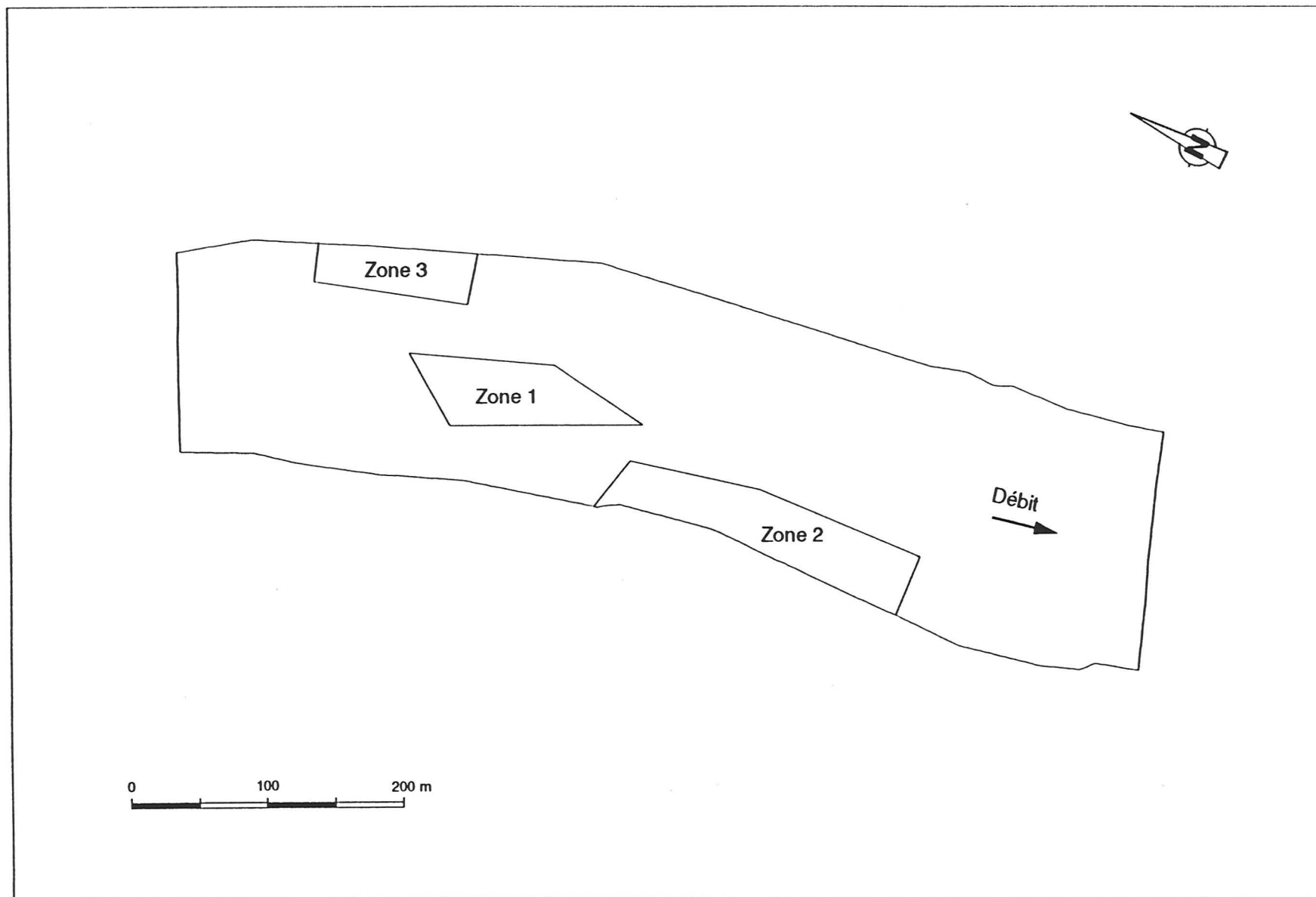


FIGURE 10.5 Localisation des zones choisies pour le calcul du déplacement d'habitat sur le site à l'étude.

par la valeur de l'indice global pour un débit donné. Ainsi, si plusieurs éléments d'une zone contiennent un indice global de 1,0, alors le centroïde d'habitat sera tiré vers ces éléments. Une fois les déplacements calculés, pour obtenir une vitesse de déplacement, il suffit avec les analyses hydrologiques décrites plus loin, d'associer une fluctuation de débit sur un temps donné (un pas de temps de 24 heures en régime naturel et de une heure en régime d'exploitation).

Habitat de fraye

Pour la période de fraye, l'approche retenue consiste à évaluer les débits permettant d'obtenir des niveaux d'eau adéquats afin de ne pas provoquer l'assèchement de zones qui sont normalement utilisées par les saumons adultes. À l'aide des inventaires de nids réalisés de 1989 à 1991, en plus de quelques nids localisés par arpentage lors des travaux de terrain en août 1994, une évaluation visuelle de l'étendue des zones assurant une profondeur minimale de 30 cm d'eau sera produite pour des débits variant de 60 à 150 m³/s.

10.1.6 Analyses hydrologiques

Les analyses hydrologiques sont nécessaires afin de répondre aux objectifs énoncés précédemment et pour la compréhension du régime hydrique en aval de la centrale Bersimis 2 implique certaines analyses à l'aide de méthodes couramment utilisées en hydrologie fluviale. Les données hydrologiques de base pour ces analyses proviennent d'une part de la station 070704 pour la période de 1950 à 1954, alors que pour la période d'exploitation de 1990 à 1994, elles proviennent des débits enregistrés par Hydro-Québec à la centrale Bersimis 2. Notons que les données pour la période pré-barrage sont sur une base journalière, alors que celles de la période d'exploitation sont sur une base horaire.

Dans un premier temps, une comparaison par méthode d'hydrogramme des séries hydrologiques pré-barrage et en mode d'exploitation récente seront illustrées. Cet exercice permet de visualiser rapidement certaines tendances dans les séries hydrologiques. Par la suite, une analyse de fréquences de dépassement résultant en des courbes de débits classés sera réalisée avec les mêmes séries hydrologiques. Une

analyse plus poussée des débits horaires de la période d'exploitation récente permettra d'observer le mode de gestion actuel sur une base journalière et d'apprécier les fluctuations de débits sur une base horaire.

10.2 Résultats

Cette section présente les résultats associés à la modélisation de l'habitat salmonicole du tronçon du km 65 sur la rivière Betsiamites. Ces résultats portent sur la validation de la simulation hydrodynamique, sur la relation entre l'APU et le débit, sur les analyses hydrologiques, ainsi que sur l'influence des fluctuations de débit sur les habitats salmonicoles.

10.2.1 Validation de la simulation hydrodynamique

Les résultats de la calibration et de la validation du modèle hydrodynamique sur le site à l'étude sont résumés au tableau 10.3. Ces résultats reproduisent de manière satisfaisante les données mesurées pour les trois débits de calibration et les deux débits de validation. Concernant les niveaux d'eau, les résultats sont similaires aux mesures et les différences sont le plus souvent inférieures à 10 cm (4 cm en moyenne). Pour ce qui est des vitesses, celles-ci sont plus facilement influencées par des conditions locales et par conséquent, les différences moyennes retrouvées de 0,10 m/s constituent une marge très acceptable en modélisation hydrodynamique. Les détails de validation pour les points de mesure de vitesses sont donnés à l'annexe 11.

10.2.2 Relation entre l'APU et le débit

La relation entre l'APU (alevinage et taconnage) et le débit a été établie à l'aide de la modélisation de l'habitat et elle est illustrée à la figure 10.6. Les courbes d'APU pour l'alevinage et le taconnage sont relativement similaires. Dans le premier cas, la quantité d'habitat est stable pour une gamme de débits entre 60 et 200 m³/s et se situe aux environs de 38 % de la surface totale du domaine. Notons que cette surface demeure constante peu importe le débit simulé et équivaut à une surface de 89 316 m², ce qui correspond à la surface arpentée lors du relevé de terrain. Dans le cas des tacons, on note une courbe plus prononcée avec un optimum de 45 % à un débit de 175 m³/s. Au-delà de 200 m³/s, le pourcentage d'APU diminue considérablement autant pour les alevins que pour les tacons.

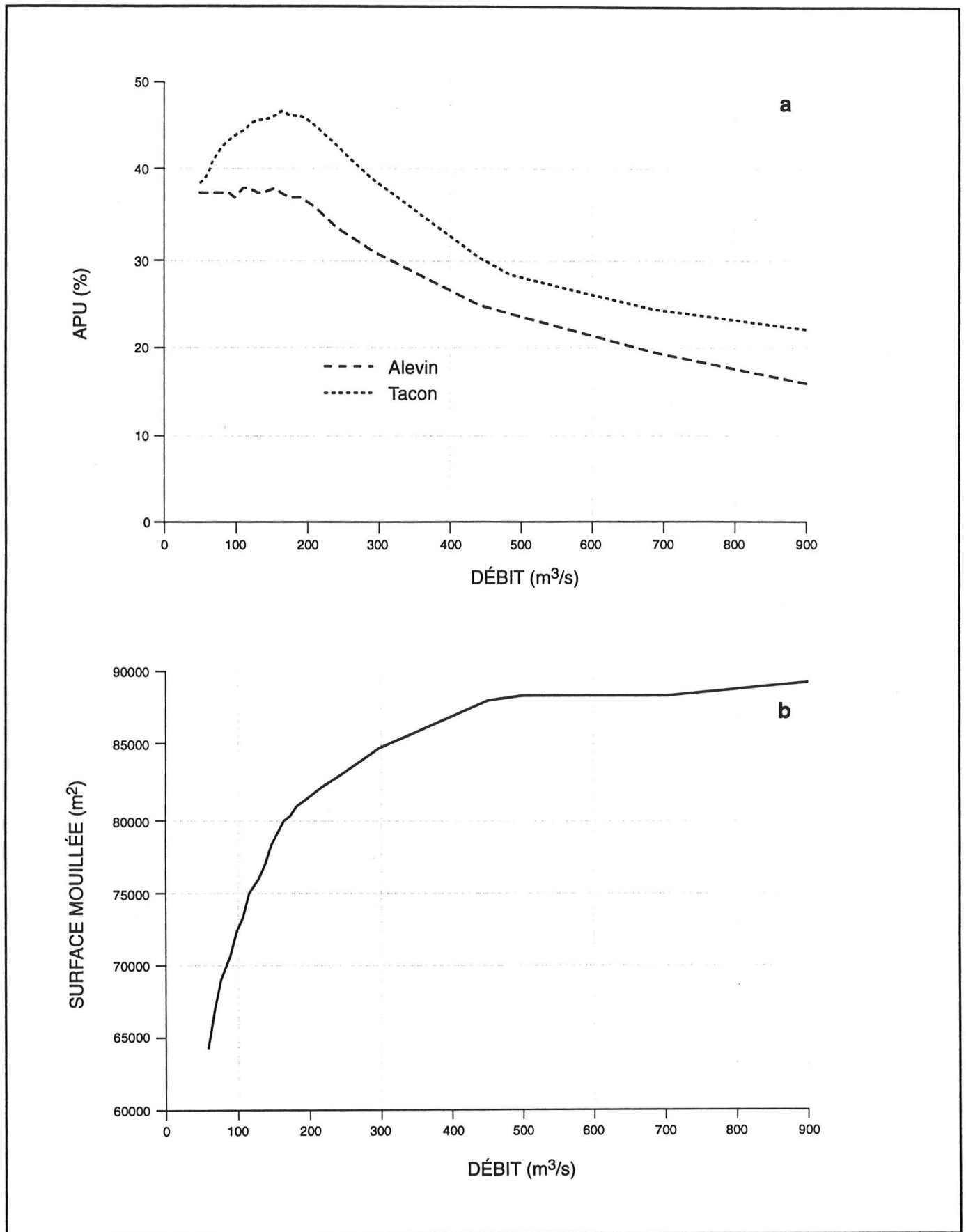


FIGURE 10.6 Relation entre l'habitat du saumon atlantique et le débit de la rivière Betsiamites pour le tronçon modélisé au km 65. La figure a) présente l'habitat en fonction de l'APU, alors que la figure b) fait le lien entre la surface mouillée et le débit.

TABLEAU 10.3 Écarts moyens entre les données mesurées et simulées sur le tronçon du km 65 de la rivière Betsiamites.

Débit (m ³ /s)	Niveau (m)		Vitesse (m/s)	
	aval ¹	amont	n	écart ²
<i>Calibration</i>				
100	0,0	+0,11	20	0,15
220	0,0	+0,01	23	0,09
450	0,0	-0,04	34	0,07
<i>Validation</i>				
150	0,0	+0,04	24	0,10
300	0,0	-0,01	25	0,10
<i>Moyenne</i>	0,0	0,04 ²	25	0,10

¹ Il est normal que l'écart de niveau en aval soit égal à 0,0 car cette valeur est une donnée d'entrée pour le modèle hydrodynamique.

² Il s'agit de l'écart moyen absolu.

Parallèlement à cette relation, les résultats de la modélisation peuvent être présentés sous formes d'images. Les planches nos 2 à 5 de l'annexe 8 illustrent la distribution des meilleurs habitats sur le site en se basant sur l'indice globale et montrent la sensibilité des habitats (qualité, distribution, disponibilité) en fonction des trois débits de calibration (100, 220 et 450 m³/s), ainsi que du débit minimum actuel (130 m³/s).

La courbe de la surface mouillée présente deux points d'inflexion qui permettent de moduler les pertes ou les gains de surface en relation avec le débit. Le premier point se situe à un débit de 165 m³/s. En dessous de cette limite, la perte (ou le gain) de surface se chiffre en moyenne à 147,5 m² par tranche de 1,0 m³/s. Le deuxième point d'inflexion est retrouvé à un débit de 450 m³/s. Entre les deux points d'inflexion, la pente de la courbe est de 28,1 m² pour chaque 1,0 m³/s, alors qu'au dessus de 450 m³/s, cette pente n'est que de 3,3 m² par 1,0 m³/s.

10.2.3 Analyses hydrologiques

Les figures 10.7 à 10.9 représentent les conditions hydrologiques rencontrées en aval de la centrale Bersimis 2. À la figure 10.7, les hydrogrammes estivaux en conditions naturelles (de 1951 à 1954) sont présentés. On peut voir qu'au début de juin, le débit était généralement supérieur à $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ en conditions naturelles. Les fluctuations journalières du débit sont minimales sauf en quelques occasions, lors de précipitations. Par contre, en période d'exploitation, les hydrogrammes montrent un laminage évident de la crue printanière, de même que des fluctuations journalières et même horaires très prononcées.

À la figure 10.8, on retrouve les courbes de débits classés pour la période estivale (15 juin au 30 septembre) en conditions naturelles et en période d'exploitation. Le débit module dans le premier cas est d'environ $375 \text{ m}^3/\text{s}$, alors que pour les cinq dernières années, il a été de $310 \text{ m}^3/\text{s}$. La différence notable entre les deux courbes se situe aux extrémités de celles-ci. En conditions naturelles, les conditions de débits pour des fréquences de dépassement inférieures à 5 % ou supérieures à 95 % sont beaucoup plus élevées qu'en régime d'exploitation. Ceci signifie d'une part que le phénomène de crue printanière est fortement atténué et d'autre part, que les fluctuations horaires du débit provoquent une gamme de débits plus faibles.

Lors des cinq dernières années, les variations horaires des débits sont illustrées à la figure 10.9. On peut remarquer qu'en 1993, les variations moyennes de débits entre chaque heure sont faibles, en raison de la forte hydraulicité rencontrée lors de cet été. Par contre, cette situation a été très différente en 1994 où l'on peut noter une variation de près de $125 \text{ m}^3/\text{s}$ entre le débit turbiné le plus faible (à 6h00) et celui le plus fort (à 12h00).

La variabilité des débits autour des moyennes horaires montre des différences en fonction des années. Ainsi, en 1990 la largeur de bande entre le 10^e et le 90^e percentile est beaucoup plus faible que ce que l'on peut observer en 1992. Encore une fois, les conditions hydrologiques distinctes de ces deux étés permettent d'expliquer en bonne partie ce phénomène. Le seuil du débit minimum de $130 \text{ m}^3/\text{s}$ a été maintenu en 1993 où des faibles débits ont été rencontrés pendant la nuit. Toutefois, ceci n'a pas été le cas

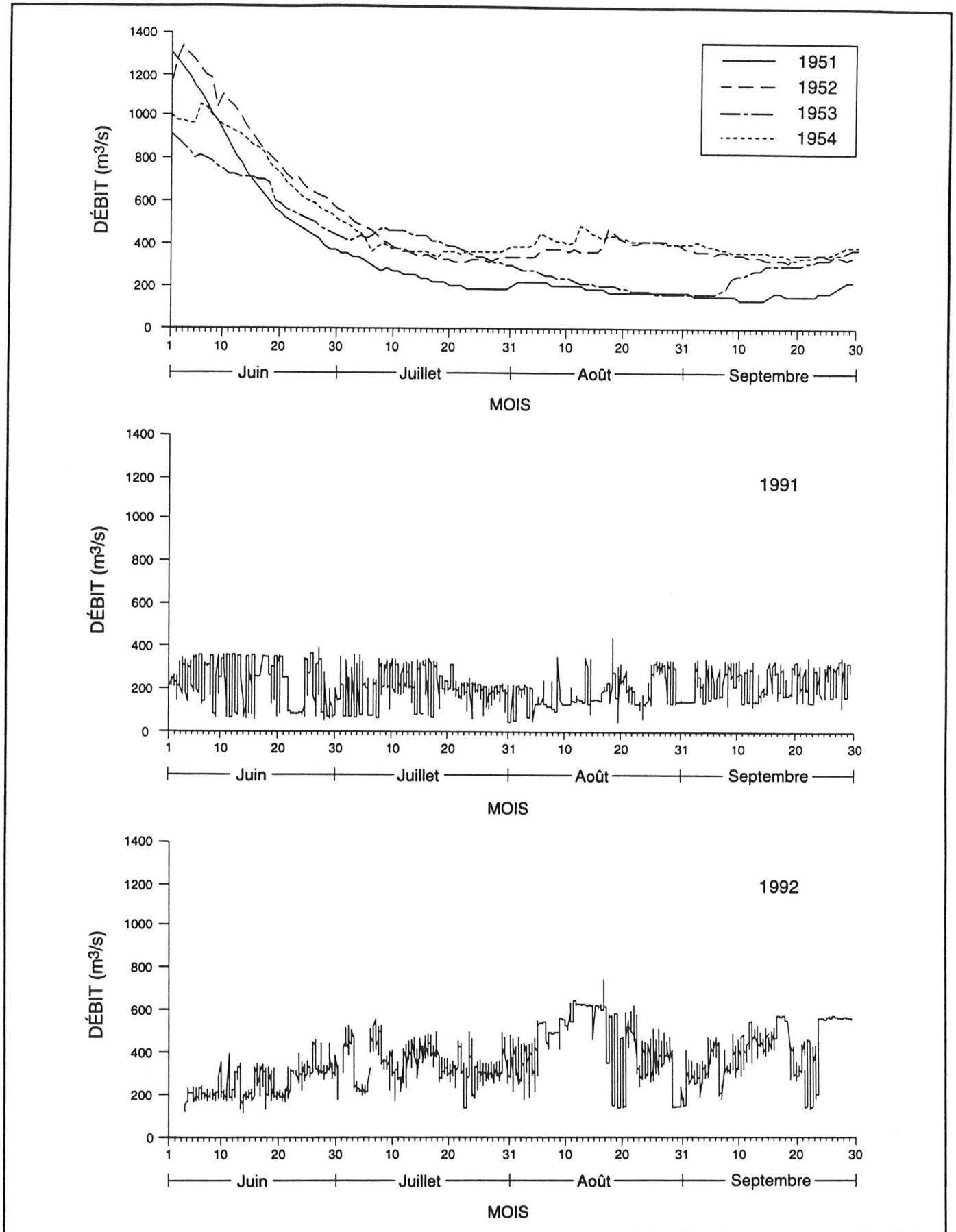


FIGURE 10.7 Hydrogrammes journaliers de la rivière Betsiamites à la centrale Bersimis 2 pour la période pré-barrage (1951-1954) et horaires pour la période récente d'exploitation (été sec: 1991 - débit moyen = 208 m^3/s ; été humide: 1992 - débit moyen = 372 m^3/s).

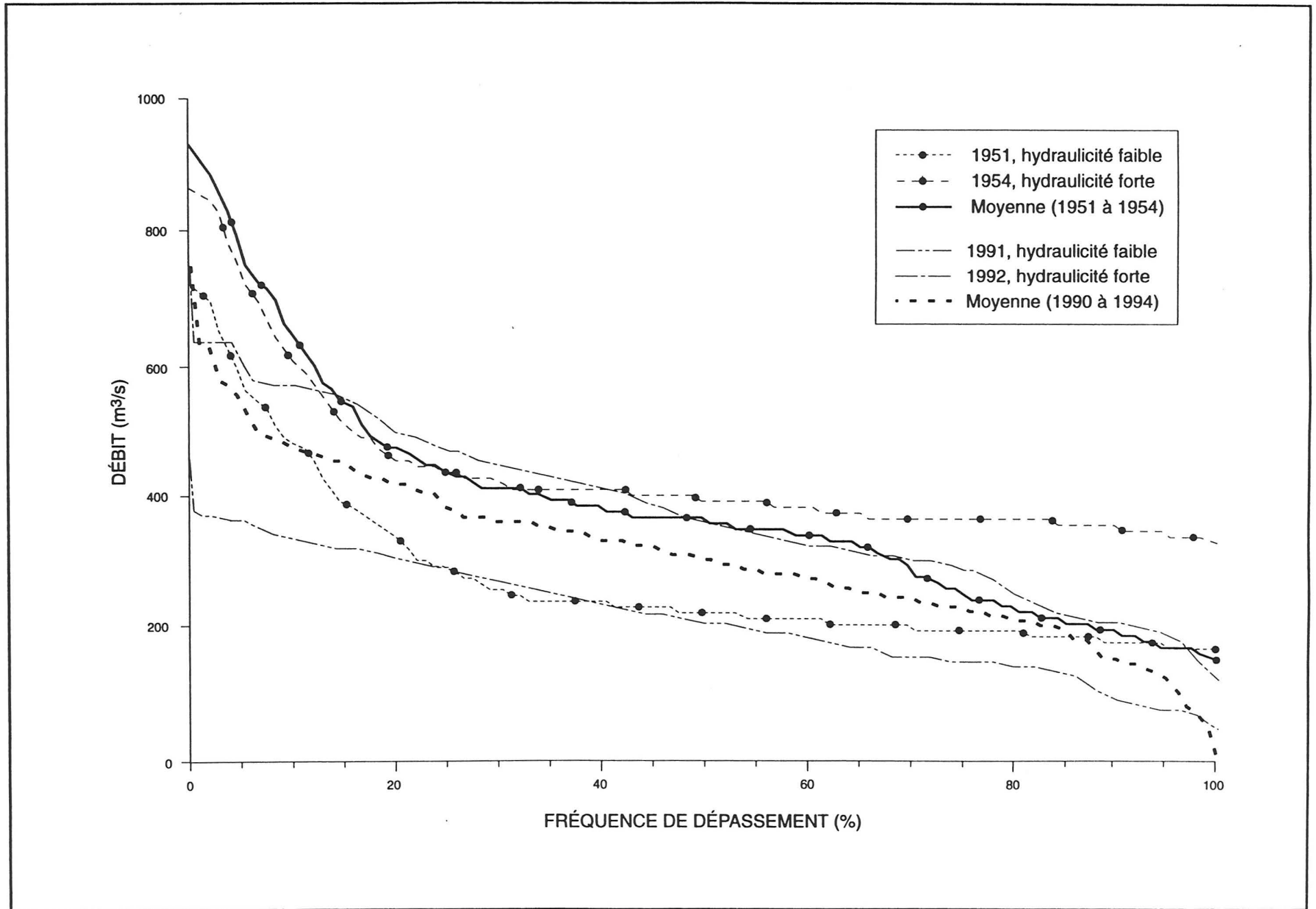


FIGURE 10.8 Débits classés de la rivière Betsiamites à la centrale Bersimis 2 pour la période du 15 juin au 30 septembre.

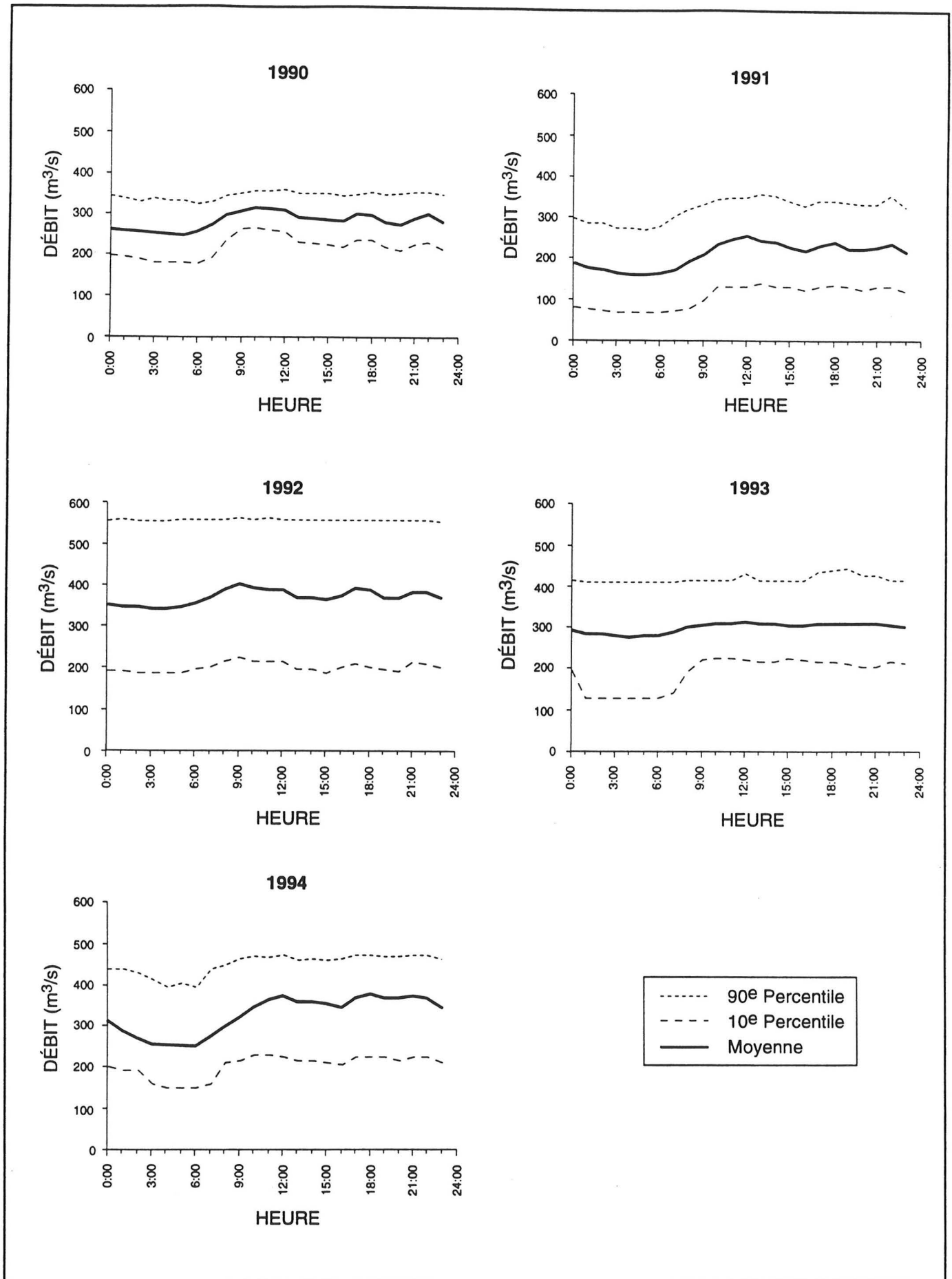


FIGURE 10.9 Hydrogrammes horaires estivaux pour la période du 15 juin au 30 septembre sur la rivière Betsiamites à la centrale Bersimis 2 (1990-1994).

en 1991 où des débits de moins 100 m³/s ont été observés. Cette situation s'expliquerait par des travaux de maintenance à la centrale Bersimis 2 (B. Tremblay, Hydro-Québec, comm. pers.).

Le tableau 10.4 résume les fluctuations de débits (en m³/s) à chaque heure pour la période du 15 juin au 30 septembre de 1990 à 1994. Les fluctuations horaires moyennes varient entre 10,7 et 27,0 m³/s, alors que des extrêmes de l'ordre de 625 m³/s ont été enregistrés. Le détail de ces fluctuations est donné à l'annexe 12. À titre de comparaison, en conditions naturelles, les fluctuations extrêmes, enregistrées lors de précipitations, étaient de l'ordre de 80 m³/s par jour.

10.2.4 Influence des fluctuations de débits sur les habitats

Les résultats de l'influence des fluctuations de débits sur les habitats se divisent en fonction des habitats d'élevage, plus particulièrement pour les alevins, et des habitats de fraye.

Habitats d'élevage

Le tableau 10.5 résume la série temporelle des habitats d'alevinage basée sur les hydrogrammes en conditions naturelles et en période d'exploitation. La première étape consiste à calculer une valeur de l'APU (en %) pour chaque débit des séries hydrologiques (journalier en conditions naturelles et horaire en conditions

TABLEAU 10.4 Fluctuations horaires des débits (en m³/s) à l'aval de la centrale Bersimis 2 sur la rivière Betsiamites.

Année	Max (+)	Max (-)	Moyenne
1990	428,0	-357,5	22,7
1991	320,6	-333,0	21,0
1992	624,3	-625,0	27,0
1993	464,5	-451,5	10,7
1994	471,9	-478,82	25,6

TABLEAU 10.5 Calcul de l'APU moyen pour les alevins sur la période du 15 juin au 30 septembre. Le calcul est basé sur les séries hydrologiques en conditions naturelles et en conditions d'exploitation.

Année	APU moyen (%)
<i>Conditions naturelles</i>	
1951	33,5
1952	26,9
1953	30,4
1954	26,3
<i>Conditions d'exploitation</i>	
1990	32,3
1991	35,8
1992	27,9
1993	30,9
1994	29,9

d'exploitation). Par la suite, on obtient les résultats indiqués au tableau 10.5 en faisant la moyenne des APU obtenues à l'étape précédente. Soulignons que l'APU moyen en condition d'exploitation est de 27,9 à 35,8 %, ce qui est semblable à l'APU en régime naturelle qui varie de 26,3 à 33,5 %.

Bien que les APU cumulées soient similaires en conditions naturelles et d'exploitation, il n'en demeure pas moins que la variation rapide de débits dans le dernier cas crée des conditions moins favorables pour les saumons juvéniles. L'objectif est d'évaluer l'influence des fluctuations de débit, plus particulièrement sur les alevins.

La figure 10.10 illustre le déplacement du centroïde d'habitat de trois zones d'alevinage sur le tronçon modélisé. On peut constater que la distance de déplacement cumulée est plus grande pour la zone 2 située en rive droite. D'autre part, pour cette même zone, la pente du déplacement est très forte pour un débit inférieur à environ 175 m³/s, ce qui est également le cas pour la zone 1. Pour la zone 3, située en rive gauche, la pente de la courbe est plus régulière.

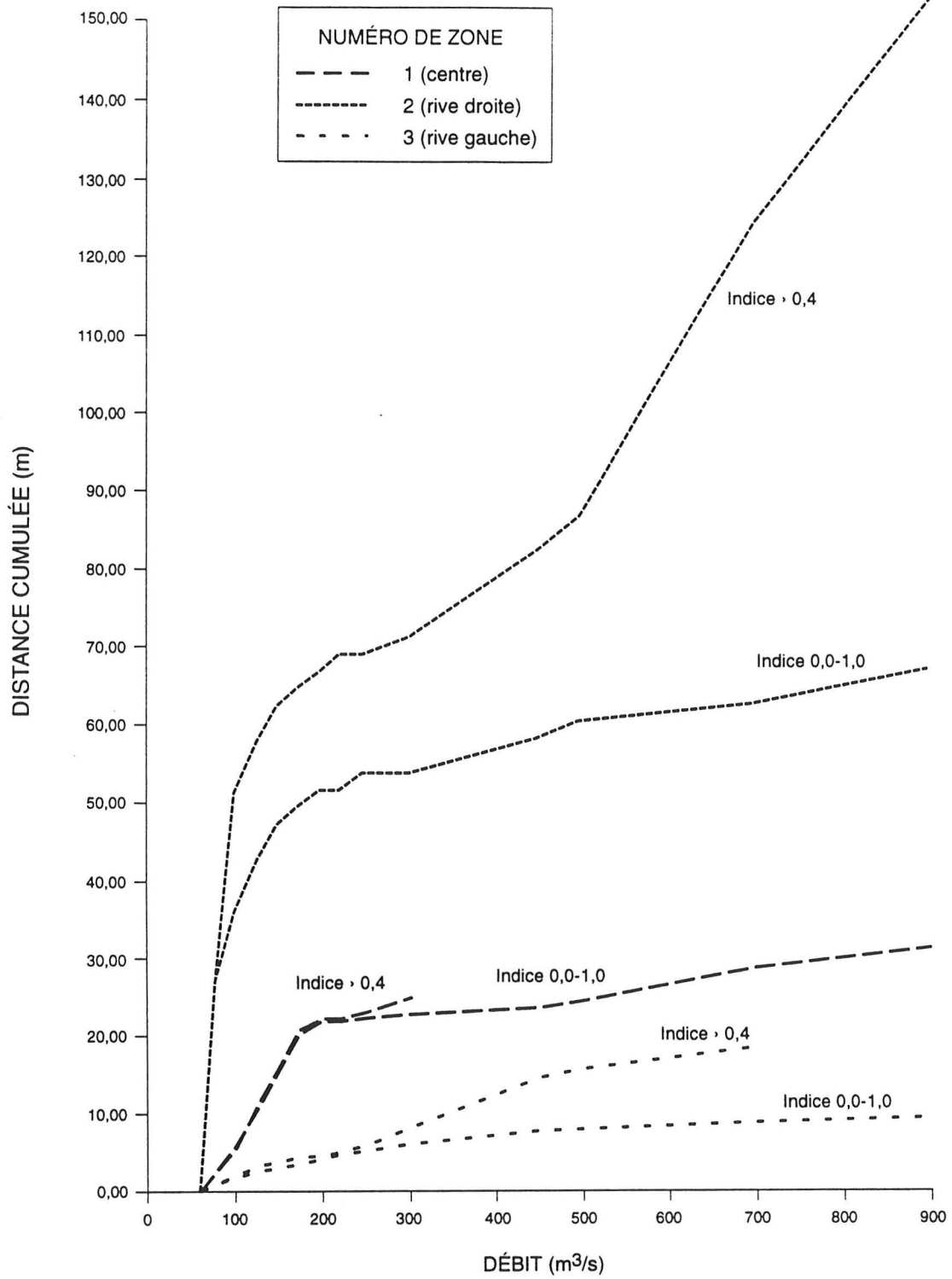


FIGURE 10.10 Déplacements cumulés des centroïdes d'habitat pour les alevins sur trois zones du tronçon modélisé.

La raison de ces différences s'explique en bonne partie par le type de déplacement du centroïde d'habitat. En effet, dans le cas de la zone 3, il y a déplacement selon un axe latéral, alors que pour la zone 2, c'est plutôt selon un axe longitudinal. Un autre point à considérer, lorsqu'on regarde la zone 1 localisée au centre de la rivière pour un débit de plus de 300 m³/s, cette zone ne contient plus de superficie où l'indice global est supérieur à 0,4, ce qui impliquerait que toute la zone contient des habitats de moins bonne qualité. On remarque le même phénomène pour la zone 3, mais seulement pour un débit supérieur à 700 m³/s.

Si la distance cumulée nous donne une indication du déplacement de l'habitat, il reste nécessaire d'évaluer la vitesse à laquelle s'effectue ces déplacements. Ces vitesses de déplacement sont résumées au tableau 10.6. Les vitesses moyennes varient entre 0,08 et 4,5 m par heure, alors que des vitesses extrêmes de 12,3 m par heure ont été enregistrées. Ces vitesses de déplacement sont très différentes de celles en conditions naturelles qui, même lors de variations extrêmes des débits, atteignent à peine 0,067 m par heure. Précisons que les déplacements d'habitats sont valides pour le tronçon modélisé. En effet, plus on se déplace vers l'aval, plus les fluctuations de débits sont atténuées de même que les déplacements d'habitat. D'autre part, mentionnons que les effets des fluctuations de débits sur le poisson (i.e. déplacement, stress, prédation, etc.) sont peu documentés et mal connus.

Habitat de fraye et d'incubation

L'approche retenue afin d'évaluer l'influence des fluctuations de débits sur les habitats de fraye consiste à visualiser l'étendue des zones assurant une profondeur maximale de 30 cm d'eau, et ce, afin d'éviter l'assèchement de zones qui sont normalement utilisées par les saumons adultes.

Les résultats de cette évaluation sont illustrés à la figure 10.11. On constate que deux nids sont touchés lorsque le débit est de 60 m³/s. Par contre, à un débit de 130 m³/s, tous les nids sont couverts d'un niveau d'eau de 30 cm. Le nid le plus sensible aux fluctuations du niveau d'eau est localisé près de la courbe de profondeur pour un débit de 100 m³/s. Soulignons que ce dernier nid, de même que ceux qui sont le plus près des courbes de profondeur, ont été localisés par arpentage.

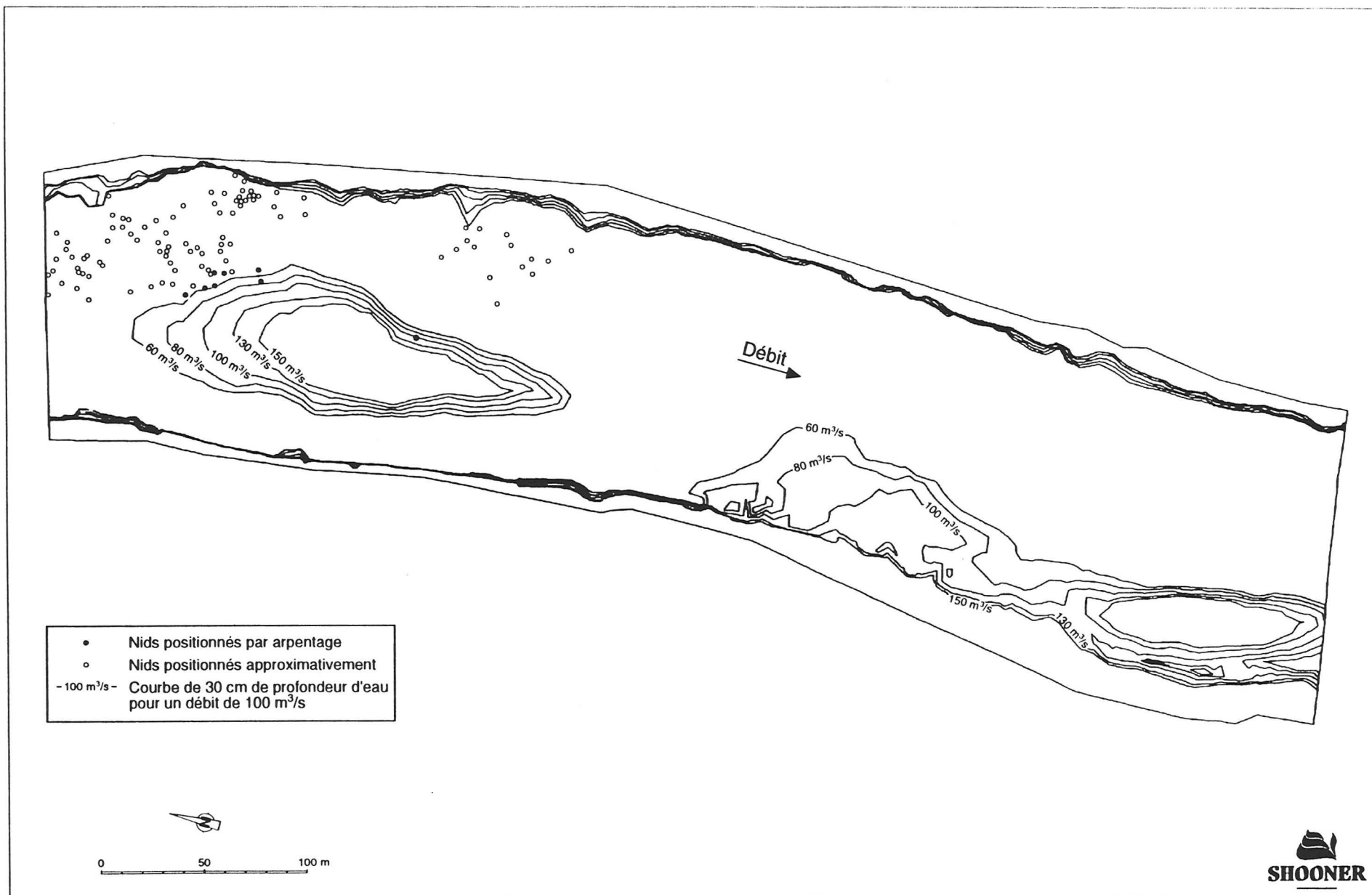


FIGURE 10.11 Localisation des zones de fraye et limite de dégagement afin de maintenir une profondeur d'eau de 30 cm pour différents débits.

TABLEAU 10.6 Vitesses de déplacement des habitats (en mètre par heure) pour le tronçon modélisé de la rivière Betsiamites.

Zones	Année					
	1990	1991	1992	1993	1994	1954 ¹
Fluctuations moyennes de débits						
(Débit > 200 m ³ /s)						
Zone 1	0,32	0,30	0,38	0,15	0,37	–
Zone 2	0,44	0,41	0,53	0,21	0,50	–
Zone 3	0,17	0,16	0,21	0,08	0,20	–
(Débit < 200 m ³ /s)						
Zone 1	3,8	3,5	4,5	1,8	4,3	–
Zone 2	3,6	3,3	4,2	1,7	4,0	–
Zone 3	0,55	0,50	0,65	0,26	0,61	–
Fluctuations extrêmes de débits						
Zone 1	6,1	4,8	8,9	6,6	6,8	0,046
Zone 2	8,4	6,5	12,3	9,1	9,4	0,067
Zone 3	3,3	2,6	4,8	3,6	3,7	0,025

¹ Les événements de fluctuations extrêmes de débits pour le période pré barrage et qui ont servi au calcul, sont apparus en 1954.

À première vue, un débit de 100 m³/s semble suffisant afin de maintenir toute la surface de fraye au km 65. Par contre, les relevés effectués au km 67 en 1991 indiquent que, lorsque le débit descend sous 130 m³/s, certains nids commencent à s'assécher (Lévesque et coll., 1993). Par conséquent, il est suggéré de conserver la valeur de 130 m³/s comme débit minimum à maintenir dans la rivière, tout en permettant de le descendre à 100 m³/s pour des cas exceptionnels.

10.2.5 Résumé des résultats

Les résultats peuvent se résumer comme suit :

- la validation du modèle hydrodynamique présente des écarts acceptables entre les paramètres mesurés et simulés pour la profondeur de l'eau (4 cm d'écart) et la vitesse moyenne (0,10 m/s d'écart);

-
- la courbe APU-débit est stable pour les alevins et indique une disponibilité de 38 % des habitats entre les débits de 60 et 200 m³/s, alors que pour les tacons, la courbe a une forme plus prononcée et montre un APU optimal de 45 % pour un débit de 175 m³/s;
 - la relation entre la surface mouillée du site à l'étude et le débit présente un point d'inflexion notable pour un débit de 165 m³/s. En dessous de ce débit, la surface exondée augmente rapidement;
 - la comparaison de l'hydrologie du cours d'eau entre les conditions naturelles et le mode d'exploitation montre que l'on observait un débit de plus de 1000 m³/s jusqu'à la mi-juin avec un débit module estival de 375 m³/s en conditions naturelles et avec peu de fluctuations. Le mode d'exploitation en période estivale, a pour effet de laminier la crue printanière et de produire un débit module plus faible avec 310 m³/s. Les fluctuations de débits sont cependant fréquentes et de grande amplitude;
 - les fluctuations de débit pour la période récente d'exploitation (1990 à 1994) montrent une moyenne horaire variant de 10,7 à 27,0 m³/s par heure, alors que des variations horaires extrêmes entre 320,6 et 625,0 m³/s ont été enregistrées;
 - les séries temporelles d'APU sont très similaires sur une base cumulée et se maintiennent en moyenne aux environs de 29 % en conditions naturelles et de 31 % en condition d'exploitation;
 - les fluctuations de débits en mode d'exploitation créent des déplacements d'habitats plus rapides qu'en conditions naturelles. L'exercice réalisé à partir de zones prédéfinies montre que, pour la zone en rive droite (# 2), lorsque les débits sont inférieurs à 200 m³/s les déplacements sont beaucoup plus grands. En moyenne, les déplacements sont de 0,15 à 0,5 m par heure pour des débits \geq 200 m³/s et de 0,26 à 4,5 m par heure pour des débits < 200 m³/s. Lors des fluctuations extrêmes, les déplacements varient entre 2,6 et 12,3 m par heure, alors qu'en conditions naturelles, même pour des variations extrêmes de débits, l'ordre de grandeur des déplacements était de 0,067 m par heure;
 - enfin, en ce qui a trait à la fraye, un débit de 130 m³/s est nécessaire afin d'assurer une profondeur minimale de 30 cm au-dessus des nids et éviter l'assèchement de certains nids (surtout au km 67) entre le dépôt des oeufs à

l'automne et l'émergence au printemps (début décembre à la mi-juin). Pour des cas exceptionnels, un débit de 100 m³/s pourra être maintenu dans la rivière, dans la mesure du possible en dehors de la période d'incubation et d'émergence.

10.3 Scénario de gestion des débits

Le scénario de gestion des débits de la centrale Bersimis 2 proposé dans cette section a été élaboré à partir de résultats obtenus par la modélisation des habitats salmonicoles et discutés lors d'une réunion du comité technique de la rivière Betsiamites à laquelle il a fait l'objet d'un consensus. Ce scénario de gestion des débits se divise en quatre composantes: la période de gestion des débits, la gamme de débits optimaux, le débit minimum et les fluctuations de débits.

La première composante du scénario (la période de gestion des débits) est répartie en trois périodes. Cette répartition est basée sur différentes phases du cycle de vie du saumon en rivière soit, la période de croissance des juvéniles (du 15 juin au 30 septembre), la période de fraye (du 1^{er} octobre au 30 novembre) et la période d'incubation des oeufs (du 1^{er} décembre au 14 juin). La durée de chaque période a été ajustée afin d'assurer que le scénario de gestion des débits couvre les douze mois de l'année. Notons également que la description des valeurs retenues pour les autres composantes du scénario de gestion des débits sera faite à partir des trois périodes de gestion susmentionnées.

Les débits optimaux représentent une gamme de débits qui sont propices pour les habitats salmonicoles et sont basés principalement sur la relation obtenue entre l'APU et le débit. Or, cette relation n'est valide qu'en période de croissance des juvéniles, par conséquent, seule la période comprise entre le 15 juin et le 30 septembre est examinée en fonction d'une gamme de débits optimaux.

Par ailleurs, l'évaluation du débit minimum est basée sur deux critères. En période de croissance des juvéniles, la relation établie par la modélisation entre l'APU et le débit, ainsi que la relation entre la surface mouillée et le débit, ont été utilisées afin d'assurer un seuil minimum pour maintenir cet habitat. Par contre, en périodes de fraye et d'incubation des oeufs, le critère utilisé a été de choisir le débit qui permet de maintenir une profondeur minimale de 30 cm d'eau au-dessus des nids existants.

Les fluctuations de débits sont précisées en tenant compte du régime hydrologique actuel ainsi que des vitesses de déplacement des habitats d'alevinage. Ce dernier exercice a permis de constater que, pour un débit de moins de $175 \text{ m}^3/\text{s}$, toute fluctuation du débit entraîne un déplacement plus marqué des habitats que pour un débit supérieur à cette valeur. Le scénario de gestion des débits de la centrale Bersimis 2 est présenté au tableau 10.7.

La période de croissance des juvéniles (15 juin au 30 septembre) est caractérisée par une gamme de débits optimum entre 130 et $350 \text{ m}^3/\text{s}$, un débit minimum de $100 \text{ m}^3/\text{s}$ et des normes de fluctuations des débits en fonction de la gamme de débits dans laquelle on se situe. La justification de ces valeurs de débits repose, d'une part, sur une quantité d'habitat pour les alevins qui est à peine influencée en passant d'un débit de 130 à $100 \text{ m}^3/\text{s}$ et qui permet de maintenir un niveau d'habitat acceptable pour les tacons. Par contre, la gamme de débit optimum demeure entre les débits de 130 et $350 \text{ m}^3/\text{s}$. Par ailleurs, de façon à se rapprocher de cette gamme optimale, il est suggéré d'augmenter la fréquence des débits dans cette gamme tout en diminuant celle des bas débits et celle des hauts débits. Une répartition des débits selon les fréquences et les gammes suivantes pourrait par exemple être visée : 100 à $130 \text{ m}^3/\text{s}$ au plus 1% du temps; 130 à $150 \text{ m}^3/\text{s}$ au plus 10% du temps; 150 à $350 \text{ m}^3/\text{s}$ au moins 75% du temps; supérieur à $350 \text{ m}^3/\text{s}$ au plus 14% du temps. De plus, il serait souhaitable de viser un débit module en période estivale de l'ordre de $275 \text{ m}^3/\text{s}$. Précisons cependant que la faisabilité de cette répartition des débits reste à être précisée.

Le débit minimum requis en période de fraye est de $130 \text{ m}^3/\text{s}$. Ce débit correspond à la valeur minimale à laquelle tous les nids inventoriés au km 65 sont recouverts d'une profondeur de 30 cm d'eau et ceux du km 67 sont encore mouillés. Cependant, pour des cas exceptionnels, le débit minimum pourrait être abaissé à $100 \text{ m}^3/\text{s}$. Pendant la période de fraye, les mêmes recommandations sur les fluctuations des débits que pendant la période estivale sont suggérées afin de ne pas provoquer de dégagements trop rapide des zones de hauts fonds. Toutefois, aucune gamme de débit optimale n'est spécifiée pour cette période.

Entre le dépôt des oeufs à l'automne et l'émergence des alevins au printemps, c'est-à-dire du 1^{er} décembre au 14 juin, seul un débit minimum de $130 \text{ m}^3/\text{s}$ est requis. Ce débit devrait assurer que tous les nids soient recouverts d'eau et ne devraient pas être

ANNEXE 3 (suite). Mesures morphométriques et résultat des lectures d'écaillés des saumonneaux capturés dans la rivière Betsiamites en 1994.

Date	No spécimen	Longueur à la fourche (mm)	Longueur totale (mm)	Masse (g)	Sexe	Age
20-06-94	38	143	156	26	F	2+
20-06-94	39	147	160	27	F	2+
20-06-94	40	152	165	31	M	2+
20-06-94	41	134	146	23	F	2+
20-06-94	42	124	136	17	F	2.
20-06-94	43	132	146	22	M	2.
20-06-94	44	134	146	21	M	2.
20-06-94	45	163	177	40	M	3+
20-06-94	46	144	157	26	M	2+
20-06-94	47	136	147	21	M	2.
20-06-94	48	132	149	21	F	2+
20-06-94	49	142	145	26	F	2+
22-06-94	50	152	166	32	M	2+
22-06-94	51	129	135	20	F	2+
22-06-94	52	125	137	19	F	2+
22-06-94	53	145	160	31	M	2+
22-06-94	54	126	137	20	F	2+
22-06-94	55	151	165	33	F	2+
22-06-94	56	148	162	31	M	2+
22-06-94	57	150	165	29	F	2+
22-06-94	58	130	147	21	M	2.
22-06-94	59	133	146	24	F	2+
22-06-94	60	130	148	20	F	2+
22-06-94	61	139	153	30		2+
22-06-94	62	135	147	25	F	2+
22-06-94	63	169	182	46	F	2+
22-06-94	64	144	154	28	M	2.
22-06-94	65	130	150	22	M	2+
22-06-94	66	134	146	19	M	2+
22-06-94	67	146	160	27	M	2+
22-06-94	68	165	178	42	M	2+
22-06-94	69	145	157	26	F	2+
22-06-94	70	133	145	20	M	2+
22-06-94	71	158	171	32	F	2+
22-06-94	72	148	162	29	F	2+
22-06-94	73	153	166	36	M	2+
22-06-94	74	156	171	32	F	2+
22-06-94	75	153	166	32	M	2+

ANNEXE 3 (suite). Mesures morphométriques et résultat des lectures d'écaillés des saumonneaux capturés dans la rivière Betsiamites en 1994.

Date	No spécimen	Longueur à la fourche (mm)	Longueur totale (mm)	Masse (g)	Sexe	Age
22-06-94	76	133	144	24	F	2+
22-06-94	77	138	149	24	M	2+
22-06-94	78	124	135	17	F	2+
22-06-94	79	153	166	29	F	2+
22-06-94	80	161	175	38	M	2+
22-06-94	81	160	175	36	F	3+
22-06-94	82	157	170	34	F	2+
22-06-94	83	154	168	34	F	2+
22-06-94	84	120	132	17	F	2+
22-06-94	85	137	152	23	F	2+
22-06-94	86	147	161	28	M	2+
22-06-94	87	171	186	51		3+
22-06-94	88	151	163	34		2+
22-06-94	89	131	144	20	F	2+
22-06-94	90	149	163	30	M	2+
22-06-94	91	132	144	20	M	2+
22-06-94	92	162	176	40	M	2+
22-06-94	93	138	157	23	F	2+
22-06-94	94	143	157	30	M	2+
22-06-94	95	134	147	24	F	2+
22-06-94	96	147	166	28	M	2+
22-06-94	97	158	170	40	M	2+
22-06-94	98	139	151	26	M	2+
22-06-94	99	205	220	82	F	3.
22-06-94	100	135	147	23		2+
22-06-94	101	130	143	20	M	2+
22-06-94	102	135	144	21	M	2+
22-06-94	103	142	153	26	M	2+
22-06-94	104	137	149	25	F	2+
22-06-94	105	136	148	24	M	2+
22-06-94	106	154	167	32	M	2+
22-06-94	107	126	139	19	F	2+
22-06-94	108	142	155	26	F	2+
22-06-94	109	125	138	16	M	2+
22-06-94	110	130	142	20	M	2+
22-06-94	111	132	143	22	F	2+
22-06-94	112	145	160	29	M	2+
22-06-94	113	135	154	24	F	2+

ANNEXE 3 (suite). Mesures morphométriques et résultat des lectures d'écaillés des saumonneaux capturés dans la rivière Betsiamites en 1994.

Date	No spécimen	Longueur à la fourche (mm)	Longueur totale (mm)	Masse (g)	Sexe	Age
22-06-94	114	143	154	30	M	2+
22-06-94	115	130	143	18	M	2+
22-06-94	116	135	147	23	M	2+
22-06-94	117	116	127	14	M	2+
22-06-94	118	178	195	58	M	3+
22-06-94	119	143	154	26	M	2+
22-06-94	120	130	140	19	M	2+
22-06-94	121	137	150	22	M	2+
22-06-94	122	149	160	34	M	2+
22-06-94	123	163	172	38	I	3+
22-06-94	124	127	138	22	I	2+
22-06-94	125	154	170	36	F	2+
22-06-94	126	154	168	34	I	2+
22-06-94	127	135	150	23	M	2+
22-06-94	128	147	160	28		2+
22-06-94	129	115	126	16	M	2+
22-06-94	130	144	158	28	F	2+
24-06-94	131	143	155	28	F	2+
24-06-94	132	132	144	23	F	2+
24-06-94	133	119	129	16	F	2+
24-06-94	134	136	144	24	F	2+
24-06-94	135	142	154	28	F	2+
24-06-94	136	138	151	22	M	2+
24-06-94	137	133	143	24	F	2+
24-06-94	138	152	168	33	M	2+
24-06-94	139	144	158	28	M	2+
24-06-94	140	137	149	21	F	2+
24-06-94	141	134	147	23	M	2+
24-06-94	142	143	157	26	F	2+
25-06-94	143	152	163	34	F	2+
26-06-94	144	141	155	24	F	2+
26-06-94	145	146	159	29	M	2+
26-06-94	146	148	163	32	F	2+
26-06-94	147	142	154	26	M	2+
27-06-94	148	153	169	36	M	2+
29-06-94	149	135	147	20	M	2+
29-06-94	150	154	168	34	M	2+
29-06-94	151	145	158	25	F	2+

ANNEXE 3 (suite). Mesures morphométriques et résultat des lectures d'écaillés des saumonneaux capturés dans la rivière Betsiamites en 1994.

Date	No spécimen	Longueur à la fourche (mm)	Longueur totale (mm)	Masse (g)	Sexe	Age
29-06-94	152	157	171	35	M	2+
29-06-94	153	151	165	30	F	2+
29-06-94	154	123	132	18	M	2+
12-07-94	155	148	160	30	M	2+
12-07-94	156	149	163	34	M	2+
13-07-94	157	142	155	26	F	2+
13-07-94	158	148	160	32		2+
13-07-94	159	134	146	22	F	2+
13-07-94	160	151	165	37	F	2+
13-07-94	161	142	154	30	M	2+
13-07-94	162	142	159	32	F	2+
13-07-94	163	148	162	33	F	2+
13-07-94	164	136	147	25	M	2+
13-07-94	165	173	188	49,5	F	2+
14-07-94	166	148	158	28	M	2+
14-07-94	167	159	172	37	F	2+
14-07-94	168	124	137	20	M	2+
14-07-94	169	142	155	27	M	2+
14-07-94	170	163	176	40	F	2+
15-07-94	171	146	156	29	M	2+
18-07-94	172	126	138	22	M	2+
18-07-94	173	135	149	24	F	2+
20-07-94	174	129	140	20,5	F	2+
20-07-94	175	149	160	32	F	2+
08-06-94	176	149	156	23	I	2.

ANNEXE 4

**Fraction décimale du poids des particules
retenues pour chaque échantillon de sédiments
récoltés au km 3,9 de la rivière Boucher en 1993 et 1994**

ANNEXE 4. Fraction décimale du poids des particules retenues pour chaque échantillon de sédiments récoltés au km 3,9 de la rivière Boucher en 1993 et 1994

Tamis (mm)	Décembre 1993									Mars 1994 *				Juillet 1994								
	Hors nid					Nid				Hors nid				Hors nid					Nid			
	Éch.91	Éch.92	Éch.95	Éch.96	Éch.97	Éch.93	Éch.94	Éch.98	A	B	C	D	Éch.91	Éch.92	Éch.95	Éch.96	Éch.97	Éch.93	Éch.94	Éch.98		
112.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1494	0.1324	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
80.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0548	0.0000	0.0000	0.1705	0.2840	0.0436	0.1518	0.3541	0.0000	0.0000	0.3608	0.0785	0.0000	0.3435	0.0000	0.0790		
56.00	0.0544	0.0939	0.3457	0.3736	0.1460	0.0475	0.2559	0.2021	0.1316	0.2340	0.1832	0.2397	0.1881	0.0000	0.2078	0.4116	0.0598	0.1968	0.2101	0.2892		
40.00	0.2497	0.1869	0.1644	0.1580	0.2250	0.0943	0.2745	0.1175	0.0597	0.1201	0.0484	0.1053	0.1423	0.0000	0.1537	0.1705	0.2516	0.1359	0.1843	0.1501		
28.00	0.3027	0.2846	0.1384	0.1524	0.1214	0.1791	0.1304	0.0961	0.0834	0.0977	0.0857	0.0794	0.2575	0.1300	0.1103	0.1208	0.1712	0.0958	0.1336	0.1333		
25.00	0.0749	0.0754	0.0456	0.0457	0.0259	0.0536	0.0424	0.0371	0.0315	0.0249	0.0172	0.0210	0.0576	0.0633	0.0161	0.0181	0.0427	0.0000	0.0352	0.0316		
20.00	0.0937	0.1068	0.0645	0.0380	0.0594	0.1339	0.0668	0.0744	0.0393	0.0483	0.0400	0.0207	0.0764	0.1240	0.0311	0.0351	0.0612	0.0254	0.0569	0.0489		
16.00	0.0617	0.0381	0.0677	0.0457	0.0579	0.0835	0.0403	0.0459	0.0323	0.0392	0.0519	0.0249	0.0429	0.0772	0.0152	0.0329	0.0354	0.0203	0.0397	0.0436		
14.00	0.0296	0.0187	0.0229	0.0205	0.0189	0.0348	0.0205	0.0229	0.0154	0.0149	0.0161	0.0128	0.0133	0.0342	0.0084	0.0131	0.0197	0.0101	0.0229	0.0176		
12.50	0.0182	0.0166	0.0157	0.0155	0.0165	0.0286	0.0177	0.0216	0.0130	0.0097	0.0168	0.0081	0.0116	0.0243	0.0031	0.0125	0.0145	0.0041	0.0157	0.0217		
9.50	0.0429	0.0308	0.0396	0.0345	0.0464	0.0616	0.0347	0.0373	0.0425	0.0268	0.0369	0.0206	0.0303	0.0494	0.0115	0.0207	0.0318	0.0124	0.0451	0.0349		
6.30	0.0269	0.0249	0.0279	0.0271	0.0452	0.0584	0.0293	0.0372	0.0425	0.0293	0.0385	0.0166	0.0339	0.0535	0.0148	0.0196	0.0335	0.0149	0.0478	0.0389		
5.00	0.0082	0.0119	0.0111	0.0125	0.0192	0.0285	0.0124	0.0160	0.0223	0.0132	0.0172	0.0081	0.0161	0.0281	0.0068	0.0074	0.0176	0.0064	0.0250	0.0173		
2.50	0.0091	0.0219	0.0188	0.0220	0.0334	0.0538	0.0245	0.0308	0.0323	0.0295	0.0264	0.0163	0.0340	0.0510	0.0165	0.0135	0.0493	0.0246	0.0483	0.0303		
1.25	0.0030	0.0132	0.0094	0.0142	0.0226	0.0278	0.0184	0.0219	0.0306	0.0288	0.0236	0.0104	0.0209	0.0623	0.0118	0.0099	0.0441	0.0154	0.0326	0.0183		
0.63	0.0068	0.0224	0.0069	0.0113	0.0352	0.0351	0.0120	0.0261	0.0414	0.0326	0.0265	0.0139	0.0324	0.1476	0.0103	0.0095	0.0518	0.0191	0.0364	0.0152		
0.32	0.0100	0.0291	0.0066	0.0109	0.0364	0.0522	0.0080	0.0229	0.0493	0.0301	0.0324	0.0211	0.0285	0.1091	0.0109	0.0141	0.0463	0.0243	0.0424	0.0150		
0.16	0.0063	0.0176	0.0054	0.0070	0.0186	0.0196	0.0051	0.0100	0.0282	0.0162	0.0240	0.0171	0.0093	0.0389	0.0068	0.0070	0.0219	0.0133	0.0176	0.0085		
0.08	0.0014	0.0042	0.0021	0.0022	0.0051	0.0039	0.0017	0.0026	0.0066	0.0043	0.0065	0.0050	0.0011	0.0053	0.0017	0.0015	0.0057	0.0027	0.0031	0.0025		
0.00	0.0007	0.0029	0.0073	0.0090	0.0122	0.0038	0.0054	0.0072	0.0141	0.0074	0.0245	0.0049	0.0038	0.0021	0.0024	0.0039	0.0417	0.0349	0.0032	0.0042		
poids total (g)	11240.9	13312.3	17116.2	15016.3	17019.7	18358.6	18831.3	17516.9	15417.8	19286.7	20658.4	18027.6	11904.5	12895.2	14772.5	10674.9	15988.1	12252.6	13955.3	12856.3		
D 25	21.35	19.75	20.66	22.33	10.94	7.68	21.50	15.44	8.20	16.74	11.98	32.30	17.38	1.03	36.99	31.12	4.45	30.78	9.07	18.35		
D 75	43.47	42.64	62.64	63.94	52.50	32.75	56.55	70.56	83.83	74.15	87.20	89.41	49.04	22.71	89.83	70.00	43.90	88.72	52.54	65.81		
Dg	26.33	20.55	29.76	28.99	17.92	12.37	28.25	24.90	18.58	26.02	22.50	37.88	21.04	5.20	44.76	36.70	11.10	29.83	17.11	27.65		
So	1.43	1.47	1.74	1.69	2.19	2.07	1.62	2.14	3.20	2.10	2.70	1.66	1.68	4.70	1.56	1.50	3.14	1.70	2.41	1.89		
fi	18.45	13.99	17.09	17.13	8.18	5.99	17.42	11.65	5.81	12.36	8.34	22.77	12.53	1.11	28.72	24.47	3.54	17.57	7.11	14.60		
Ts	118.54	107.34	115.45	115.53	85.66	73.03	116.21	99.94	71.82	102.35	86.43	127.04	102.87	4.83	136.43	129.95	51.73	116.56	79.96	109.08		

* En mars 1994, les échantillons de substrat ont été prélevés à l'extérieur des zones de prélèvement habituelles en raison de la présence d'un épais couvert de glace.

D 25 et D 75 Diamètre en mm des particules correspondant à 25% et 75% du poids total de l'échantillon

Dg: Moyenne géométrique des diamètres des particules en mm

So: Coefficient de tri: $\sqrt{(D75/D25)}$

fi: Indice de Fredle: Dg/So

Ts: Taux de survie théorique: $(93.1 \times \text{Log fi})+0.67$

ANNEXE 5

**Fraction décimale du poids des particules
retenues pour chaque échantillon de sédiments
récoltés au km 65 de la rivière Bersimis en 1993 et 1994**

ANNEXE 5. Fraction décimale du poids des particules retenues pour chaque échantillon de sédiments récoltés au km 65 de la rivière Bersimis en 1993 et 1994

Tamis (mm)	Décembre 1993							Mars 1994							Juillet 1994							
	Hors nid					Nid		Hors nid					Nid		Hors nid					Nid		
	Éch.109	Éch.110	Éch.113	Éch.114	Éch.115	Éch.111	Éch.112	Éch.109	Éch.110	Éch.113	Éch.114	Éch.115	Éch.111	Éch.112	Éch.109	Éch.110	Éch.113	Éch.114	Éch.115	Éch.111	Éch.112	
112.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
56.00	0.0724	0.0882	0.0732	0.0534	0.2336	0.0414	0.3404	0.1640	0.0877	0.0471	0.0741	0.0411	0.0525	0.0264	0.0701	0.1106	0.1410	0.0263	0.0000	0.0000	0.1041	
40.00	0.1993	0.3427	0.2239	0.3377	0.1592	0.2796	0.0899	0.2047	0.2337	0.1706	0.2515	0.2324	0.2032	0.2388	0.1103	0.2479	0.2060	0.1982	0.1603	0.2128	0.2229	
28.00	0.1645	0.2499	0.1660	0.1510	0.1497	0.1936	0.1449	0.1682	0.1952	0.1958	0.1958	0.1378	0.2282	0.2449	0.1417	0.1830	0.1963	0.1206	0.1729	0.1983	0.1770	
25.00	0.0436	0.0538	0.0254	0.0236	0.0240	0.0456	0.0139	0.0368	0.0477	0.0580	0.0325	0.0355	0.0470	0.0408	0.0531	0.0457	0.0291	0.0218	0.0557	0.0351	0.0305	
20.00	0.0779	0.0638	0.0653	0.0409	0.0510	0.0572	0.0641	0.0446	0.0649	0.0539	0.0549	0.0572	0.0675	0.0629	0.0750	0.0466	0.0636	0.0627	0.0755	0.0620	0.0477	
16.00	0.0510	0.0455	0.0574	0.0442	0.0308	0.0528	0.0398	0.0367	0.0481	0.0603	0.0326	0.0503	0.0548	0.0414	0.0567	0.0387	0.0471	0.0301	0.0390	0.0540	0.0296	
14.00	0.0227	0.0146	0.0181	0.0223	0.0122	0.0255	0.0127	0.0156	0.0204	0.0255	0.0187	0.0266	0.0264	0.0193	0.0230	0.0173	0.0313	0.0177	0.0269	0.0220	0.0172	
12.50	0.0201	0.0115	0.0187	0.0159	0.0105	0.0224	0.0170	0.0150	0.0196	0.0192	0.0118	0.0241	0.0189	0.0175	0.0256	0.0193	0.0167	0.0139	0.0334	0.0264	0.0168	
9.50	0.0482	0.0292	0.0466	0.0469	0.0379	0.0470	0.0423	0.0360	0.0426	0.0516	0.0343	0.0614	0.0419	0.0430	0.0546	0.0378	0.0450	0.0409	0.0688	0.0484	0.0476	
6.30	0.0576	0.0257	0.0606	0.0523	0.0444	0.0522	0.0484	0.0500	0.0460	0.0657	0.0413	0.0798	0.0446	0.0459	0.0796	0.0512	0.0533	0.0527	0.0830	0.0570	0.0585	
5.00	0.0320	0.0112	0.0287	0.0240	0.0232	0.0245	0.0252	0.0269	0.0219	0.0318	0.0251	0.0453	0.0242	0.0267	0.0422	0.0251	0.0282	0.0327	0.0458	0.0291	0.0286	
2.50	0.0670	0.0241	0.0721	0.0604	0.0697	0.0540	0.0625	0.0572	0.0533	0.0576	0.0507	0.0683	0.0609	0.0735	0.1080	0.0660	0.0752	0.0938	0.0867	0.0576	0.0753	
1.25	0.0400	0.0153	0.0586	0.0540	0.0646	0.0372	0.0443	0.0409	0.0404	0.0465	0.0767	0.0467	0.0487	0.0523	0.0775	0.0484	0.0485	0.0776	0.0481	0.0588	0.0624	
0.63	0.0243	0.0071	0.0259	0.0251	0.0303	0.0173	0.0202	0.0231	0.0190	0.0358	0.0424	0.0278	0.0221	0.0168	0.0389	0.0249	0.0185	0.0354	0.0233	0.0301	0.0246	
0.32	0.0429	0.0084	0.0357	0.0272	0.0329	0.0281	0.0187	0.0430	0.0298	0.0420	0.0349	0.0306	0.0386	0.0141	0.0461	0.0370	0.0161	0.0349	0.0275	0.0597	0.0310	
0.16	0.0292	0.0070	0.0182	0.0159	0.0201	0.0185	0.0128	0.0295	0.0238	0.0303	0.0185	0.0262	0.0266	0.0077	0.0312	0.0316	0.0119	0.0205	0.0210	0.0407	0.0214	
0.08	0.0053	0.0014	0.0038	0.0034	0.0039	0.0023	0.0018	0.0054	0.0044	0.0056	0.0027	0.0061	0.0042	0.0009	0.0070	0.0072	0.0021	0.0041	0.0042	0.0059	0.0038	
0.00	0.0020	0.0008	0.0018	0.0020	0.0020	0.0011	0.0012	0.0024	0.0016	0.0028	0.0014	0.0027	0.0012	0.0009	0.0031	0.0024	0.0008	0.0015	0.0017	0.0020	0.0010	
poids total (g)	14002.8	12739.9	14368.6	17535.9	18494.8	12640.4	13258.4	18728.3	21238.3	17675.8	24070.8	24128.7	22096.8	20395.2	14637.8	13431.4	17513.1	16634.6	11304.8	16188.3	10354.1	
D 25	6.70	23.79	6.58	8.63	6.53	10.46	10.57	7.69	10.19	5.52	6.17	6.19	7.99	10.28	3.57	6.77	9.23	4.53	6.06	4.79	6.40	
D 75	41.74	48.45	43.37	46.69	54.35	44.06	62.37	49.28	44.89	36.25	44.81	41.62	39.70	42.77	30.40	44.38	45.17	47.20	35.60	37.75	45.53	
Dg	13.65	27.59	14.31	16.71	16.47	17.24	21.08	15.90	16.86	12.46	14.74	12.93	14.47	18.24	8.95	14.35	17.69	13.34	12.48	10.90	14.98	
So	2.50	1.43	2.57	2.33	2.88	2.05	2.43	2.53	2.10	2.56	2.69	2.59	2.23	2.04	2.92	2.56	2.21	3.23	2.42	2.81	2.67	
fi	5.47	19.33	5.57	7.19	5.71	8.40	8.68	6.28	8.03	4.86	5.47	4.99	6.49	8.94	3.07	5.61	8.00	4.13	5.15	3.88	5.62	
Ts	69.35	120.42	70.14	80.41	71.10	86.72	88.04	74.96	84.90	64.62	69.36	65.65	76.29	89.25	45.97	70.36	84.73	58.03	66.94	55.51	70.44	

D 25 et D 75 Diamètre en mm des particules correspondant à 25% et 75% du poids total de l'échantillon

Dg: Moyenne géométrique des diamètres des particules en mm

So: Coefficient de tri: $\sqrt{(D75/D25)}$

fi: Indice de Fredle: Dg/So

Ts: Taux de survie théorique: $(93.1 \times \text{Log fi})+0.67$

ANNEXE 6

**Fraction décimale du poids des particules
retenues pour chaque échantillon de sédiments
récoltés au km 67 de la rivière Bersimis en 1993 et 1994**

ANNEXE 7

**Mesures morphométriques et lectures d'âge des
tacons de saumons capturés à la pêche à l'électricité
dans le ruisseau du Mille 45 en 1994**

ANNEXE 7. Mesures morphométriques et lectures d'âge des tacons de saumons capturés à la pêche à l'électricité dans le ruisseau du Mille 45 en 1994.

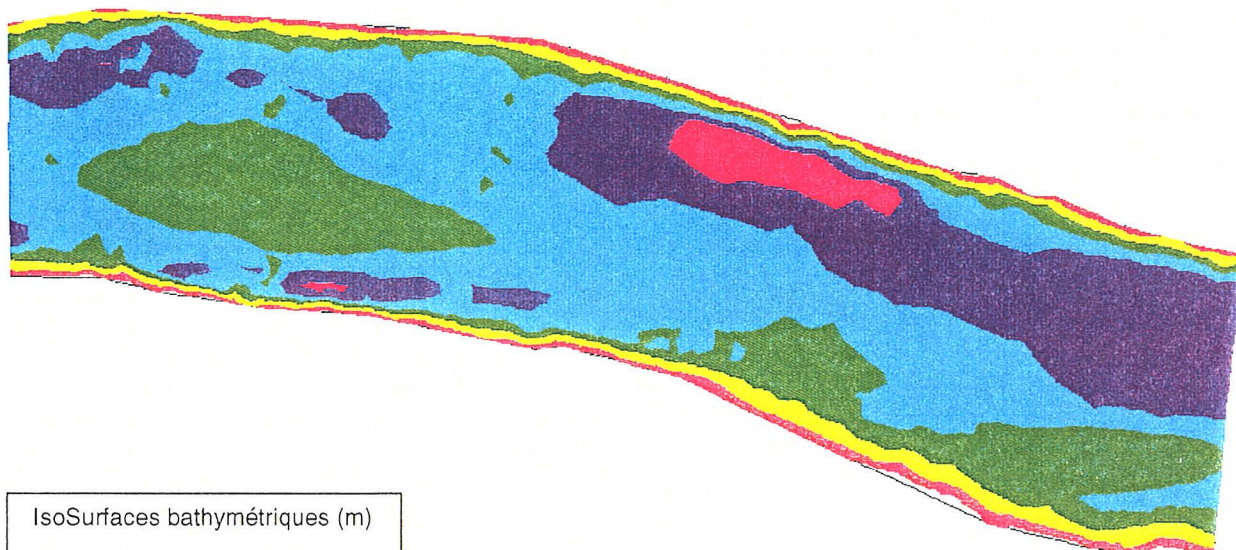
Date	No spécimen	Station tributaire mille 45	Longueur à la fourche* (mm)	Longueur totale* (mm)	Masse* (g)	Sexe	Age
10-08-94	1	centre incubateur	82	88	6,29	F	1+
10-08-94	2	centre incubateur	101	106	10,13	M	1+
10-08-94	3	centre incubateur	94	102	8,38	F	1+
10-08-94	4	centre incubateur	99	107	9,7	F	1+
10-08-94	5	centre incubateur	107	115	12,86	F	1+
10-08-94	6	centre incubateur	99	105	8,31	F	1+
10-08-94	7	centre incubateur	100	109	9,57	M	1+
10-08-94	8	amont incubateur	99	108	12,43	F	1+
10-08-94	9	amont incubateur	97	106	11,58	M	1+
10-08-94	10	amont incubateur	97	105	11,61	M	1+
10-08-94	11	amont incubateur	101	110	12,26	M	1+
10-08-94	12	amont incubateur	92	100	9,78	M	1+

*= Mesures morphométriques prises sur des spécimens formolés (séjour de 1 mois)

ANNEXE 8

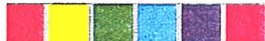
Planches infographiques

Bathymétrie

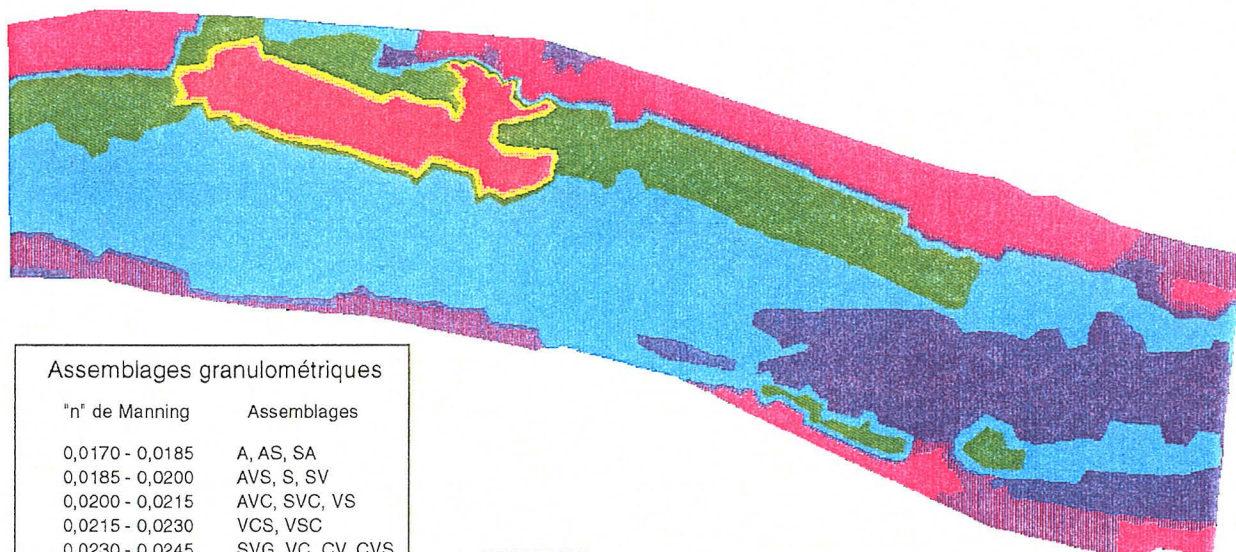


IsoSurfaces bathymétriques (m)

98,0 97,0 96,0 95,0 94,0 93,0 92,0



Substrat

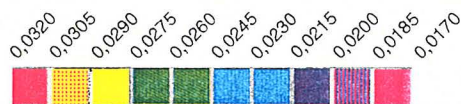


Assemblages granulométriques

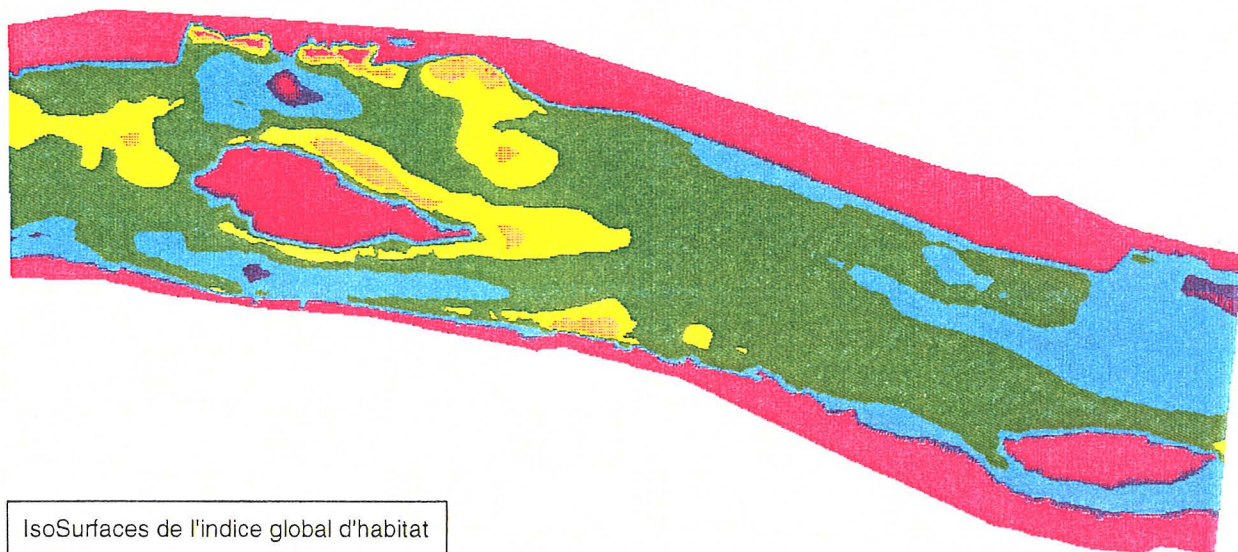
"n" de Manning	Assemblages
0,0170 - 0,0185	A, AS, SA
0,0185 - 0,0200	AVS, S, SV
0,0200 - 0,0215	AVC, SVC, VS
0,0215 - 0,0230	VCS, VSC
0,0230 - 0,0245	SVG, VC, CV, CVS
0,0245 - 0,0260	ACG, SCG, VCG, VGS, CSG, CVG
0,0260 - 0,0275	CGV
0,0305 - 0,0320	CGB

A : Argile S : Sable
 V : Gravier C : Caillou
 G : Galet B : Bloc

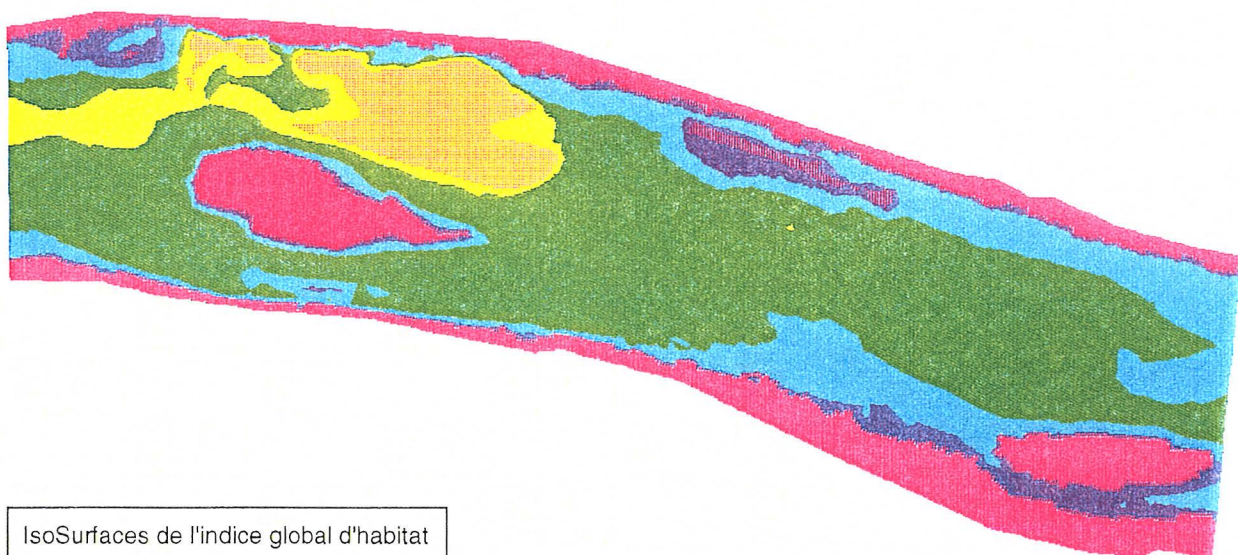
IsoSurfaces granulométriques
 (selon le "n" de Manning)



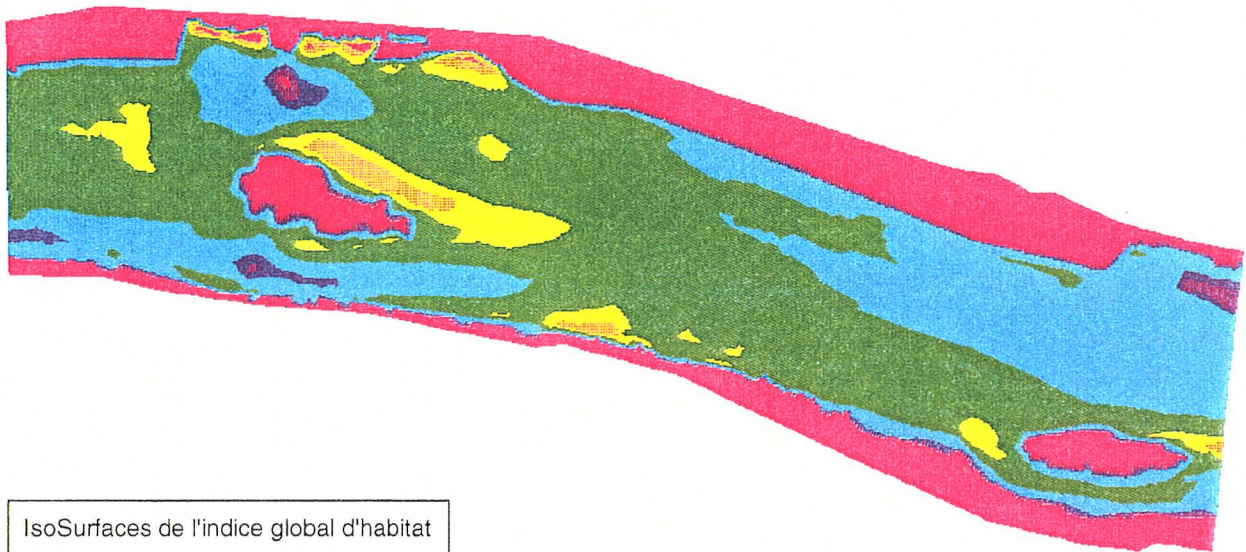
Alevin



Tacon



Alevin

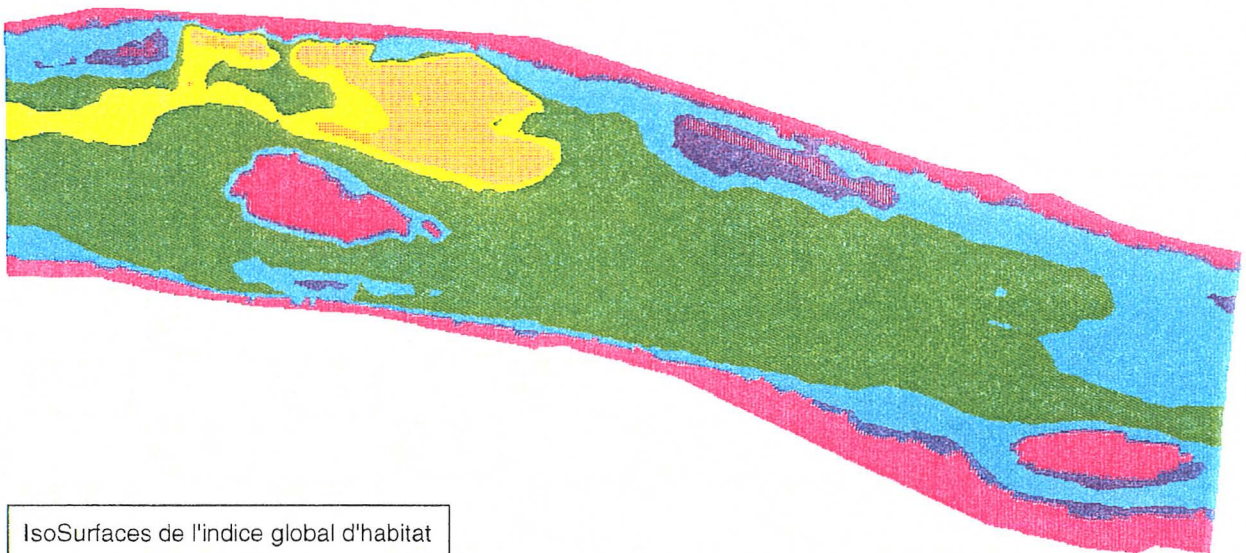


IsoSurfaces de l'indice global d'habitat

1,0 0,9 0,8 0,7 0,6 0,5 0,4 0,3 0,2 0,1 0,0



Tacon

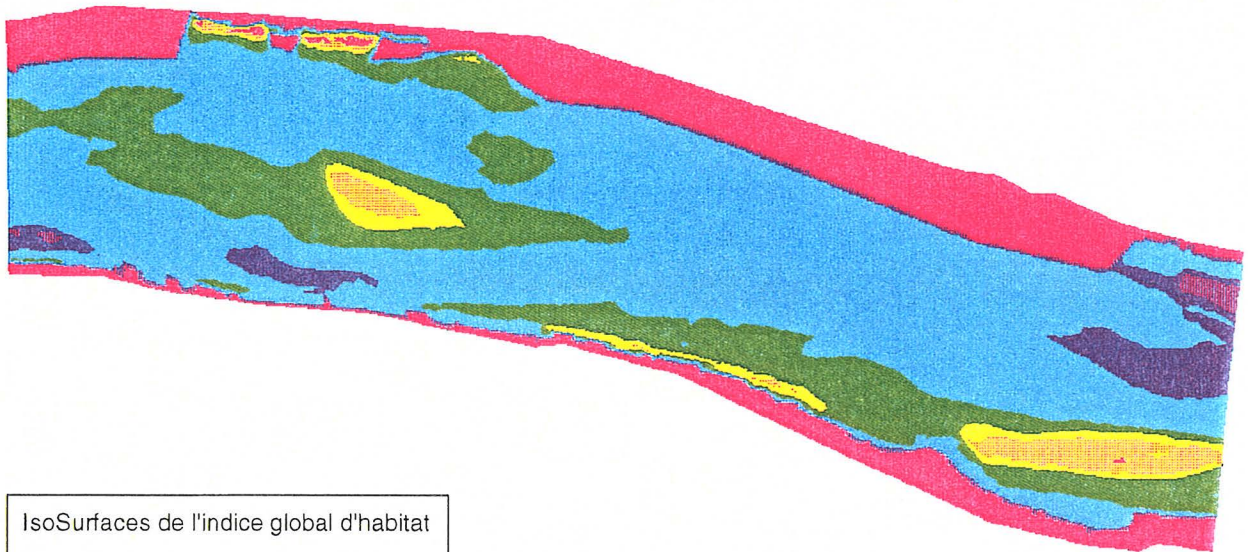


IsoSurfaces de l'indice global d'habitat

1,0 0,9 0,8 0,7 0,6 0,5 0,4 0,3 0,2 0,1 0,0



Alevin

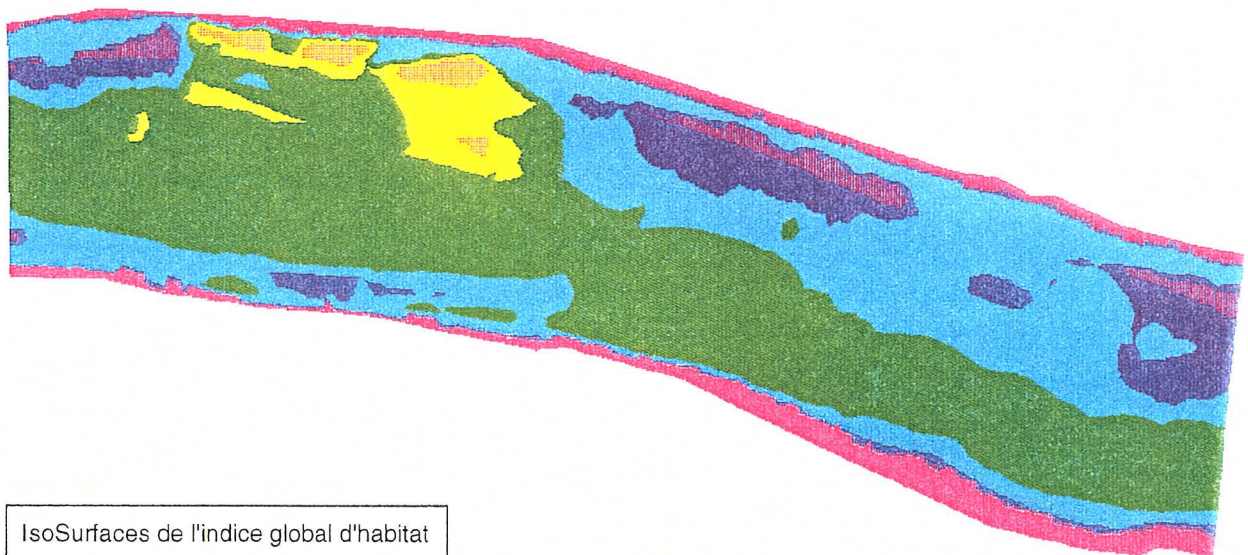


IsoSurfaces de l'indice global d'habitat

1,0 0,9 0,8 0,7 0,6 0,5 0,4 0,3 0,2 0,1 0,0

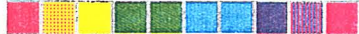


Tacon

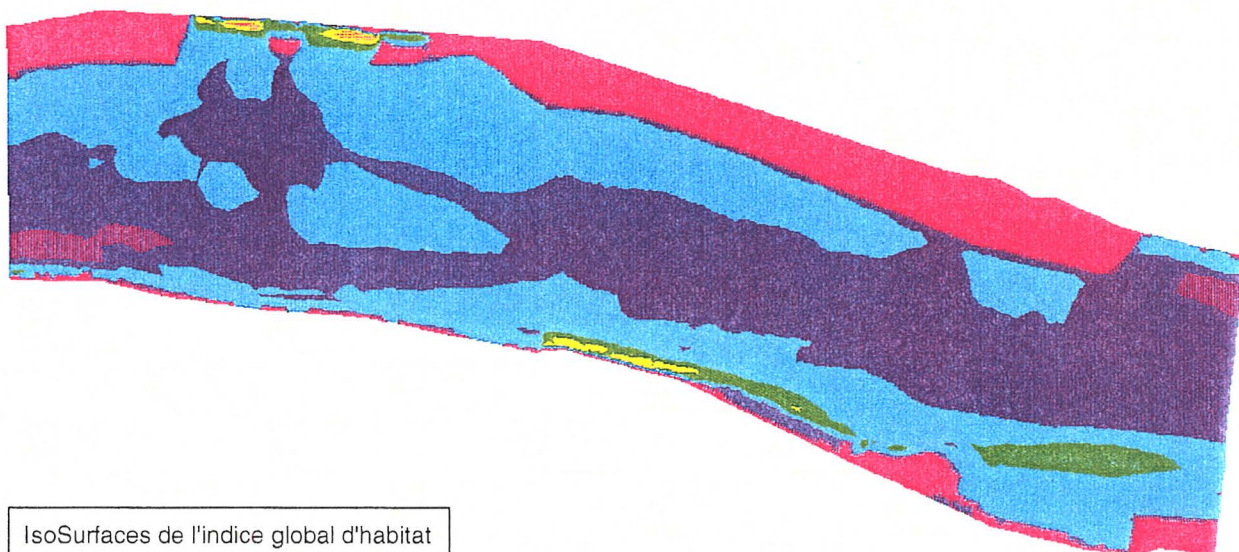


IsoSurfaces de l'indice global d'habitat

1,0 0,9 0,8 0,7 0,6 0,5 0,4 0,3 0,2 0,1 0,0



Alevin

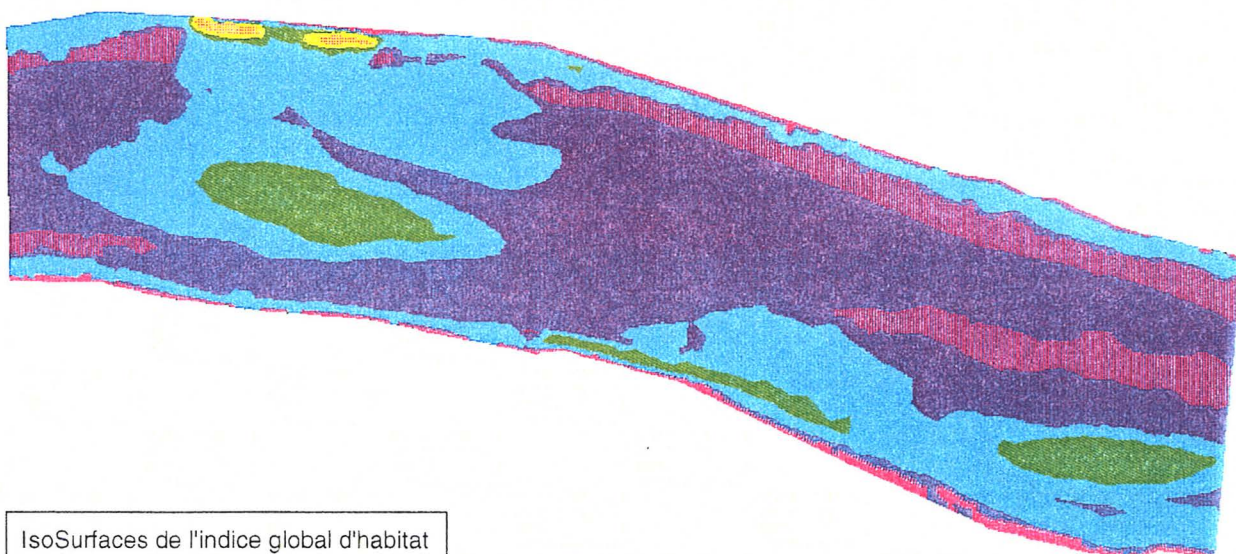


IsoSurfaces de l'indice global d'habitat

1,0 0,9 0,8 0,7 0,6 0,5 0,4 0,3 0,2 0,1 0,0



Tacon



IsoSurfaces de l'indice global d'habitat

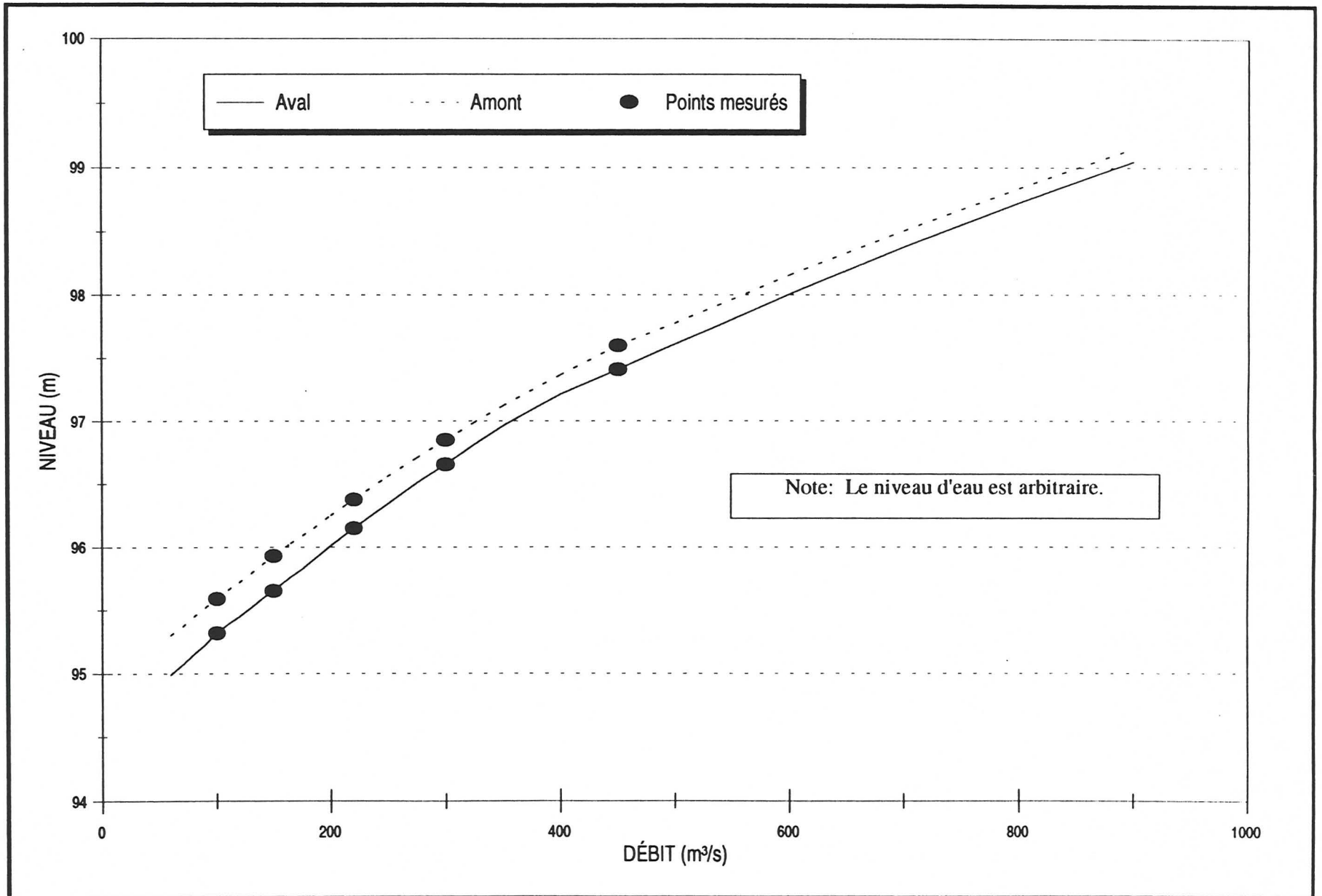
1,0 0,9 0,8 0,7 0,6 0,5 0,4 0,3 0,2 0,1 0,0



ANNEXE 9

Courbes de tarage pour le site modélisé

ANNEXE 9 Courbes de tarage pour le site modélisé au km 65 de la rivière Betsiamites.



ANNEXE 10

Validation des mesures de vitesse

ANNEXE 10.1 Validation des mesures de vitesses moyennes pour un débit de 100 m³/s.

Point	COORDONNEES (m)		Mesurée	VITESSE (m/s)	
	X	Y		Calculée	Écart
1	1025.0	1024.2	1.350	1.174	-0.176
2	1017.7	1090.5	0.840	0.717	-0.123
3	1049.5	1087.9	1.010	0.903	-0.107
4	1079.0	1111.3	0.920	0.771	-0.149
5	1065.9	1078.4	0.830	0.900	0.070
6	1099.1	1003.0	1.680	1.223	-0.457
7	1140.9	997.5	1.610	1.183	-0.427
8	1190.7	1002.1	1.050	1.046	-0.004
9	1322.7	1005.7	1.120	0.872	-0.248
10	1373.3	1007.5	1.080	0.902	-0.178
11	1412.0	985.7	0.330	0.640	0.310
12	1471.6	960.2	0.690	0.691	0.001
13	1483.9	987.4	0.970	0.942	-0.028
14	1538.2	974.7	0.890	0.905	0.015
15	1421.1	1007.3	1.000	0.944	-0.056
16	1376.6	1036.6	0.730	0.798	0.068
17	1327.7	1041.7	0.870	0.757	-0.113
18	1321.1	1067.8	0.770	0.633	-0.137
19	1253.6	1075.1	0.820	0.820	0.000
20	1251.3	1043.9	1.060	0.798	-0.262
				moyenne:	0.15 m/s

ANNEXE 10.2 Validation des mesures de vitesses moyennes pour un débit de 150 m³/s.

Point	COORDONNEES (m)		Mesurée	VITESSE (m/s)	
	X	Y		Calculée	Écart
1	1029.3	1085.1	1.010	0.845	-0.165
2	1055.7	1090.6	1.070	0.925	-0.145
3	1054.6	1036.6	1.050	1.115	0.065
4	1096.0	1004.4	1.550	1.235	-0.315
5	1163.0	995.5	1.610	1.249	-0.361
6	1201.4	998.0	1.500	1.236	-0.264
7	1243.7	1009.7	1.040	1.037	-0.003
8	1321.1	999.8	1.270	0.937	-0.333
9	1381.5	991.6	1.010	0.963	-0.047
10	1426.1	1007.5	0.910	1.007	0.097
11	1486.8	1001.2	0.950	1.024	0.074
12	1470.8	975.2	1.040	0.985	-0.055
13	1466.9	946.2	0.620	0.613	-0.007
14	1511.7	951.5	0.920	0.835	-0.085
15	1518.3	981.2	1.010	1.021	0.011
16	1565.3	963.5	0.970	0.989	0.019
17	1026.7	1035.7	1.160	1.142	-0.018
18	1096.1	1075.0	1.140	1.281	0.141
19	1159.9	1081.8	1.330	1.329	-0.001
20	1203.5	1054.7	1.010	1.005	-0.005
21	1199.0	1094.7	1.160	1.175	0.015
22	1258.1	1074.9	0.970	0.923	-0.047
23	1320.0	1062.6	0.830	0.781	-0.049
24	1339.9	1028.3	0.640	0.834	0.194
				moyenne:	0.10 m/s

ANNEXE 10.3 Validation des mesures de vitesses moyennes pour un débit de 220 m³/s.

Point	COORDONNEES (m)		Mesurée	VITESSE (m/s)	
	X	Y		Calculée	Écart
1	1030.4	1026.0	1.310	1.307	-0.003
2	1021.8	1087.8	1.140	0.951	-0.189
3	1087.8	1032.6	1.300	1.307	0.007
4	1052.6	1088.8	1.130	0.998	-0.132
5	1088.6	1104.1	1.260	1.235	-0.025
6	1087.8	1061.9	1.330	1.266	-0.064
7	1088.0	1006.4	1.310	1.181	-0.129
8	1158.6	993.2	1.140	1.142	0.002
9	1152.8	1023.4	0.770	1.049	0.279
10	1159.6	1079.3	1.270	1.272	0.002
11	1248.2	1009.8	0.990	0.990	0.000
12	1259.3	1035.5	0.680	0.822	0.142
13	1256.1	1068.9	0.970	0.988	0.018
14	1324.8	1022.2	0.610	0.909	0.299
15	1323.3	995.4	1.170	1.013	-0.157
16	1373.8	988.6	1.220	1.081	-0.139
17	1389.5	1022.9	0.940	0.993	0.053
18	1431.9	1019.6	0.900	1.040	0.140
19	1425.9	990.4	0.960	1.021	0.061
20	1418.4	957.2	1.060	0.855	-0.205
21	1486.1	948.5	0.980	0.917	-0.063
22	1490.9	989.3	1.050	1.063	0.013
23	1556.0	971.6	1.060	1.059	-0.001
				moyenne:	0.09 m/s

ANNEXE 10.4 Validation des mesures de vitesses moyennes pour un débit de 300 m³/s.

Point	COORDONNEES (m)		Mesurée	VITESSE (m/s)	
	X	Y		Calculée	Écart
1	1544.1	952.6	0.920	1.057	0.137
2	1425.4	1026.0	1.130	1.090	-0.040
3	1412.8	1002.6	0.970	1.101	0.131
4	1408.0	978.1	1.150	1.111	-0.039
5	1371.1	1002.5	1.040	1.148	0.108
6	1375.6	1028.4	1.090	1.088	-0.002
7	1314.0	1065.5	1.080	0.964	-0.116
8	1319.8	1036.3	1.050	1.030	-0.020
9	1323.9	995.9	1.170	1.099	-0.071
10	1479.2	952.2	1.020	1.015	-0.005
11	1276.4	1000.2	1.130	1.041	-0.089
12	1256.3	1039.2	0.940	1.021	0.081
13	1252.6	1073.7	1.120	1.060	-0.060
14	1205.4	1099.1	1.310	1.095	-0.215
15	1195.5	1049.1	0.910	1.067	0.157
16	1192.2	994.1	1.400	1.167	-0.233
17	1157.4	997.0	1.290	1.186	-0.104
18	1161.4	1086.5	1.150	1.176	0.026
19	1080.2	1115.1	0.910	0.895	-0.015
20	1107.2	1064.1	1.360	1.357	-0.003
21	1083.8	1006.0	1.160	1.143	-0.017
22	1054.0	1038.2	1.350	1.352	0.002
23	1062.5	1083.2	1.370	1.156	-0.214
24	1032.0	1096.0	1.240	0.993	-0.247
25	1145.7	1032.4	0.950	1.265	0.315
				moyenne:	0.10 m/s

ANNEXE 10.5 Validation des mesures de vitesses moyennes pour un débit de 450 m³/s.

Point	COORDONNEES (m)		Mesurée	VITESSE (m/s)	
	X	Y		Calculée	Écart
1	1548.5	968.0	1.070	1.223	0.153
2	1488.2	986.4	1.170	1.238	0.068
3	1418.4	1023.0	1.280	1.234	-0.046
4	1418.7	990.9	1.110	1.270	0.160
5	1383.8	1018.9	1.270	1.269	-0.001
6	1380.8	989.4	1.170	1.253	0.083
7	1322.9	983.9	1.210	1.198	-0.012
8	1323.2	1026.6	1.150	1.203	0.053
9	1369.0	1046.1	1.180	1.162	-0.018
10	1323.0	1058.2	1.190	1.105	-0.085
11	1327.1	1024.7	1.160	1.206	0.046
12	1325.3	990.9	1.240	1.237	-0.003
13	1246.0	989.1	1.040	1.033	-0.007
14	1202.0	996.0	1.210	1.214	0.004
15	1216.2	1047.0	1.190	1.270	0.080
16	1211.9	1082.4	1.340	1.276	-0.064
17	1169.2	1087.7	1.350	1.216	-0.134
18	1169.3	1039.6	1.220	1.243	0.023
19	1155.3	999.3	1.200	1.174	-0.026
20	1093.0	1002.0	0.940	0.947	0.007
21	1104.8	1068.4	1.540	1.451	-0.089
22	1084.9	1111.5	1.410	1.127	-0.283
23	1085.5	1078.0	1.640	1.391	-0.249
24	1103.8	1037.1	1.670	1.434	-0.236
25	1065.7	1090.8	1.630	1.185	-0.445
26	1576.0	1007.3	0.770	0.773	0.003
27	1577.2	993.0	1.310	1.111	-0.199
28	1575.2	980.3	1.240	1.204	-0.036
29	1569.8	970.1	1.260	1.235	-0.025
30	1567.3	952.8	1.190	1.213	0.023
31	1551.3	947.3	1.120	1.185	0.065
32	1542.1	931.4	1.110	1.108	-0.002
33	1539.3	910.3	1.010	0.910	-0.100
34	1531.1	894.8	0.680	0.675	-0.005
				moyenne:	0,07 m/s

ANNEXE 11

**Fluctuations horaires des débits estivaux
(1990 à 1994)**

ANNEXE 11.1 Fluctuations horaires (en m³/s) des débits estivaux (du 15 juin au 30 septembre) à la centrale Bersimis 2 en 1990.

Heure	Max (+)	Max (-)	Moyenne
0:00 à 1:00	72,5	-343,3	20,6
1:00 à 2:00	75,3	-186,6	18,5
2:00 à 3:00	121,8	-89,0	21,2
3:00 à 4:00	160,1	-150,6	22,9
4:00 à 5:00	72,2	-91,9	16,4
5:00 à 6:00	134,3	-153,7	25,2
6:00 à 7:00	231,7	-87,7	28,7
7:00 à 8:00	206,5	-165,8	33,6
8:00 à 9:00	158,1	-47,7	18,8
9:00 à 10:00	192,2	-119,5	18,2
10:00 à 11:00	198,5	-299,9	21,5
11:00 à 12:00	167,2	-357,5	19,1
12:00 à 13:00	274,6	-107,9	24,1
13:00 à 14:00	81,9	-203,2	17,2
14:00 à 15:00	107,8	-341,0	20,8
15:00 à 16:00	270,2	-159,6	21,9
16:00 à 17:00	141,2	-88,9	22,4
17:00 à 18:00	428,8	-133,5	28,2
18:00 à 19:00	152,4	-144,8	25,5
19:00 à 20:00	125,9	-88,9	18,9
20:00 à 21:00	145,8	-138,5	25,2
21:00 à 22:00	166,4	-98,5	26,4
22:00 à 23:00	55,2	-161,4	26,9
maximum:	428,8	-357,5	33,6
minimum:			16,4
moyenne:			22,7

ANNEXE 11.2 Fluctuations horaires (en m³/s) des débits estivaux (du 15 juin au 30 septembre) à la centrale Bersimis 2 en 1991.

Heure	Max (+)	Max (-)	Moyenne
0:00 à 1:00	31,8	-274,1	19,4
1:00 à 2:00	217,7	-228,9	15,8
2:00 à 3:00	33,6	-169,7	13,7
3:00 à 4:00	49,7	-131,1	10,8
4:00 à 5:00	87,5	-58,3	8,0
5:00 à 6:00	143,6	-112,7	13,2
6:00 à 7:00	190,6	-163,8	15,2
7:00 à 8:00	243,6	-73,1	28,4
8:00 à 9:00	243,9	-320,7	28,6
9:00 à 10:00	320,6	-256,6	37,2
10:00 à 11:00	266,4	-142,6	23,9
11:00 à 12:00	150,5	-333,0	20,1
12:00 à 13:00	285,5	-137,3	26,1
13:00 à 14:00	92,3	-305,6	18,6
14:00 à 15:00	207,7	-237,9	24,5
15:00 à 16:00	181,8	-248,8	23,7
16:00 à 17:00	270,7	-167,1	21,9
17:00 à 18:00	204,1	-146,2	24,6
18:00 à 19:00	117,8	-198,9	22,0
19:00 à 20:00	111,4	-163,0	15,5
20:00 à 21:00	166,9	-180,7	23,9
21:00 à 22:00	267,3	-146,8	25,2
22:00 à 23:00	37,8	-258,1	22,4
maximum:	320,6	-333,0	37,2
minimum:			8,0
moyenne:			21,0

ANNEXE 11.3 Fluctuations horaires (en m³/s) des débits estivaux (du 15 juin au 30 septembre) à la centrale Bersimis 2 en 1992.

Heure	Max (+)	Max (-)	Moyenne
0:00 à 1:00	127,8	-463,7	28,7
1:00 à 2:00	453,6	-304,6	33,1
2:00 à 3:00	94,9	-567,6	24,6
3:00 à 4:00	567,2	-563,9	30,8
4:00 à 5:00	564,1	-285,2	20,8
5:00 à 6:00	225,7	-315,0	23,6
6:00 à 7:00	302,5	-322,3	27,9
7:00 à 8:00	383,0	-86,9	37,5
8:00 à 9:00	208,8	-387,9	28,2
9:00 à 10:00	322,4	-563,7	31,6
10:00 à 11:00	563,2	-330,6	31,7
11:00 à 12:00	510,3	-107,9	22,0
12:00 à 13:00	123,0	-161,4	25,2
13:00 à 14:00	84,4	-625,0	21,2
14:00 à 15:00	624,3	-160,7	24,6
15:00 à 16:00	221,0	-188,6	24,2
16:00 à 17:00	269,6	-190,2	30,5
17:00 à 18:00	235,7	-491,4	27,3
18:00 à 19:00	463,0	-168,9	31,0
19:00 à 20:00	133,8	-433,4	22,1
20:00 à 21:00	375,7	-96,4	32,4
21:00 à 22:00	124,4	-177,1	23,4
22:00 à 23:00	39,1	-69,9	17,6
maximum:	624,3	-625,0	33,1
minimum:			17,6
moyenne:			27,0