

**SYNTHÈSE DES TRAVAUX DE RECHERCHE SUR
L'ANGUILLE D'AMÉRIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA
RIVIÈRE SAINT-JEAN DE 2001 À 2007**

Mars 2009

Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats

Ressources naturelles
et Faune

Québec 

Service de la faune aquatique (SFA)

**SYNTHÈSE DES TRAVAUX DE RECHERCHE SUR L'ANGUILLE
D'AMÉRIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE SAINT-
JEAN DE 2001 À 2007**

Par
François Caron,
Denis Fournier,
Vanessa Cauchon,
et
Isabel Thibault

Pour le
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
Secteur Faune

Mars 2009

Référence à citer :

CARON, F., D. FOURNIER, V. CAUCHON et I. THIBAUT. 2009. Travaux de recherche sur l'anguille de la rivière Saint-Jean de 2001 à 2007. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats, Service de la faune aquatique. 84 p.

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2009
ISBN : 978-2-550-56360-0 (Version imprimée)
978-2-550-56361-7 (PDF)

ÉQUIPE DE RÉALISATION

RÉDACTION

François Caron, biologiste
Denis Fournier, technicien de la faune
Vanessa Cauchon, technicienne de la faune
Isabel Thibault, biologiste

ÉCHANTILLONNAGE 2004

Denis Fournier, Vanessa Cauchon
Lee-Anne Julyan, technicienne de la faune
Isabel Thibault, étudiante à la maîtrise, Université Laval
François Dubé et Jean-Nicolas Bujold, étudiants
Véronique Lavoie, stagiaire

ÉCHANTILLONNAGE 2005

Denis Fournier, Vanessa Cauchon
Lee-Anne Julyan, technicienne de la faune
Mélinda Lalonde, François Blouin-Maurice et Olivier Cloutier, stagiaires

ÉCHANTILLONNAGE 2006

Denis Fournier, Vanessa Cauchon
Mélinda Lalonde, technicienne de la faune
Julie Lapointe, Nicolas Harnois, Jérémy Leclère et Olivier Deshaies, stagiaires

ÉCHANTILLONNAGE 2007

Denis Fournier, Vanessa Cauchon
Nicolas Harnois et Érica Beaulieu, techniciens de la faune
Samuel Landry, Mathieu Grenier et Yanick Soulard, stagiaires

RÉALISATION GRAPHIQUE

Denis Fournier
Vanessa Cauchon

MONTAGE ET LECTURE D'OTOLITHES

Denise Deschamps, technicienne de la faune
Carl Gauthier, technicien de la faune

PARTICIPATION FINANCIÈRE

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Université Laval, Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, Groupe Québec-Océan

RÉSUMÉ

Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) a proposé de donner à l'anguille le statut d'espèce préoccupante au Canada, principalement à cause de la diminution importante des montaisons d'anguilles juvéniles observées dans la partie amont du Saint-Laurent, particulièrement au lac Ontario. En effet, dans le cours supérieur du Saint-Laurent, le recrutement de l'espèce aurait diminué d'environ 99 % depuis les années 1970. Toutefois, peu d'information de cette nature est disponible ailleurs dans l'aire de répartition de l'espèce. C'est donc pour combler, en partie, ce vide de connaissance que nous avons entrepris des travaux de recherche sur l'anguille dans le réseau hydrographique de la rivière Saint-Jean près de Gaspé.

Les travaux se sont déroulés de 2001 à 2007. Pour la première fois au Québec, nous avons mis en évidence une importante migration printanière d'anguilles juvéniles vers l'estuaire d'une rivière de même que l'utilisation de la zone de transition marine (estuaire) par un grand nombre d'anguilles durant la période de croissance estivale.

La migration printanière des anguilles se produit entre la mi-mai et la fin juin. Nous avons estimé que de 15 000 à 41 000 anguilles juvéniles dont la taille varie de 125 mm à 660 mm se déplacent annuellement entre la rivière et l'estuaire où elles s'engraissent pendant l'été.

Une seconde migration, cette fois d'anguilles qui quittent le réseau hydrographique pour la reproduction, se produit en septembre. En 2004, près de 2 000 anguilles ont effectué cette migration.

Au cours de l'été 2005, nous avons procédé au marquage et à la recapture d'anguilles dans l'estuaire de la rivière dans le but de connaître l'espace utilisé par l'anguille, la taille des individus et leur abondance. La capture s'est faite au moyen de 9 trappes utilisées pendant 20 jours consécutifs à partir du 7 juillet. Au total, 2 314 anguilles mesurant de 70 mm à 800 mm ont été marquées et relâchées à 120 m de leur trappe de capture. De ce nombre, 62 ont été recapturées. L'estimation a été faite avec le modèle M_0 .

Les anguilles utilisent tout l'espace disponible à l'intérieur de l'estuaire, avec une préférence pour la partie nord-est, qui est une zone où la végétation aquatique, particulièrement la zostère marine, est abondante. L'estimation de l'abondance des anguilles de moins de 245 mm (âge moyen de moins de 5 ans) n'a pas été possible.

L'analyse démontre que la mobilité de ces anguilles est réduite, puisque la distance à laquelle elles sont relâchées (120 m) est trop grande pour que ces anguilles puissent de nouveau être capturées par les trappes fixes, du moins pendant la durée des travaux. L'estimation du nombre d'anguilles dont la taille varie de 245 mm à 420 mm a été faite selon divers patrons de regroupement des trappes. Les estimations obtenues vont de 269 400 à 277 200 anguilles; ces anguilles sont âgées de 5 à 18 ans. Finalement, nous avons estimé qu'il y avait de 7 250 à 8 680 anguilles de 420 mm et plus. Au total, de 278 000 à 333 000 anguilles de plus de 5 ans auraient été présentes dans l'estuaire de la rivière Saint-Jean à l'été 2005. Durant cette période, d'autres anguilles étaient également présentes en rivière et en lac. Dans les bons habitats en rivière, on trouve un peu moins d'une anguille aux 100 m². L'estimation du nombre d'anguilles en lac a été faite pour le lac Sirois en 2004; selon la méthode d'estimation retenue, nous avons alors évalué qu'il y avait de 2 600 à 3 200 anguilles.

Les anguilles qui font la migration printanière vers l'estuaire ne constituent donc qu'une partie des anguilles qui se trouvent en été dans l'ensemble du bassin versant. Selon toute vraisemblance, il y aurait un nombre élevé d'anguilles qui résident en estuaire pour une partie ou pour la totalité de leur séjour, comme cela a été démontré par l'analyse microchimique des otolithes.

Nous concluons que le phénomène de l'utilisation des estuaires par l'anguille est grandement méconnu au Québec et que ces habitats, compte tenu de leur taille et de la densité d'anguilles qu'ils supportent, pourraient être de toute première importance pour la production d'anguilles.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	V
TABLE DES MATIÈRES	VII
LISTE DES TABLEAUX.....	IX
LISTE DES FIGURES	XI
LISTE DES ANNEXES	XIII
1. INTRODUCTION	1
2. ZONES D'ÉTUDE	3
3. ESTIMATION DU NOMBRE D'ANGUILLES EN DÉVALAISON PRINTANIÈRE	5
3.1 Méthodologie.....	5
3.2 Résultats	7
3.2.1 Période de dévalaison	7
3.2.2 Longueur des anguilles en dévalaison	7
3.2.3 Estimation du nombre d'anguilles en dévalaison	7
3.3 Discussion	8
4. ESTIMATION DU NOMBRE D'ANGUILLES ARGENTÉES EN DÉVALAISON	9
4.1 Méthodologie.....	9
4.2 Résultats	10
4.2.1 Période de dévalaison	10
4.2.2 Longueur des anguilles en dévalaison	10
4.2.3 Estimation du nombre d'anguilles en dévalaison	10
4.3 Discussion	11
5. ANGUILLES DE LA RIVIÈRE.....	12
5.1 Méthodologie.....	12
5.2 Résultats	13
5.2.1 Pêche électrique en 2004 : peu d'anguilles en rivière durant l'été.....	13
5.2.2 Verveux et pêche électrique	13
5.3 Discussion	14
6. ANGUILLES EN LAC.....	15
6.1 Méthodologie.....	15
6.2 Résultats	16
6.3 Discussion	17
7. ANGUILLES DU BARACHOIS	19
7.1 Méthodologie.....	19
7.1.1 Capture et marquage.....	19
7.1.2 Quantité d'anguilles présentes dans le barachois	20
7.2 Résultats	21
7.2.1 Capture	21
7.2.2 Petites anguilles	21

7.2.3	Anguilles de taille moyenne	21
7.2.4	Grandes anguilles	22
7.2.5	Estimation du nombre d'anguilles de 245 mm et plus	22
7.3	Discussion	23
8.	CARACTÉRISTIQUES ET ÂGE DES ANGUILLES	24
8.1	Méthodologie.....	24
8.1.1	Prises des mesures morphométriques.....	24
8.1.2	Détermination de l'âge	24
8.2	Résultats	25
8.2.1	Âge	25
8.3	Discussion	26
9.	ANGUILLES PORTEUSES D'UNE MICROÉTIQUETTE	27
9.1	Nombre d'anguilles marquées : près de 8 000	27
9.2	Croissance des anguilles recapturées	27
9.3	Discussion	28
10.	DÉPLACEMENT DES ANGUILLES	29
10.1	Méthodologie.....	29
10.1.1	Captures.....	29
10.1.2	Chirurgie.....	29
10.1.3	Suivi télémétrique.....	30
10.2	Résultats	31
10.3	Discussion	31
11.	PATRON DE MIGRATION DES ANGUILLES JAUNES	32
11.1	Méthodologie.....	32
11.2	Résultats	33
11.3	Discussion	34
12.	CONCLUSION.....	35
	REMERCIEMENTS.....	37
	GLOSSAIRE.....	39
	LISTE DES RÉFÉRENCES	41

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Captures et estimation du nombre d'anguilles en dévalaison printanière dans la rivière Saint-Jean de 2001 à 2007	47
Tableau 2.	Capture et recapture d'anguilles argentées en dévalaison automnale (> 320 mm) dans la rivière Saint-Jean en 2004	47
Tableau 3.	Résultats des pêches à l'électricité de l'anguille dans la rivière Saint-Jean en 2004	48
Tableau 4.	Comparaison de l'efficacité de la pêche au verveux et de la pêche à l'électricité dans une parcelle de la rivière Saint-Jean en 2005	48
Tableau 5.	Détails des captures et des calculs de l'estimation du nombre d'anguilles dans le lac Sirois en 2004	49
Tableau 6.	Comparaison entre la station de marquage et celle de recapture pour chaque anguille recapturée dans le lac Sirois en 2004	50
Tableau 7.	Captures et recaptures d'anguilles par station dans le barachois de la rivière Saint-Jean en 2005	51
Tableau 8.	Comparaison entre la station de marquage et celle de recapture pour chaque anguille recapturée dans le barachois de la rivière Saint-Jean en 2005	52
Tableau 9.	Estimation du nombre d'anguilles présentes dans le barachois de la rivière Saint-Jean en juillet 2005	53
Tableau 10.	Capture d'espèces non visées dans le barachois de la rivière Saint-Jean en 2005	54
Tableau 11.	Caractéristiques des anguilles capturées en dévalaison printanière dans la rivière Saint-Jean en 2004 et en 2005	55
Tableau 12.	Caractéristiques des anguilles capturées en dévalaison automnale dans la rivière Saint-Jean en 2004	56
Tableau 13.	Caractéristiques des anguilles capturées en été dans la rivière Saint-Jean en 2004 et en 2005	57
Tableau 14.	Caractéristiques des anguilles capturées dans le lac Sirois en 2004	58
Tableau 15.	Caractéristiques des anguilles capturées dans le barachois de la rivière Saint-Jean en 2004 et en 2005	59
Tableau 16.	Répartition des âges (%) selon les classes de longueur et les secteurs de capture des anguilles de la rivière Saint-Jean en 2004 et en 2005	60
Tableau 17.	Nombre d'anguilles porteuses d'une microétiquette selon leur lieu et leur année de marquage et de recapture	61

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	La rivière Saint-Jean dans son contexte géographique	65
Figure 2.	Comparaison entre la température moyenne journalière et la capture d'anguilles dans la trappe rotative sur la rivière Saint-Jean de 2001 à 2007	66
Figure 3.	Fréquence de longueur des anguilles capturées en dévalaison printanière dans la trappe rotative sur la rivière Saint-Jean de 2003 à 2007	67
Figure 4.	Fréquence de longueur des anguilles capturées en dévalaison automnale sur la rivière Saint-Jean en 2004	68
Figure 5.	Fréquence de longueur par sexe des anguilles échantillonnées en dévalaison automnale sur la rivière Saint-Jean en 2004	68
Figure 6.	Filet-trappe (verveux) utilisé pour la pêche en lac, en rivière et dans le barachois de la rivière Saint-Jean en 2004 et en 2005	69
Figure 7.	Fréquence de longueur des anguilles marquées et recapturées dans le lac Sirois en 2004.....	70
Figure 8.	Présentation des secteurs et de la position des trappes dans le barachois de la rivière Saint-Jean en 2005	71
Figure 9.	Fréquence de longueur des anguilles marquées et recapturées dans le barachois de la rivière Saint-Jean en 2005	72
Figure 10.	Comparaison de la longueur moyenne selon l'âge des anguilles capturées en dévalaison printanière dans le barachois et dans le lac Sirois en 2004 et en 2005	73
Figure 11.	Longueur selon l'âge et le sexe des anguilles capturées en dévalaison printanière dans le barachois et dans le lac Sirois en 2004 et en 2005.	74
Figure 12.	Longueur selon l'âge des anguilles mâles capturées dans le bassin versant de la rivière Saint-Jean en 2004 et en 2005.	75
Figure 13.	Croissance en longueur des anguilles recapturées de 1 à 3 ans après leur marquage	76

LISTE DES ANNEXES

Annexe I Protocole de préparation de l'otolithe et de détermination de l'âge des
anguilles. 79

1. INTRODUCTION

L'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) est un poisson que l'on classe dans l'ordre des anguilliformes, dans la famille des *anguillidae*. Les anguilles qui appartiennent au genre *Anguilla* sont reconnues pour être des poissons catadromes, c'est-à-dire qu'elles se reproduisent en mer puis viennent croître en eau douce. On a découvert récemment que certaines anguilles, y compris l'anguille d'Amérique, peuvent compléter en eau salée tout leur cycle de vie ou une partie de celui-ci (Daverat *et al.* 2006).

Dans l'Atlantique Nord, on trouve une autre espèce d'anguille catadrome, l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*); personne ne sait exactement où se reproduisent les anguilles, mais les plus petites larves, appelées leptocéphales, ont été capturées près de la mer des Sargasses, au sud des Bermudes, ce qui laisse croire que le lieu de reproduction de ces deux espèces se trouve près de cet endroit. Le trajet entre leur lieu de naissance et leur habitat de croissance se fait principalement par un mode de transport passif, les larves dérivant dans les courants marins en direction nord-ouest pour l'anguille d'Amérique et nord-est pour l'anguille européenne (Tesch 1977; McCleave 1987). Malgré la proximité de leurs lieux de reproduction, peu d'individus hybrides ont été découverts; ceux qui ont été identifiés se trouvent principalement en Islande (Albert *et al.* 2006). Selon les dernières analyses en structure génétique, l'anguille d'Amérique serait panmictique, ce qui signifie que l'ensemble de l'espèce ne formerait qu'une seule population (Wirth et Bernatchez 2003). Par contre, jusqu'à maintenant, on connaît peu les caractéristiques génétiques des anguilles des régions du fleuve Saint-Laurent et de son estuaire.

Au cours des dernières décennies, on a observé une diminution importante des montaisons d'anguilles, particulièrement dans le Haut-Saint-Laurent et au lac Ontario (Caron *et al.* 2007). S'il est vrai que l'espèce n'est constituée que d'une seule population, une question se pose : la diminution draconienne de l'abondance des anguilles observée dans le Haut-Saint-Laurent est-elle une situation locale ou générale dans l'ensemble du territoire occupée par l'espèce. Si la diminution est généralisée, il faut que la réflexion sur

l'espèce soit globale; si la situation est particulière à la région du Haut-Saint-Laurent, il faut alors regarder de plus près quelles sont les causes possibles de cette situation dans la région concernée.

En dehors du Haut-Saint-Laurent, il existe peu d'information sur l'évolution récente des populations d'anguilles au Québec. C'est pourquoi nous avons recueilli le plus de données possible sur les anguilles d'une rivière à l'extérieur du Haut-Saint-Laurent où il semble que leur situation est plus susceptible de refléter l'état des stocks qui ne sont pas ou peu touchés par l'activité humaine. Une étudiante de l'Université Laval s'est jointe à notre équipe pour son projet de maîtrise. Les résultats ont servi à la rédaction de plusieurs articles scientifiques (Hedger *et al.* 2008; Jessop *et al.* 2008; Thibault *et al.* 2007a; Thibault *et al.* 2007b; Thibault 2006; Daverat *et al.* 2006).

2. ZONES D'ÉTUDE

La rivière Saint-Jean (48°46'08"N, 64°26'51"O) est située à l'extrémité est de la Gaspésie. Elle draine un bassin de 1 134 km² et la longueur de son cours principal, depuis l'estuaire jusqu'à sa source, est de 115 km (figure 1).

La rivière coule sur de la roche sédimentaire calcaire, ce qui contribue à donner une grande conductivité à l'eau et à maintenir le pH basique. L'écoulement de la rivière est rapide sur toute sa longueur, la granulométrie grossière et les faciès d'écoulement dominants sont les seuils. Dans la partie inférieure de son cours, la présence de la roche mère est importante, voire dominante dans plusieurs sections de la rivière. La superficie totale de la rivière a été estimée par photographie aérienne à 4,2 km². En amont de la limite de la zone d'influence des marées, à 5 km de la mer, la rivière se divise en un réseau de canaux dont les plus importants sont presque complètement obstrués par des embâcles naturels de troncs d'arbres. Finalement, la rivière forme un barachois de 5,4 km² pour ensuite se jeter dans la mer. Le barachois, peu profond, est soumis à l'influence des marées qui causent, entre autres, des variations de salinité. La végétation aquatique est présente dans une partie du barachois, l'autre partie étant constituée d'un fond sablonneux ou vaseux.

Cette rivière est non perturbée par l'homme, car il n'y a pas d'agriculture, d'industrie ou d'ensemble résidentiel sur ses rives. Il n'y a pas de tradition de pêche à l'anguille dans cette rivière ni d'ailleurs dans les autres rivières avoisinantes. L'anguille utilise l'ensemble du réseau hydrographique, y compris les lacs, la rivière, mais surtout l'estuaire, comme nous avons pu le découvrir au cours de cette étude.

L'anguille d'Amérique, le saumon atlantique (*Salmo salar*) et l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) sont les trois espèces les plus abondantes dans la rivière. De plus, on trouve quelques espèces telles que l'épinoche à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*), l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) et, plus rarement, le gaspareau (*Alosa pseudoharengus*). La lamproie marine (*Petromyzon marinus*) fraie aussi dans la rivière

Saint-Jean. Dans la partie estuarienne, on trouve également le choquemort (*Fundulus heteroclitus*), le fondule barré (*Fundulus diaphanus*), l'épinoche à quatre épines (*Apeltes quadracus*), l'épinoche à neuf épines (*Pungitius pungitius*) et, plus rarement, le poulamon atlantique (*Microgadus tomcod*), le hareng atlantique (*Clupea harengus*), le lançon d'Amérique (*Ammodytes americanus*), la merluche (*Urophycis sp.*) et le crapaud de mer nain (*Myoxocephalus aeneus*). La présence d'autres espèces est très rare ou limitée à des habitats particuliers.

3. ESTIMATION DU NOMBRE D'ANGUILLES EN DÉVALAISON PRINTANIÈRE

L'estimation du nombre de smolts en dévalaison sur la rivière Saint-Jean s'effectue depuis plus de 20 ans. Avant l'année 2001, il se capturait annuellement quelques centaines d'anguilles dans les pièges utilisés pour la capture de smolts lors de la dévalaison printanière. En 2001, la trappe en filet de type Pennsylvania a été remplacée par une trappe rotative installée dans le courant principal de la rivière. Dès la première année, plus de 800 anguilles ont été capturées et, la seconde, plus de 1 800 après que l'emplacement de la trappe eut été modifié. Cette trappe se révèle donc être beaucoup plus efficace pour la capture d'anguilles de tailles très variées. À partir de 2003, nous avons mis en place un protocole de travail pour nous permettre d'estimer le nombre d'anguilles en dévalaison au printemps.

3.1 Méthodologie

L'estimation du nombre d'anguilles en dévalaison printanière des anguilles s'effectue, en même temps que celle du nombre de smolts, par une méthode de « capture-marquage-recapture » (Fournier et Cauchon 2008). Une demi-barrière de comptage pour les smolts munie d'un piège sert d'engin dans la zone de capture au kilomètre 6 (kilomètre de rivière depuis l'eau saumâtre). Quelques anguilles y sont capturées, marquées (M) et relâchées, mais ce piège n'est pas très efficace pour la capture d'anguilles. Une trappe rotative d'un diamètre de 1,5 m est installée à 1,5 km plus en aval (kilomètre 4,5) pour permettre la capture (C) et le dénombrement d'individus recapturés (R). Pour pallier le faible nombre d'anguilles capturées dans la zone amont, on transporte en amont les anguilles non marquées capturées en aval, on les marque et les relâche dans la zone de capture afin d'augmenter le nombre d'anguilles marquées (M). L'estimation de l'ensemble de la population (N) en dévalaison se fait au moyen de l'estimateur de Petersen (modifié par Chapman 1951) de la façon suivante : $N = ((M + 1)(C + 1))/(R + 1)$ (Ricker 1980). La taille minimale et maximale de la population

d'anguilles en dévalaison est estimée à l'aide de l'intervalle de confiance de 95 % selon la formule décrite dans Ricker (1980).

Chaque anguille capturée est anesthésiée à l'aide d'une solution de clou de girofle (60 mg/l), mesurée, puis examinée pour déceler la présence de microétiquette à l'aide d'un détecteur en V (Northwest Marine Technology). Dans la négative, une microétiquette de 1 mm est implantée dans le muscle supravertébral droit à la base du début de la nageoire dorsale à l'aide d'un injecteur (modèle MKIV de la compagnie Northwest Marine Technology), puis l'ablation du bout de la nageoire caudale est effectuée à l'aide d'un ciseau afin de faciliter le repérage des individus marqués dans la zone de recapture. Les microétiqettes sont codées (*decimal coded wire tags*) au moyen de numéros séquentiels sur le fil, mais l'appareil coupe le fil légèrement plus long qu'un seul numéro. Nous conservons et lisons à la binoculaire une étiquette entre chaque anguille marquée, ce qui nous permet de connaître avec certitude le numéro des anguilles marquées. Lorsqu'une microétiquette est détectée chez une anguille marquée durant les années précédentes, celle-ci est sacrifiée. Nous prenons alors les mesures de longueur et de poids et nous déterminons le sexe chez les individus de plus de 200 mm, puis nous examinons le contenu stomacal, nous prélevons les otolithes et la microétiquette pour connaître les caractéristiques et la provenance des anguilles au moment de leur marquage. En 2004, nous avons prélevé et pesé certaines gonades et le sexe des anguilles a été validé au microscope.

En 2004, toutes les anguilles recapturées ont été conservées. À partir de 2005, les anguilles recapturées qui ont été marquées durant l'année en cours ont été relâchées à 1 km en aval de la trappe rotative afin qu'il soit possible de les recapturer dans les années futures, alors que les recaptures des années précédentes ont été conservées. La présence ou l'absence de régénérescence des tissus permet de déterminer si la marque de coupe de la nageoire caudale a été faite durant l'année en cours ou lors des années précédentes.

3.2 Résultats

3.2.1 Période de dévalaison

Le déclenchement de la dévalaison printanière coïncide avec le réchauffement printanier de la température et se produit habituellement lorsque la température moyenne de l'eau atteint environ 10 °C. De 2001 à 2007, les smolts dévalent entre la mi-mai et le 24 juin (figure 2).

3.2.2 Longueur des anguilles en dévalaison

La structure de la population d'anguilles en dévalaison printanière a été effectuée annuellement de 2003 à 2007 à partir de la longueur des anguilles capturées une première fois durant l'année en cours dans la trappe rotative. Nous avons exclu les anguilles capturées dans la demi-barrière de comptage, car celle-ci permet uniquement de capturer des anguilles de grande taille. Les fréquences de longueur sont très semblables de 2003 à 2007. Des anguilles de toutes tailles sont capturées, mesurant de 121 à 660 mm avec un mode se situant entre 240 et 290 mm. La longueur moyenne annuelle varie de 284 à 318 mm (figure 3).

3.2.3 Estimation du nombre d'anguilles en dévalaison

De 2003 à 2007, l'estimation du nombre d'anguilles en dévalaison a été effectuée par la méthode de capture-marquage-recapture. En 2002, une évaluation a été obtenue à partir du nombre de captures et du taux moyen de recaptures de 2003 à 2007, la trappe ayant été installée au même endroit durant toutes ces années. Le nombre d'anguilles qui ont migré vers l'estuaire a varié de 15 037 à 40 921 individus (tableau 1).

3.3 Discussion

La migration annuelle d'anguilles juvéniles entre l'eau douce et l'estuaire avait fait l'objet de certaines observations dans les provinces maritimes sans toutefois être quantifiée. La présente étude a permis de mesurer, pour la première fois, l'importance de ce phénomène. Le mouvement annuel de quelques dizaines de milliers d'anguilles dans une rivière de la dimension de la rivière Saint-Jean est sans doute un phénomène assez largement répandu en région maritime, comme le démontrent les captures accidentelles d'anguilles dans d'autres rivières qui font l'objet de travaux durant la période de dévalaison des smolts telles la rivière Bec-Scie (Île-d'Anticosti) (Caron et Raymond 1994), la rivière de la Trinité (Côte-Nord) (Fournier et Cauchon 2008), la Petite rivière de la Trinité (Fournier et Caron 2005) et la rivière Cascapédia (Caron *et al.* 2007).

La distribution de la taille des anguilles en dévalaison printanière a peu changé au cours des cinq années d'étude. Cela indique donc que le recrutement est relativement stable.

4. ESTIMATION DU NOMBRE D'ANGUILLES ARGENTÉES EN DÉVALAISON

Lorsque les anguilles ont complété leur phase de croissance, elles entreprennent une longue migration qui les mènera vers leur site de reproduction dans la mer des Sargasses. Les anguilles qui doivent parcourir une plus longue distance semblent entreprendre leur migration plus tôt en été, mais, au Québec, la presque totalité de la migration a lieu à la fin de l'été et au début de l'automne. Les anguilles subissent alors des transformations physiologiques et morphologiques; on les reconnaît alors particulièrement à leur couleur qui devient gris argenté, d'où le nom d'*anguilles argentées*.

Sur la rivière Saint-Jean, une partie de ces anguilles ont migré au printemps et sont déjà rendues à l'estuaire d'où elles peuvent entreprendre leur migration vers la mer. Nous n'avons pas, pour l'instant, de méthode nous permettant d'estimer la quantité d'anguilles qui migrent vers la mer. Toutefois, nous avons voulu connaître le nombre d'anguilles qui complètent leur cycle de vie en lac et en rivière ainsi que leurs caractéristiques au moment où elles entreprennent leur migration de reproduction.

4.1 Méthodologie

Le mode de capture et les méthodes de manipulation des anguilles sont les mêmes que durant la dévalaison printanière (voir section 2.1), exception faite que nous utilisons uniquement la trappe rotative comme engin de pêche. Essentiellement, les anguilles capturées sont marquées, déplacées vers l'amont puis relâchées de manière à pouvoir être recapturées, ce qui nous permet d'estimer l'abondance de la population.

4.2 Résultats

4.2.1 Période de dévalaison

L'estimation du nombre d'individus en dévalaison a été réalisée uniquement en 2004. La trappe a été installée le 7 septembre et les premières captures ont immédiatement eu lieu, atteignant même un sommet dans les jours qui ont suivi, soit du 9 au 11 septembre. Une pluie importante est survenue entre ces deux dates, ce qui a fait baisser la température de l'eau de 13,3 °C à 9,3 °C tout en faisant augmenter considérablement le niveau d'eau. Par la suite, les captures ont été moins nombreuses jusqu'à la fin des opérations, le 13 octobre (tableau 2).

4.2.2 Longueur des anguilles en dévalaison

Des anguilles dont la taille variait de 143 à 720 mm ont été capturées (figure 4). Nous considérons que les petites anguilles ne sont pas en migration de reproduction et nous avons retenu pour nos calculs uniquement les anguilles de plus de 320 mm pour estimer le nombre d'anguilles argentées en dévalaison. La taille moyenne des anguilles en dévalaison était de 427 mm et présentait deux modes : le premier à 350 mm et le second à 470 mm (figure 4). La taille moyenne de 12 mâles était de 352 mm et celle de 9 femelles, de 478 mm (figure 5). Il est à noter que le sexe de toutes les anguilles argentées, à l'exception d'une femelle, a été confirmé par observation microscopique des gonades.

4.2.3 Estimation du nombre d'anguilles en dévalaison

Le nombre d'anguilles en dévalaison de reproduction est estimé à 1 985 anguilles (807-3 969) (tableau 2). La précision de l'estimation est faible, mais donne tout de même un ordre de grandeur que nous croyons valable.

4.3 Discussion

Sur la Petite rivière de la Trinité, nous avons observé que la migration automnale se produisait vers la fin septembre (Fournier et Caron 2005). Contre toute attente, la migration était déjà amorcée lorsque nous avons installé notre trappe le 7 septembre; un certain nombre d'anguilles a sans doute migré avant le début de nos opérations. De plus, les anguilles prématures qui avaient dévalé au printemps ont pu compléter leur croissance à l'estuaire et partir de cet endroit pour la migration sans que nous puissions en évaluer le nombre.

Le fait que les mâles atteignent la maturité à un âge et à une taille inférieurs à ceux des femelles est un phénomène bien connu. En effet, des chercheurs tels que Smith (1913), Bigelow et Welsh (1925), Smith et Saunders (1955) et Vladykov (1966) ont observé cette situation, qui a pour conséquence que les mâles argentés sont généralement plus petits que les femelles argentées. Sur la rivière Saint-Jean, la taille moyenne des anguilles argentées présentait deux modes : un premier autour de 350 mm et un second autour de 470 mm. Ces modes correspondent très bien à la taille moyenne des mâles (premier mode) et des femelles (second mode). Ce phénomène a été observé dans maintes rivières, entre autres dans la rivière Annaquatucket au Rhode Island, où les mâles mesuraient 335 mm en moyenne alors que les femelles avaient une taille moyenne de 475 mm (Krueger et Oliveira 1997). Sur la Petite rivière de la Trinité, la taille moyenne des anguilles argentées mâles était semblable (376 mm), mais les femelles migraient à une taille plus élevée, soit de 600 à 800 mm (Fournier et Caron 2005).

5. ANGUILLES DE LA RIVIÈRE

La rivière est un habitat de transition entre l'estuaire et les lacs pour certaines anguilles et un habitat de croissance pour d'autres. Les techniques d'inventaire utilisables sont nombreuses (voir Nilo et Fortin 2001, chapitre 17), mais plusieurs ne s'appliquent qu'à des cours d'eau de petites dimensions et peuvent entraîner des biais selon la taille des individus. Si plusieurs méthodes permettent de réaliser des captures, peu de méthodes ont été mises au point pour estimer les densités d'anguilles dans ces milieux. La méthode la plus fréquemment utilisée en rivière est l'inventaire par pêche électrique.

5.1 Méthodologie

En 2004, nous avons voulu vérifier si des anguilles utilisaient l'habitat fluvial durant l'été. Pour ce faire, 18 stations ont été pêchées dans le cours principal de la rivière et 4 autres dans 3 tributaires. Ces stations ont été localisées dans des habitats jugés propices à la présence d'anguilles. La superficie standard de chaque station était de 100 m², mais elle était parfois un peu plus grande en fonction de la configuration de la station. Un piquet était placé à chacun des quatre coins de la station pour guider les déplacements de l'équipe, mais aucun filet n'était installé. Un pêcheur, accompagné de un ou deux assistants munis d'une puipe, effectuait un seul passage de l'aval vers l'amont, ce qui a permis d'obtenir une densité minimale d'anguilles par unité de superficie. Les anguilles capturées étaient sacrifiées afin que nous puissions récolter les otolithes et réaliser des mesures morphométriques. Le nombre d'anguilles vues mais non capturées de même que le nombre de tacons, d'alevins et d'autres espèces vus étaient notés. Les renseignements suivants sur la station d'inventaire étaient également notés : la position (latitude et longitude), les dimensions, la profondeur moyenne, la vitesse du courant et la granulométrie.

En 2005, nous avons effectué une comparaison des résultats de pêche à l'électricité et de ceux de la pêche au verveux dans une parcelle de la rivière où l'habitat était jugé approprié à l'anguille. La parcelle choisie mesurait 3 900 m² (260 m par 15 m); 6 verveux

à anguilles munis d'un guide de 15 m de longueur ont été installés avec un espacement de 20 m entre chaque verveux pendant 3 jours ($n = 4$) ou 6 jours ($n = 2$) consécutifs. Les captures par espèce étaient notées quotidiennement et les anguilles capturées étaient anesthésiées, mesurées, marquées par l'ablation du bout de la nageoire caudale et munies d'une microétiquette pour être ensuite relâchées à l'arrière de la trappe. Dans les 2 jours qui ont suivi la pêche au verveux, 2 stations de pêche à l'électricité de 100 m^2 ont été échantillonnées, côte à côte, à chaque endroit où il y avait un verveux : il y a donc eu 12 stations qui ont été pêchées à l'électricité. La même information qu'en 2004 a été notée.

5.2 Résultats

5.2.1 Pêche électrique en 2004 : peu d'anguilles en rivière durant l'été

Au total, 9 anguilles ont été capturées, toutes dans la section aval de la rivière, soit dans les 6 premiers kilomètres de rivière; la densité minimale a été estimée à 0,9 anguille par 100 m^2 (tableau 3).

Dans le ruisseau Sirois, une anguille a été capturée près du Petit lac Sirois. Dans les ruisseaux Bazire et Chesnaye, deux tributaires où l'eau demeure fraîche durant toute la saison, aucune anguille n'a été capturée malgré la recherche active d'anguilles en dehors même des stations d'échantillonnage.

5.2.2 Verveux et pêche électrique

En 2005, 10 anguilles ont été capturées durant les 24 jours de pêche au verveux dans la parcelle échantillon et aucune ne fut recapturée. À la pêche à l'électricité, 9 anguilles ont été capturées dans les 12 stations de cette même section de rivière, soit 0,8 anguille par 100 m^2 , ce qui porte à 31 le nombre d'anguilles estimé pour toute la section échantillonnée (tableau 4). Nous n'avons obtenu aucune recapture provenant des verveux malgré l'inventaire de $1\,200 \text{ m}^2$ d'habitat.

Dans ces circonstances, il est possible de tenter une estimation même si la précision est très faible (tableau 4) : le nombre d'anguilles est estimé à 110 (23-115).

5.3 Discussion

Dans la partie de rivière soumise à l'inventaire, il y a donc peu d'anguilles qui y demeurent durant l'été. Toutefois, la superficie de la rivière étant très grande, il est possible que nous n'ayons pas échantillonné d'habitats abritant une densité d'anguilles importantes. De ce fait, les données obtenues relatives à la densité pour quelques centaines de kilomètres carrés de rivière ne peuvent être extrapolées à l'ensemble du système.

L'estimation que nous avons faite du nombre d'anguilles présentes en rivière est une valeur minimale, puisque d'après Godfrey (1956), qui en vient à cette conclusion à la suite d'une étude sur l'abondance relative de l'anguille dans quatre rivières du Nouveau-Brunswick, l'efficacité de la pêche à l'électricité expérimentale permet en moyenne de récolter 83 % du nombre total d'anguilles lors de la première passe en section fermée.

Nous n'avons capturé aucune anguille dans les ruisseaux Bazire et Chesnaye où les températures atteignaient respectivement les 10 °C le 8 août et 13,5 °C le 12 août, alors que la température de la rivière Saint-Jean se tenait, durant cette même période, à 15 °C et 19 °C. Godfrey (1951) a remarqué la même situation dans les tributaires du système Petitpodiac où l'anguille était absente lorsque la température de l'eau était trop basse.

Si les anguilles marquées en 2005 sont demeurées dans la parcelle échantillon, les résultats laissent supposer au moins deux choses importantes : les méthodes de pêche électrique et au verveux sont peu efficaces pour faire une estimation de la densité d'anguilles en rivière et, étant donné le peu de recaptures, il y a plus d'anguilles présentes en rivière que l'on ne le croit. Une méthode d'échantillonnage de remplacement devrait être utilisée pour tenter de résoudre ce problème.

6. ANGUILLES EN LAC

Les anguilles peuvent se rendre en lac pour y effectuer une partie ou la totalité de leur croissance. Même s'il y a peu de lacs dans le système hydrographique de la rivière Saint-Jean, un inventaire a été fait afin d'obtenir une image plus complète de l'utilisation de cet habitat par l'anguille.

6.1 Méthodologie

Dans le bassin versant de la rivière Saint-Jean, on trouve 35 lacs dont 23 ont une superficie entre 1 et 5 ha et 12 de plus de 5 ha, le plus grand mesurant 27 ha. Quatre lacs localisés dans 4 sous-bassins versants furent choisis en fonction de leur taille et de leur accessibilité, soit le lac Ross (le plus grand) d'une superficie de 27 ha, le lac Sirois de 18 ha, le lac Bazire de 17 ha et le lac Pauline de 3 ha. Nous avons réalisé l'inventaire en juillet, une période où les déplacements d'anguilles semblent limités entre les diverses composantes du réseau hydrographique.

Dans chaque lac, 5 verveux spécialement conçus pour la capture d'anguilles de toutes tailles (figure 6) et 4 lignes de 4 bourroles appâtées avec du pain étaient installés à différents niveaux de profondeur de façon à couvrir l'ensemble du lac. Les trappes pouvaient être déplacées d'une journée à l'autre lorsque la grandeur du lac le justifiait. Les engins ont été retirés après une période de 2 ou 3 jours lorsqu'il n'y avait pas de capture dans les pièges.

Dans le lac Sirois, les engins ont été installés une première fois le 28 juillet pour une période de 8 jours afin que nous puissions effectuer la capture et le marquage des anguilles. Après une période de 3 jours sans pêche, une seconde campagne d'échantillonnage, cette fois de 5 jours, a été réalisée pour recapturer les anguilles et estimer leur abondance.

Les anguilles capturées étaient transportées sur la rive, anesthésiées, mesurées, marquées par la coupe du bout de la nageoire caudale et une microétiquette était implantée de la manière décrite à la section 2.1. Puis, les anguilles ont été relâchées près du lieu de capture. Les anguilles déjà marquées furent sacrifiées, la microétiquette extraite et lue à l'aide d'une binoculaire pour déterminer leur provenance (station) et la date de leur marquage. Les mesures de longueur et de poids, la détermination du sexe, lorsque cela est possible (individus de plus de 200 mm), et du contenu stomacal ainsi que le prélèvement des otolithes ont été effectués sur chaque anguille sacrifiée.

6.2 Résultats

Aucune anguille ne fut capturée malgré un effort de pêche de 15 jours/trappe et 48 jours/bourrole échelonnés sur 3 jours dans les lacs Ross et Bazire ainsi que 10 jours/trappe et 32 jours/bourrole répartis sur 2 jours au lac Pauline. L'effort de pêche semble avoir été suffisant pour conclure qu'il n'y a pas ou très peu d'anguilles dans ces lacs.

Dans le lac Sirois, un effort de pêche total de 65 nuits/trappe et de 208 nuits/bourrole échelonné sur 13 jours a permis la capture de 398 anguilles. Les 2 premiers jours, toutes les anguilles ($n = 51$) ont été sacrifiées; ces anguilles ont donc été exclues des calculs d'estimation. Ensuite, la pêche s'est déroulée en 2 temps, séparés d'un arrêt de 3 jours, et ce, pour permettre aux anguilles de se redistribuer avant que nous effectuions la recapture (tableau 5).

Des anguilles dont la taille variait de 144 à 601 mm ont été capturées (figure 7). Les caractéristiques des anguilles recapturées sont semblables à celles marquées, ce qui laisse supposer qu'il n'y a pas de biais entre les captures et les recaptures. De plus, la plupart des anguilles n'ont pas été recapturées à leur lieu de capture, ce qui permet de croire qu'il y a eu un bon mélange entre les périodes de pêche (tableau 6).

Le protocole de travail permet de faire l'estimation de la population au moyen de deux méthodes. L'estimation par la méthode de capture-marquage-recapture a été effectuée en ne considérant que les anguilles marquées durant la première période de pêche (M), les capturées durant la deuxième période (C) et les recaptures marquées durant la première période recapturées durant la deuxième période de pêche (R). Le nombre estimé est de 2 610 anguilles (1478-4473) pour une densité de 145 anguilles par hectare (tableau 5). L'estimation a aussi été tentée en utilisant le modèle M_0 développé par le Département de mathématiques et de statistique de l'Université Laval (Rivest et Lévesque 2001) selon la formule suivante :

$$N = n + (t - 1) \times f_1 \times (f_1 - 1) / (2 \times t \times (f_2 + 1))$$

Où f_1 = nombre d'anguilles capturées exactement une fois

f_2 = nombre d'anguilles capturées exactement deux fois

n = nombre d'anguilles capturées au moins une fois

t = nombre d'occasions de captures

Ce modèle est adapté pour l'estimation d'une population fermée et au faible taux de recapture. L'évaluation effectuée grâce à ce modèle est de 3 178 anguilles (2 379-3 977), soit 177 anguilles par hectare (tableau 5).

6.3 Discussion

La densité de 144 ou de 177 anguilles par hectare obtenue dans le lac Sirois, selon les deux modèles utilisés, est similaire à celles estimées aux lacs Tedford et Trefry's en Nouvelle-Écosse, soit 133 et 153 anguilles par hectare respectivement (Smith et Saunders 1955). Il s'agit donc de valeurs vraisemblables que nous pouvons utiliser dans le calcul de l'abondance de l'anguille en lac dans le réseau hydrographique.

L'absence apparente d'anguilles dans trois petits lacs incite toutefois à la prudence. Nous n'avons pas pour l'instant de variable explicative claire pour éclaircir cette situation. Dans le réseau hydrographique de la Petite rivière de la Trinité (Fournier et Caron 2005),

l'absence d'anguilles avait été observée seulement dans les lacs où il n'y a pas de poissons, ce qui n'est pas le cas pour ces lacs.

7. ANGUILLES DU BARACHOIS

Avant de se jeter à la mer, la rivière Saint-Jean se divise en de multiples canaux sur une distance d'environ 1 km de largeur et de 4 km de longueur. Ces canaux se jettent dans un barachois fermé par une flèche de sable, formée par les vagues de la baie de Gaspé. Une ouverture de 20 m sous un pont de chemin de fer permet la circulation de l'eau entre le barachois et la mer. Peu profond, soumis aux marées, le barachois est une zone d'eau saumâtre dans laquelle on ne trouve que peu d'espèces de poissons adaptées à ces conditions, mais leur abondance est habituellement assez grande. Ce type de barachois est assez fréquent à l'embouchure des rivières de la Gaspésie. En 2005, nous avons déterminé la quantité d'anguilles présentes en été dans le barachois.

7.1 Méthodologie

7.1.1 *Capture et marquage*

Au total, 9 verveux, conçues spécialement pour la capture d'anguilles, ont été installées de façon à couvrir tout le barachois : 3 trappes au sud du chenal, 4 trappes près de la rive nord et 2 trappes au nord du chenal dans la partie centrale du barachois (figure 8). La distance entre les trappes était de 350 à 800 m. La profondeur de l'eau variait de 30 cm à marée basse à 1,5 m à marée haute. Une équipe relevait quotidiennement les trappes à marée haute au moment où les déplacements en bateau étaient possibles. Les poissons étaient comptés par espèce, les anguilles conservées dans un vivier avant d'être transportées vers la rive pour y être marquées. Les autres espèces étaient relâchées sur place. L'équipe sur la rive procédait au marquage des anguilles. Chaque anguille était anesthésiée, mesurée et passée au détecteur pour déceler la présence d'une microétiquette. Une microétiquette était implantée dans les anguilles non marquées et le bout de la nageoire caudale était coupé. Après une période de récupération, elles étaient relâchées à 120 m de leur lieu de capture. Les anguilles déjà marquées étaient sacrifiées afin de récupérer la microétiquette pour en déterminer la provenance. Les mesures morphométriques habituelles, de même que le prélèvement des otolithes, étaient effectués

sur ces spécimens. Les détails concernant les trappes et leur installation se trouvent à la figure 6.

7.1.2 *Quantité d'anguilles présentes dans le barachois*

L'évaluation du nombre d'anguilles présentes dans le barachois a été effectuée par capture-marquage-recapture à l'aide du modèle M_0 (Rivest et Lévesque 2001) qui est adapté pour estimer une population fermée et au faible taux de recapture. L'analyse préliminaire a révélé que le traitement des données doit être effectué en fonction des lieux de capture et de la taille des anguilles.

Le barachois a donc été divisé en 4 strates d'échantillonnage en tenant compte des captures par unité d'effort (CPUE) de chaque trappe et des caractéristiques de l'habitat (figure 8). Le secteur 1 est caractérisé par un substrat constitué d'un peu de vase, de sable, de gravier et de bois mort. Dans cette strate, les CPUE présentent des valeurs intermédiaires. La strate 2 présente un fond vaseux, peu compact, et la végétation aquatique y est abondante, en particulier la zostère marine. Il s'agit de la strate qui présente, et de loin, la plus grande abondance d'anguilles. La strate 3, au centre du barachois, est un peu moins profonde et son substrat est constitué de vase compacte à peu compacte; la végétation et l'anguille y sont moins abondantes. La strate 4 comprend toute la zone au sud du chenal; son substrat est constitué de vase compacte à peu compacte, il y a peu de végétation et les CPUE présentent des valeurs intermédiaires. Enfin, un secteur près de la sortie du barachois est exclu des calculs, car il émerge régulièrement à marée basse et le fond est constitué de sable compact peu adapté à l'anguille.

7.2 Résultats

7.2.1 Capture

La pêche s'est effectuée du 7 au 27 juillet 2005 pour un total de 174 jours/trappes et a permis le marquage de 2314 anguilles dont 62 ont été recapturées (tableau 7). La CPUE varie de 4,4 à 32,2 anguilles par jour/trappe.

La fréquence de longueur des anguilles capturées et marquées présente une distribution normale (figure 9). Des anguilles de 70 à 795 mm ont été marquées et le mode se situe à 280 mm. Par contre, parmi les recaptures, nous ne comptons aucune anguille de moins de 245 mm et le mode est de 420 mm, deux éléments qui permettent de croire que la mobilité des anguilles est liée à leur taille.

7.2.2 Petites anguilles

Malgré le marquage de 403 petites anguilles de moins de 245 mm, aucune n'a été recapturée. Cela indique que la distance de 120 m entre la trappe et leur lieu de relâche était trop grande pour leur permettre de franchir cette distance pendant la durée de nos travaux. En considérant que les déplacements des petites anguilles sont limités et que les CPUE sont relativement élevées, nous pouvons croire que les anguilles de cette taille doivent être assez abondantes dans l'estuaire, mais les données ne nous permettent pas d'en faire une estimation valable.

7.2.3 Anguilles de taille moyenne

En ce qui concerne les 1 234 anguilles de taille moyenne (de 245 à 420 mm) marquées, toutes celles qui ont été recapturées ($n = 25$), à une exception près, l'ont été dans la trappe où elles avaient été initialement capturées et relâchées, ce qui laisse supposer que leurs déplacements n'étaient pas assez importants pour qu'elles puissent être recapturées dans les autres trappes (tableau 8). Nous considérons que le rayon d'action de ces anguilles se

limite à 120 m (0,045km²). Des évaluations d'abondance pour chaque trappe ont donc été effectuées en utilisant une superficie d'efficacité de 0,045 km². L'estimation d'abondance totale des trappes d'un secteur rapportée sur la superficie totale de chaque secteur permet d'obtenir l'évaluation du nombre d'anguilles présentes dans ce secteur. La sommation de celles-ci permet d'obtenir l'évaluation pour l'ensemble du barachois, qui est de 271 431 anguilles de taille moyenne, ce qui correspond à une densité de 645 anguilles par hectare (tableau 9).

7.2.4 *Grandes anguilles*

Nous avons également marqué 680 grandes anguilles (de 420 mm et plus), ce qui a donné lieu à la recapture de 35 individus dont 14 dans une trappe autre que celle où elles avaient été initialement marquées et relâchées, mais toujours dans le même secteur. Le calcul de l'estimation du nombre de grandes anguilles est donc effectué en utilisant le total des marquages et des recaptures de toutes les trappes par secteur. L'évaluation globale est obtenue par la sommation des estimations d'abondance de chaque secteur, soit un total de 8 554 grandes anguilles.

7.2.5 *Estimation du nombre d'anguilles de 245 mm et plus*

L'estimation du nombre total d'anguilles de 245 mm et plus présentes dans le barachois durant l'étude est de 279 985 (665 anguilles par hectare) (tableau 9).

C'est dans le secteur 2 que les anguilles ont été les plus abondantes. L'habitat à cet endroit est constitué de végétation qui y est plus abondante que dans le reste du barachois; la zostère marine domine dans ce secteur. Le substrat est constitué de vase moins compacte, ce qui permet aux anguilles de s'y enfouir. De plus, c'est le secteur où le choquemort (*Fondulus heteroclitus*) et le fondule barré (*Fundulus diaphanus*) sont les plus abondants (tableau 10). Ils représentent des proies fortement appréciées des anguilles d'après les contenus stomacaux examinés. Nous avons compté 143 choquemorts et fondules dans les 105 estomacs examinés, ce qui représente 88 % de la consommation de

poisson chez les anguilles du barachois. Des crustacés et des mollusques faisaient également partie de leur régime, mais dans des proportions beaucoup plus faibles.

7.3 Discussion

L'anguille d'Amérique est considérée comme commune ou très abondante dans les 59 estuaires inventoriés de la côte est des États-Unis (Nelson *et al.* 1991; Stone *et al.* 1994; Jury *et al.* 1994). Le fait d'y trouver un substrat meuble, des masses de végétaux ainsi que des abris divers constitués d'arbres morts favorise l'installation de l'anguille (Perlmutter 1951; Godfrey 1951; Facey et Van Den Avyle 1987).

L'estimation totale de l'abondance des anguilles comporte une certaine incertitude, mais demeure toutefois dans les limites des observations faites lors de ce projet et des études antérieures. La zostère marine que l'on trouve dans une partie du barachois, en anglais *grass eel*, est très souvent associée à de bons habitats pour l'anguille et nos données confirment ce fait.

L'estimation de l'abondance des anguilles de plus de 245 mm dépasse donc le quart de million pour le seul barachois, ce qui peut paraître élevé en regard de ce qui est observé dans les passes migratoires du Haut-Saint-Laurent, mais demeure largement dans l'ordre des observations faites dans les estuaires le long de la côte atlantique, qui sont des habitats similaires. Les observations effectuées par notre équipe dans l'estuaire de la rivière York (données non publiées) laissent également supposer une abondance élevée de l'anguille et corroborent donc les résultats obtenus pour la rivière Saint-Jean. Il apparaît donc évident que les rivières de la Gaspésie et leurs estuaires offrent des habitats de haute qualité pour l'anguille et que les densités d'anguilles qui s'y trouvent sont impressionnantes.

8. CARACTÉRISTIQUES ET ÂGE DES ANGUILLES

8.1 Méthodologie

8.1.1 *Prises des mesures morphométriques*

En 2004, un échantillonnage au hasard a été effectué pour échantillonner des anguilles dans les différents sites de capture. Aussi, en 2004 et en 2005, les anguilles recapturées étaient systématiquement gardées pour récupérer la microétiquette. Ces anguilles (2004 : $n = 308$, 2005 : $n = 109$) étaient placées dans une solution anesthésiante d'huile de clou de girofle suffisamment longtemps pour mourir. Elles étaient ensuite mesurées (mm) et pesées (0,1 g), et l'examen des gonades permettait de déterminer le sexe chez les anguilles de plus grande taille ($n = 341$). La plupart des anguilles de moins de 200 mm et la moitié des anguilles de 200 à 250 mm n'ont pu être sexées. Les gonades étaient prélevées et pesées ($n = 198$). Le contenu stomacal était également identifié. Ensuite, les otolithes étaient prélevés ($n = 417$) et placés dans une fiole contenant un mélange d'alcool et de glycérine 1:1.

8.1.2 *Détermination de l'âge*

La détermination de l'âge est un élément clé pour comprendre la dynamique d'une population de poissons. Chez l'anguille, nous utilisons les otolithes pour déterminer l'âge, ce qui n'est pas une chose simple. Ces structures sont petites et les techniques de préparation sont déterminantes pour pouvoir effectuer la lecture et la notation de l'âge avec le plus de précision possible. L'annexe I présente en détail le protocole pour rendre compte de l'évolution de la technique que nous utilisons, technique acquise et améliorée considérablement au cours des dernières années pour permettre d'augmenter la vitesse de préparation et d'obtenir des estimations d'âge fiables et détaillées.

8.2 Résultats

8.2.1 Âge

Les lectures d'âges ont été effectuées sur 285 anguilles capturées en 2004 et en 2005 dont 115 ont été capturées en rivière (82 en dévalaison printanière, 21 en dévalaison automnale et 12 en pêche électrique), 130 dans le barachois et 40 dans le lac Sirois. Pour chacun de ces échantillons, les caractéristiques de longueur et de poids ainsi que le facteur de condition, par groupe d'âge et de sexe, sont présentées aux tableaux 11 à 15.

Le taux de croissance d'une anguille peut varier à plusieurs reprises au cours de la vie de celle-ci, ce qui fait en sorte que pour une même cohorte, on trouve une gamme de tailles assez grande. La croissance est toutefois très différente entre les divers habitats (figure 10 et tableau 16). On sait que les anguilles du lac Sirois effectuent leur croissance essentiellement en eau douce, alors que les anguilles du barachois ont effectué leur croissance soit entièrement en eau saumâtre, soit en partie en eau douce et en partie en eau saumâtre. La croissance des anguilles du barachois est indéniablement plus rapide que celles des anguilles qui vivent en eau douce. À l'âge de 5 ans, les anguilles du barachois sont plus grandes de 26 % que celles du lac Sirois et cette différence augmente à 37 % à l'âge de 10 ans.

Les anguilles capturées sont âgées de 2 à 24 ans, la grande majorité (89 %) ayant de 4 à 15 ans. Seulement 2 % des anguilles sont âgées de plus de 15 ans. Le nombre de mâles échantillonnés est faible et ne permet pas de conclusion définitive. Toutefois, il semble que leur croissance soit assez semblable à celle des femelles (figures 11 et 12).

L'âge moyen des anguilles argentées était de 10 ans ($n = 11$) pour les mâles et de 12 ans ($n = 7$) pour les femelles.

8.3 Discussion

La taille des anguilles est très variable pour un âge donné. L'analyse Sr:Ca a permis de mettre en lumière que dans un même réseau hydrographique, nous sommes en présence d'anguilles dont la croissance a lieu dans des habitats variables pour des périodes plus ou moins longues, ce qui explique en bonne partie ces différences de taille.

Les mâles migrent habituellement à une taille et à un âge inférieurs à ceux des femelles. L'étendue des tailles et des âges des femelles argentées d'une multitude de sites en Amérique du Nord est de 320 à 1 123 mm et de 7 à 25 ans, alors qu'elle est de 282 à 438 mm et de 3 à 10 ans pour les mâles (Nilo et Fortin 2001). C'est également ce phénomène que nous avons observé sur la Petite rivière de la Trinité (Fournier et Caron 2005). Toutefois, dans le cas de la Saint-Jean, les anguilles femelles migrent à une taille et à un âge inférieurs que celles de la Petite rivière de la Trinité.

9. ANGUILLES PORTEUSES D'UNE MICROÉTIQUETTE

Depuis 2004, la grande majorité des anguilles capturées lors des différentes études sur l'anguille du bassin versant de la rivière Saint-Jean ont été marquées au moyen d'une microétiquette qui identifie chaque individu selon la méthode décrite à la section 2.1. Comme les anguilles demeurent longtemps dans le réseau hydrographique, certaines anguilles ont été recapturées dans les années subséquentes et il est à prévoir qu'il sera possible de capturer des anguilles marquées au cours des prochaines années, particulièrement au printemps, alors que nous évaluons annuellement la dévalaison des smolts sur cette rivière. Ces recaptures apportent des renseignements très intéressants sur les déplacements et la croissance des anguilles, ce qui nous aide à suivre l'évolution de la situation de l'anguille dans cette rivière.

9.1 Nombre d'anguilles marquées : près de 8 000

Un total de 7 875 anguilles ont été marquées au moyen d'une microétiquette durant les travaux de 2004 à 2007 (tableau 17). De ce nombre, 276 ont été recapturées et sacrifiées pour la lecture de la microétiquette dont 84 ont été recapturées l'année suivante de leur marquage (27 marquées en 2004, 30 en 2005 et 27 en 2006), 43 anguilles ont été recapturées 2 ans après leur marquage (22 marquées en 2004 et 21 en 2005) et 10 anguilles ont été recapturées 3 ans après leur marquage en 2004.

9.2 Croissance des anguilles recapturées

Les anguilles marquées et recapturées au printemps ont été retenues pour le calcul de la croissance, ce qui permet de calculer la croissance sur une base annuelle. Ces anguilles ont été marquées durant la dévalaison printanière ou dans le barachois. Après 1 an, la croissance de 65 anguilles varie de 15 à 70 mm pour une moyenne de 39 mm par an (figure 13). Après 2 ans, la croissance de 37 anguilles varie de 37 à 144 mm pour une moyenne de 95 mm (48 mm par an), alors qu'après 3 ans, la croissance de 10 anguilles

varie de 109 à 173 mm pour une moyenne de 141 mm (47 millimètres par an). La croissance en longueur augmente légèrement en fonction de la taille des anguilles.

9.3 Discussion

Le taux moyen de croissance annuelle pour les régions plus nordiques varie de 27 à 74 mm par an (entre autres, Gray et Andrews 1971; Hurley 1972), ce qui correspond aux données obtenues sur la rivière Saint-Jean. La croissance annuelle des anguilles de quelques rivières du Rhode Island et de la Caroline du Sud est similaire à ce que nous avons observé (Nilo et Fortin 2001). Bieder (1971) a même démontré que la croissance des anguilles dans les eaux saumâtres du Rhode Island est comparable à celle du Canada. Les taux de 39 à 48 mm par an sont tout de même relativement faibles parce que l'échantillon est constitué, en majeure partie, de petites anguilles alors que la croissance en longueur et en poids augmente avec la taille des anguilles (Nilo et Fortin 2001).

Nous notons des écarts importants de croissance entre les individus. Il faut prendre en considération que toutes les anguilles ne croissent pas dans le même habitat et nous avons observé que celles dont une partie importante de la croissance se fait en estuaire ont une croissance plus rapide que celles qui demeurent en eau douce (Thibault 2006).

À l'avenir, les anguilles recapturées seront ajoutées à ce graphique afin que nous puissions mieux connaître la croissance à plus long terme et améliorer l'équation de la tendance.

10. DÉPLACEMENT DES ANGUILLES

En 2004, des anguilles ont été munies d'un émetteur afin de suivre leurs déplacements dans la rivière et l'estuaire. Les résultats de cette portion de l'étude sont présentés en détail dans Thibault (2006) et Thibault *et al.* (2007a) dont voici les grandes lignes.

10.1 Méthodologie

10.1.1 Captures

Au total, 40 anguilles ont été capturées pour faire un suivi télémétrique. Dix-sept ont été capturées dans la rivière durant la dévalaison printanière dans les engins de capture et de recapture. Toutes les autres anguilles ont été capturées dans les verveux (sauf une dans une bourrole) installés dans le barachois : 7 en juin dans un canal situé au nord, 6 au début du mois de juillet dans la portion nord-est du barachois et 10 autres dans le même secteur à la fin août-début septembre. La longueur des anguilles marquées variait de 491 à 640 mm.

10.1.2 Chirurgie

Les anguilles ont été anesthésiées dans une solution d'huile de clou de girofle à une concentration de 120 mg/l. Le temps moyen nécessaire pour une anesthésie complète était de 20 minutes. Avant l'intervention, les anguilles étaient pesées ($\pm 0,1$ g) et mesurées (± 1 mm). Les anguilles étaient ensuite placées sur un support de plastique en forme de V, préalablement désinfecté et incliné de sorte que la tête soit légèrement plus basse que le reste du corps. La tête et les branchies baignaient constamment dans une solution d'huile de clou de girofle diluée et un gant chirurgical avait été installé à l'extrémité du support dans le but de maintenir la tête en position et d'atténuer la lumière. Les instruments, l'émetteur et l'abdomen de l'anguille étaient désinfectés avec une solution de chlorexidine 0,5 %. Une incision d'environ 15 mm était ensuite pratiquée à l'aide d'un scalpel stérile dans la partie postérieure de l'abdomen environ 10 mm à

l'avant de l'anus. L'émetteur acoustique (CAFT8_5, 32 mm de long, 8,5 mm de diamètre, 4,0 g dans l'air, durée de vie de 35 jours) était alors délicatement inséré vers l'avant dans la cavité abdominale. L'incision était finalement refermée au moyen de trois points de suture triples (monofilament PDS stérile, non fondant). Pour prévenir l'infection, un antibiotique (oxytétracycline, 50 mg / kg de masse corporelle) était ensuite injecté à travers l'incision entre les points de suture. Les anguilles ont été relâchées près de leur site de capture en moyenne moins de 2 heures après leur réveil complet.

10.1.3 Suivi télémétrique

Le suivi des déplacements des anguilles s'est effectué de deux façons. La première consistait à enregistrer leur passage quelques kilomètres en aval de la trappe rotative et à la sortie du barachois grâce à deux stations de télémétrie fixes. Chacune était constituée de deux hydrophones et d'un récepteur. De façon générale, ces stations ont été en fonction 24 heures par jour, de la fin mai à la mi-octobre.

Les anguilles ont également été suivies par télémétrie mobile. Il s'agissait de localiser les anguilles à l'aide d'un hydrophone installé dans un canot (rivière) ou un bateau à moteur (barachois), lors de transects continus de 8 heures maximum. Le suivi mobile a eu lieu environ tous les 3 jours en rivière, du 13 mai au 5 juillet, et presque tous les jours dans le barachois du 2 juin au 11 octobre. En raison de la faible profondeur du barachois, le suivi s'est fait presque exclusivement durant les marées hautes, plus particulièrement celles de nuit, dont l'amplitude était plus élevée.

Pour chaque anguille localisée, les renseignements suivants étaient notés : le numéro de l'émetteur, les coordonnées GPS, la date, l'heure, la salinité, la température de l'eau, le type de substrat et la profondeur. L'erreur associée au positionnement GPS a été évaluée à environ 7 m dans le barachois.

10.2 Résultats

Nous suspectons la mort ou la perte de l'émetteur pour 3 anguilles, de même qu'un bris de l'émetteur pour un individu. Parmi les 17 anguilles marquées en rivière, 7 ont migré jusque dans le barachois alors que 6 sont demeurées dans la rivière, principalement en aval de la première station fixe. Quatre des 17 anguilles marquées en rivière ont été perdues après leur passage à cette même station fixe et n'ont pas été retrouvées dans le barachois. Nous soupçonnons qu'elles se sont réfugiées dans le secteur des canaux qui nous était inaccessible en raison des embâcles. Quant aux 23 anguilles marquées dans le barachois, 17 y sont demeurées alors que 6 n'ont plus été repérées. Elles ont aussi pu se réfugier dans les canaux ou encore quitter le barachois vers la mer. La majorité des anguilles localisées dans le barachois l'ont été dans le secteur 2 (figure 8), ce qui corrobore les observations faites lors du microétiquetage des anguilles.

10.3 Discussion

Le suivi télémétrique des anguilles a clairement démontré que la plupart des anguilles en dévalaison printanière quittent bel et bien la rivière afin d'aller s'alimenter dans le barachois. Le retour des anguilles vers l'eau douce n'a pas été démontré lors de cette étude, mais dans un projet complémentaire sur la rivière York, nous avons observé que le retour en eau douce se fait en septembre pour une partie des anguilles alors que d'autres demeurent vraisemblablement dans l'estuaire pour l'hiver.

Leurs déplacements sont essentiellement nocturnes et la majorité d'entre elles retourne s'enfouir quotidiennement au même site durant la période diurne.

11. PATRON DE MIGRATION DES ANGUILLES JAUNES

Il est généralement admis que les anguilles demeurent en eau douce jusqu'au moment de leur migration pour la reproduction. Toutefois, l'étude des anguilles de la rivière Saint-Jean évoque une tout autre histoire, puisque des anguilles jaunes ont été capturées en abondance dans le barachois saumâtre et que le suivi télémétrique a confirmé la présence d'une migration printanière de la rivière vers le barachois. Afin de mieux cerner l'utilisation des milieux d'eau douce et saumâtre par les anguilles de la rivière Saint-Jean, des analyses microchimiques ont été réalisées sur les otolithes.

Les otolithes sont de petites structures calcaires situées dans l'oreille interne des poissons, formées par la précipitation du carbonate de calcium (CaCO_3) sur une matrice protéique (Campana 1999). Il arrive parfois que d'autres éléments traces se substituent au calcium (Ca), comme le strontium (Sr) qui présente une valeur ionique similaire. Puisque la concentration en strontium augmente généralement avec la salinité, le ratio molaire Sr:Ca est en moyenne 4,8 fois plus élevé en eau salée qu'en eau douce (Campana 1999). Ainsi, il est possible d'utiliser le Sr:Ca enregistré dans l'otolithe au fur et à mesure de la croissance du poisson afin de retracer son histoire environnementale, c'est-à-dire dans quels types d'habitats a eu lieu sa croissance. Cette technique a déjà été utilisée avec succès pour étudier l'histoire de vie de différentes espèces de poissons dont l'anguille.

Les résultats présentés dans cette section sont une synthèse des travaux de Thibault (2006) et Thibault *et al.* (2007b).

11.1 Méthodologie

Au total, 162 anguilles de 135 mm et plus, capturées dans les différents secteurs de la rivière Saint-Jean en 2004, ont été sélectionnées pour l'étude microchimique de leurs otolithes. Après extraction, chaque otolithe était nettoyé à l'eau distillée pour minimiser la contamination chimique, séché à l'air, puis conservé dans une fiole en plastique. Tous ces otolithes ont été envoyés dans un laboratoire de l'Université nationale de Taiwan où

des collaborateurs ont effectué l'ensemble des analyses. De façon très synthétisée, ils ont mesuré les concentrations de strontium et de calcium tous les 10 micromètres le long d'un transect reliant le centre de l'otolithe (nucléus) à sa bordure.

En se basant sur la documentation existante et sur des analyses microchimiques effectuées sur d'autres espèces de poissons dans la rivière Saint-Jean, on a défini qu'un ratio Sr:Ca d'environ 4×10^{-3} sur l'otolithe marquait la limite entre la croissance en eau douce et celle en eau saumâtre, cette dernière étant associée aux valeurs plus élevées.

11.2 Résultats

Trois grandes catégories d'histoire de vie ont été observées chez les 162 anguilles analysées. La première consiste en une croissance exclusive en eau douce dès la deuxième année de vie. Dans notre échantillon, 20 % des anguilles étaient des résidentes d'eau douce : 15 provenaient du lac Sirois et 18 avaient été capturées dans la rivière dont 11 durant la dévalaison automnale.

La seconde catégorie comprend les anguilles qui n'ont jamais fait l'expérience de l'eau douce, mais qui ont plutôt passé toute leur vie dans le barachois saumâtre. Les résidentes d'eau saumâtre constituaient 38 % de l'échantillon. Comme nous nous y attendions, plusieurs d'entre elles ($n = 29$) ont été capturées dans le barachois, mais étonnamment, un nombre encore plus élevé de résidentes en eau saumâtre avaient été échantillonnées en rivière durant la dévalaison printanière ($n = 32$).

La dernière catégorie englobe les anguilles amphidromes, c'est-à-dire les anguilles qui ont exploité les deux types d'habitat au cours de leur vie. Les anguilles amphidromes sont les plus représentées dans notre échantillon avec une proportion de 42 %. On distingue dans cette étude quatre types de patron de migration chez ces anguilles : 1) les anguilles qui sont demeurées en eau saumâtre plus de 2 ans avant de migrer définitivement en rivière ($n = 27$), 2) les anguilles qui sont entrées en rivière très tôt (avant l'âge de 2 ans) et qui y sont demeurées quelques années avant de migrer définitivement dans le barachois

(n = 10), 3) les anguilles qui ont fait comme les précédentes, mais qui sont retournées en rivière après quelques années (n = 3) et 4) les anguilles qui ont migré fréquemment entre les deux milieux sans patron distinctif (n = 28).

11.3 Discussion

Les analyses microchimiques des otolithes ont démontré qu'il existait plusieurs patrons de migration chez les anguilles de la rivière Saint-Jean et que la résidence en eau douce pourrait s'avérer un comportement plutôt marginal par rapport à l'utilisation partielle ou exclusive du milieu saumâtre.

Plusieurs anguilles avec un signal Sr:Ca de résidence en eau saumâtre ont été capturées en rivière durant la dévalaison printanière, ce qui laisse croire que leur croissance aurait eu lieu exclusivement en eau saumâtre. Ces résultats sont tout à fait contradictoires avec le lieu de capture de ces anguilles. Une hypothèse a été proposée pour expliquer ces observations. Il est possible que les anguilles capturées durant la dévalaison printanière soient des anguilles qui migrent annuellement entre la rivière (pour l'hivernation) et le barachois (pour l'alimentation estivale). Puisqu'en hiver la faible température de l'eau ralentit, voire inhibe la croissance des anguilles, et donc celle des otolithes, seule la croissance en eau saumâtre serait enregistrée sur l'otolithe, ce qui explique les valeurs élevées de Sr:Ca.

12. CONCLUSION

L'anguille d'Amérique est un poisson dont la biologie est encore mal connue au Québec comme dans le reste de l'Amérique du Nord. Comme c'est souvent le cas dans pareilles situations, les croyances sont toutefois fortement ancrées dans les esprits et il est difficile de changer certains paradigmes, même après l'acquisition de nouvelles connaissances qui vont à l'encontre des idées reçues jusqu'à maintenant.

Au Québec, l'anguille a fait l'objet d'une exploitation traditionnelle, surtout dans le haut estuaire et dans la partie d'eau douce du Saint-Laurent, mais sa biologie est particulièrement peu connue dans toute la partie est de son aire de distribution. Nos travaux démontrent hors de tout doute qu'il faudrait pourtant s'y intéresser, puisque c'est là que semblent résider, et de loin, les populations les plus abondantes.

Les travaux sur la Petite rivière de la Trinité (Fournier et Caron 2005), sur la rivière Cascapédia (Caron *et al.* 2007), sur la York (données non publiées) indiquent toutes que l'anguille est fortement présente dans l'est du Québec. Les milieux lacustres, fluviaux et saumâtres sont utilisés et la croissance des anguilles qui fréquentent l'eau saumâtre est nettement plus élevée que celle des anguilles en eau douce. Le cycle de vie est souvent complexe, l'anguille utilisant un ou l'autre ou encore les deux milieux pour y croître durant des périodes variables de sa vie.

La présence de mâles, bien que plus faible que celle des femelles, est bien confirmée sur la Côte-Nord et en Gaspésie alors qu'ils sont absents des populations dans la partie amont du Saint-Laurent. L'âge et la taille à la migration sont toutefois inférieurs à ce que l'on observe pour les femelles.

Ces observations sur l'abondance et les caractéristiques de ces anguilles, qui les différencient de celles du Haut-Saint-Laurent, soulèvent la question suivante : l'anguille est-elle panmictique comme on l'affirme généralement? Comment alors expliquer qu'elle se fait rare dans la partie amont du Saint-Laurent alors que son abondance semble

importante dans les rivières et estuaires plus à l'est? Comment expliquer les caractéristiques différentes de ces populations, ne serait-ce que la présence d'une certaine proportion de mâles à l'est alors qu'ils sont absents en amont? Nous ne pouvons qu'émettre, pour l'instant, des hypothèses, mais il apparaît évident qu'il faut revoir, en particulier, l'hypothèse de la panmixie. Il faut également examiner la qualité de l'habitat, qui pourrait avoir été altéré au cours des dernières décennies dans le Haut-Saint-Laurent alors qu'il est demeuré relativement intact dans la partie aval.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tous les membres de l'équipe de terrain dont les noms sont mentionnés dans la section « Équipe de réalisation ». Nous remercions aussi monsieur Julian J. Dodson de l'Université Laval, qui a supervisé l'étudiante à la maîtrise. Merci également aux collaborateurs de Taiwan qui ont réalisé les analyses Sr:Ca sur les otolithes : messieurs Wann-Nian Tzeng, Yoshiyuki Iizuka, Jen-Chieh Shiao. Enfin, nous remercions les organismes qui ont contribué financièrement au projet, soit l'Université Laval, le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec et le Groupe Québec-Océan.

GLOSSAIRE

Leptocéphale	C'est la période larvaire de l'anguille qui se développe dans l'océan. Elle prend la forme de feuille de laurier et est transparente. Elle atteint au maximum 69 millimètres en approchant le talus continental après une période de vie océanique de 1 à 2 ans.
Civelle (<i>elver</i>)	Ce stade se situe après une métamorphose complète du leptocéphale. La civelle a l'apparence définitive de l'anguille à l'exception de la pigmentation qui est absente au début du stade et qui apparaît graduellement, ce qui fait disparaître toute trace de transparence. C'est à ce stade que l'anguille colonise les milieux continentaux.
Anguillette	Il s'agit de la jeune anguille dont la pigmentation mélanique est terminée, soit lors de la première ou deuxième année qui suit son arrivée en eau douce. Les gonades ne sont pas encore développées. Dans ce rapport, ce terme désigne les anguilles de 120 mm ou moins.
Anguille jaune (<i>yellow eel</i>)	L'anguille est résidente et la pigmentation jaunâtre est apparue. C'est une phase d'engraissement, de différenciation sexuelle et de maturation des gonades. Dans ce rapport, ce terme désigne les anguilles de plus de 120 mm.
Anguille argentée (<i>silver eel</i>)	Il s'agit de l'anguille en dévalaison qui quitte l'eau douce et se dirige vers la mer pour la migration de reproduction. La pigmentation devient argentée et acquiert un reflet métallique.

Information tirée de Nilo et Fortin 2001.

LISTE DES RÉFÉRENCES

- ALBERT, V., B. JONSSON et L. BERNATCHEZ. 2006. Natural hybrids in Atlantic eels (*Anguilla anguilla*, *A. rostrata*): evidence for successful reproduction and fluctuating abundance in space and time. *Molecular Ecology* 15: 1903-1916.
- BIEDER, R. C. 1971. Age and growth in the American eel, *Anguilla rostrata* (LeSueur), in R. I. M. Sc. Thesis in Zoology, University of Rhode Island, Kingston. R. I. 42 p.
- BIGELOW, H. B. et W. W. Welsh. 1925. Fishes of the Gulf of Maine. *Bulletin of the U. S. Bureau of Fisheries* 40(1): 78-83.
- CAMPANA, S. E. 1999. Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications. *Marine Ecology Progress Series* 188: 263-297.
- CARON, F., P. DUMONT, Y. MAILHOT et G. VERREAULT. 2007. L'anguille, une situation préoccupante. *Le Naturaliste canadien* 131(1): 59-66.
- CARON, F., D. FOURNIER et V. CAUCHON. 2007. Travaux de recherche sur le saumon de la rivière Cascapédia en 2005 et 2006. Direction de la recherche sur la faune, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. 70 p.
- CARON, F. et C. RAYMOND. 1994. Rapport d'opération de la rivière Bec-Scie en 1993. Direction de la faune et ses habitats, Service de la faune aquatique, Ministère de l'Environnement et de la Faune. 55 p.
- CHAPMAN, D. G. 1951. Some properties of the hypergeometric distribution with applications to zoological sample censuses. *Univ. Calif. Publ. Stat.* 1: 131-160.
- DAVERAT, F., K. E. LIMBURG, I. THIBAUT, J.-C. SHIAO, J. J. DODSON, F. CARON, W.-N. TZENG, Y. IIZUKA et H. WICKSTRÖM. 2006. Phenotypic plasticity of habitat use by three temperate eel species *Anguilla anguilla*, *A. japonica* and *A. rostrata*. *Marine Ecology Progress Series* 308: 231-141.
- FACEY, D. E. et M. J. VAN DEN AVYLE. 1987. Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (North Atlantic) - American eel. U. S. Fish. Wildlife Service Biological Report No. 82 (11.74). U. S. Army Corps of Engineers, TR EL-82-4. 28 p.
- FOURNIER, D. et F. CARON. 2005. Travaux de recherche sur l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) de la Petite rivière de la Trinité en 2001 et synthèse des travaux de 1999 à 2001. Direction de la recherche sur la faune, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. 81 p.

- FOURNIER, D. et V. CAUCHON. 2008. Travaux de recherche sur le saumon des rivières Saint-Jean et de la Trinité en 2007. Direction de la recherche sur la faune, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. 73 p.
- GODFREY, H. 1951. A report on the eel investigations for 1950-51. Fisheries Research Board of Canada, Manuscript Reports of the Biological Stations No. 439. 38 p.
- GODFREY, H. 1956. Catches of fish in New Brunswick streams by direct current electrofishing. Canadian Fish Culturist 19: 1-8.
- GRAY, R. W. et C. W. ANDREWS. 1971. Age and growth of the American eel (*Anguilla rostrata* (LeSueur)) in Newfoundland waters. Canadian Journal of Zoology 49: 121-128.
- HEDGER, R. D., P. M. ATKINSON, I. THIBAUT et J. J. DODSON. 2008. A quantitative approach for classifying fish otolith strontium: calcium sequences into environmental histories. Ecological informatics 3: 207-217.
- HELFMAN, G. S., E. L. BOZEMAN et E. B. BROTHERS. 1984. Size, age and sex of American eels in a Georgia River. Trans. Am. Fish. Soc. 113: 132-141.
- HURLEY, D. A. 1972. The American eel (*Anguilla rostrata*) in Eastern Lake Ontario. Journal of Fisheries Research Board of Canada 29: 535-543.
- JESSOP, B. M., D. K. CAIRNS, I. THIBAUT, W.-N. TZENG. 2008. Life history of American eel *Anguilla rostrata*: new insights from otolith microchemistry. Aquatic Biology 1: 205-216.
- JURY, S. H., J. D. FIELD, S. L. SONE, D. M. NELSON et M. E. MONACO. 1994. Distribution and abundance of fishes and invertebrates in North Atlantic estuaries. ELMR Report No. 13. NOAA/NOS Strategic Environmental Assessments Division, Silver Spring, MD. 221 p.
- KRUEGER, W. H. et K. OLIVEIRA. 1997. Sex, size and gonad morphology of silver American eels *Anguilla rostrata*. Copeia 2: 415-420.
- LECOMTE-FINIGER, R. 1983. Modifications morphométriques et énergétiques au cours de la pigmentation de la civelle transparente d'*Anguilla anguilla* (L. 1758). Vie et Milieu 33: 87-92.
- MCCLEAVE, J. D. 1987. Migration of *Anguilla* in the ocean: signposts for adults! Signposts for leptocephali? p. 102-117. In HERRNKIND, W. F. et A. B. THISTLE (eds.). Signposts in the Sea. Florida State University, Tallahassee, Florida. 210 p.

- NELSON, D. M., M. E. MONACO, E. A. IRLANDI, L. R. SETTLE et L. COSTOM-CLEMENTS. 1991. Distribution and abundance of fishes and invertebrates in Southeast estuaries. ELMR Report No. 9. NOAA1NOS Strategic Environmental Assessments Division, Rockville, MD. 177 p.
- NILO, P. et R. FORTIN. 2001. Synthèse des connaissances et établissement d'une programmation de recherche sur l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*). Université du Québec à Montréal, Département des sciences biologiques pour la Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune. 298 p.
- PERLMUTTER, A. 1951. An aquarium experiment on the American eel as a predator on larval lampreys. *Copeia* 2: 173-174.
- RICKER, W. E. 1980. Calcul et interprétation des statistiques biologiques des populations de poissons. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 191F: 409 p.
- RIVEST, L.-P. et T. LÉVESQUE. 2001. Improved log-linear model estimators of abundance in capture-recapture experiments. *The Canadian Journal of Statistics* 29(4): 555-572.
- SMITH, H. M. 1913. The mysterious life of the common eel. *National Geographic Magazine* 24: 1140-1146.
- SMITH, M. W. et J. W. SAUNDERS. 1955. The American eel in certain freshwaters of the maritime provinces of Canada. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* 12(2): 238-269.
- STONE, S. L., T. A. LOWERY, J. D. FIELD, S. H. JURY, D. M. NELSON, M. E. MONACO, C. D. WILLIAMS et L. ANDREASEN. 1994. Distribution and abundance of fishes and invertebrates in mid-Atlantic estuaries. ELMR Report No. 12. NOAA/NOS Strategic Environmental Assessments Division, Silver Springs, MD. 280 p.
- TESCH, F.-W. 1977. *The eel: biology and management of anguillids eels*. Chapman and Hall, London. 437 p.
- THIBAUT, I. 2006. Étude du comportement migratoire de l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) dans la rivière Saint-Jean (Gaspé). Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec. 89 p.
- THIBAUT, I., J. J. DODSON et F. CARON. 2007a. Yellow stage American eel (*Anguilla rostrata*) movements determined by microtagging and acoustic telemetry in the Saint Jean River watershed, Gaspé (Qc, Canada). *Journal of Fish Biology* 71: 1095-1112.

- THIBAUT, I., J. J. DODSON, F. CARON, W.-N. TZENG, Y. IIZUKA et J.-C. SHIAO. 2007b. Facultative catadromy in American eels: testing the conditional strategy hypothesis. *Marine Ecology Progress Series* 344: 219-229.
- VLADYKOV, V. D. 1966. Remarks on the American eel (*Anguilla rostrata* LeSueur). Sizes of elvers entering streams; the relative abundance of adult males and females; and present economic importance of eels in North America. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 16: 1007-1017.
- WIRTH, T. et L. BERNATCHEZ. 2003. Decline of North Atlantic eels: a fatal synergy? *Proc. The Royal Society Lond. B* 270: 681-688.

TABLEAUX

Tableau 1. Captures et estimation du nombre d'anguilles en dévalaison printanière dans la rivière Saint-Jean de 2001 à 2007

Année	Marquées (M)	Capturées (C)	Recapturées (R)	N minimum	N	N maximum
2001		858	Estimation impossible, site de capture différent			
2002		1 881	Selon taux moyen de 2003 à 2007			
2003	775	790	14	25 042	40 921	65 797
2004	899	1 001	34	18 588	25 766	35 610
2005	919	996	60	11 725	15 037	19 265
2006	2 054	2 418	238	18 034	21 203	23 970
2007	715	804	36	11 346	15 578	22 084

Tableau 2. Capture et recapture d'anguilles argentées en dévalaison automnale (> 320 mm) dans la rivière Saint-Jean en 2004

Date	Marquées (M)	Capturées (C)	Recapturées (R)
09-08	3	4	
09-09	7	8	
09-10	41	47	1
09-11	17	26	1
09-12	2	2	
09-13 et 14			
09-15	1	1	
09-16 au 20			
09-21	1	1	
09-22		1	1
09-23 et 24			
09-25		1	
09-26 au 10-02			
10-03	1	1	
10-04	1	1	
10-05			
10-06	1	1	
10-07	1	1	
10-08 et 09			
10-10	2	3	
10-11	1	1	
10-12	1	1	
10-13		1	
Total	80	97	3

Évaluation :

M	C	R	N min.	N	N max.
80	97	3	807	1 985	3 969

Note : les données en italique ne font pas partie de l'évaluation, aucun marquage n'ayant été fait avant le 09-08.

Tableau 3. Résultats des pêches à l'électricité de l'anguille dans la rivière Saint-Jean en 2004

Site	Nb stations	Superficie pêchée (m ²)	Nb captures	Nb captures/100 m ²
Aval de Home Pool	9	1 050	9	0,9
Amont de Home Pool	9	1 050	0	0,0
Ruisseau Bazire	1	100	0	0,0
Ruisseau Chesnaye	1	100	0	0,0
Ruisseau Sirois	2	340	1	0,3
Total	22	2 640	10	0,4

Tableau 4. Comparaison de l'efficacité de la pêche au verveux et de la pêche à l'électricité dans une parcelle de la rivière Saint-Jean en 2005

Station	Superficie échantillonnée : 3 900 m ²					
	Verveux			Pêche électrique		
	Nb captures	Nb jours-pêche	Nb captures/jour-pêche	Nb captures	Superficie pêchée (m ²)	Nb captures/100 m ²
RIV4	4	6	0,7	2	200	1,0
RIV4A	1	3	0,3	2	200	1,0
RIV4B	1	3	0,3	1	200	0,5
RIV4C	0	3	0,0	1	200	0,5
RIV4D	2	3	0,7	3	200	1,5
RIV5	2	6	0,3	0	200	0,0
Total	10	24	0,4	9	1 200	0,8

Évaluation par pêche électrique :39 unités de 100 m² * 0,8 anguille = **31 anguilles****Évaluation par capture (verveux)-recapture (pêche électrique) :**

M trappe	C électrique	R électrique	N min.	N	N max.
10	9	0	23	110	115

Tableau 5. Détails des captures et des calculs de l'estimation du nombre d'anguilles dans le lac Sirois en 2004

Date	Capturées	Marquées	Recapturées période 1	Recapturées période 2	Échantillonnées
04-07-28	23				23
04-07-29	28				28
04-07-30	35	34			1
04-07-31	35	34			1
04-08-01	23	22			1
04-08-02	26	26			
04-08-03	26	23	1		3
04-08-04	9	8	1		1
Total	119	147	2		58
04-08-08	15	15			
04-08-09	39	36	3		3
04-08-10	37	32	3	1	5
04-08-11	43	39	2	2	4
04-08-12	59	57	2		2
Total	193	179	10	3	14
Grand total	312	326	12	3	72

: les anguilles capturées du 28 au 30 juillet sont exclues des totaux et du calcul de l'estimation MCR, alors que celles du 28 et du 29 juillet sont exclues dans le modèle M_0 , aucune anguille n'étant marquée.

Évaluation par la méthode de capture-recapture :

M : anguilles marquées durant la première période de pêche.

C : anguilles capturées durant la deuxième période de pêche.

R : anguilles marquées durant la première période de pêche et recapturées durant la deuxième.

M	C	R	N min	N	N max
147	193	10	1 478	2 610	4 473

lac Sirois = 18,0 ha

145 anguilles/ha

Estimation du lac Sirois (modèle M_0)

f1 =	317	n d'anguilles capturées exactement 1 fois
f2 =	15	n d'anguilles capturées exactement 2 fois
n =	332	n d'anguilles capturées au moins 1 fois
t =	11	n d'occasions de captures
c =	9,57	facteur intervenant dans le calcul de la variance
varc =	5,57	
N =	3 178	177 anguilles/ha
Erreur type (N) =	799	(modifiée par Rivest et Lévesque [2001])
cv =	25,14%	

Tableau 6. Comparaison entre la station de marquage et celle de recapture pour chaque anguille recapturée dans le lac Sirois en 2004

Trappe	Anguilles marquées	Recaptures Lac Sirois 2004	Trappe de recapture (station)								
			V1	V2	V3	V4	PV	B1	B2	B3	B4
V1	81	1	1								
V2	110	2			1	1					
V3	54	4	2		2						
V4	60	7	2	3		1				1	
PV	17	1		1							
B1	2	0									
B2	1	0									
B3	0	0									
B4	1	0									
Total	326	15	5	4	3	2	0	0	0	1	0

Tableau 7. Captures et recaptures d'anguilles par station dans le barachois de la rivière Saint-Jean en 2005

Station	Anguilles marquées (M)	Recaptures du barachois 2005 (R)	Recaptures marquées			Conservées non marquées	Captures totales manipulées (C)	Échappées	Captures totales	Effort de pêche (jour/trappe)	CPUE
			à la rivière en 2005	au barachois en 2004	à la rivière en 2004						
N1	201	15	1	1	1	1	220		220	20	11,0
N2	408	12	1		1		422	4	425	20	21,3
N3	604	26	3	1	1	1	636	7	643	20	32,2
N4	160				1		161		161	20	8,1
N5	356	7	2	1			366	2	368	19	19,4
N6	64					1	65	1	66	15	4,4
S1	94		1				95		94	20	4,7
S2	222		2				224	2	225	20	11,3
S3	205	2				1	208	1	209	20	10,5
Total	2 314	62	10	3	4	4	2 397	17	2 411	174	13,9

une anguille recapturée provenant de la rivière 2005 et qui a ensuite été marquée et relâchée au barachois n'est incluse qu'une seule fois dans les captures totales.

Tableau 8. Comparaison entre la station de marquage et celle de recapture pour chaque anguille recapturée dans le barachois de la rivière Saint-Jean en 2005

Trappe	Anguilles marquées	Recaptures au barachois 2005	Trappe de recapture (station)									
			N1	N2	N3	N4	N5	N6	S1	S2	S3	
N1	201	15	15									
N2	408	10		5	3			2				
N3	604	30		6	22			2				
N4	160											
N5	356	4		1	1			2				
N6	64											
S1	94											
S2	222											
S3	205	2										2
Inconnu		1						1				
Total	2 314	62	15	12	26			7				2

Tableau 9. Estimation du nombre d'anguilles présentes dans le barachois de la rivière Saint-Jean en juillet 2005

Secteur	Trappe	Nb anguilles marquées	Nb anguilles recapturées	Nb anguilles estimées	Se* (N)	Superficie échantil. (km ²)	Superficie secteur (km ²)	Nb anguilles totales	Se* (N)	Nb anguilles/ hectare
Anguilles de 245 à 419 mm										
1	N1	81	7	402	129	0,05	0,49	4 351	1 397	89
2	N2	225	2	8 064	4 024	0,05				
	N3	368	13	4 632	1 186	0,05				
	N5	198	2	6 233	3 109	0,05				
	Total			18 929	5 222	0,14	1,01	140 869	38 862	1 395
3	N4	70	0	2 364	1 668	0,05				
	N6	30	0	436	306	0,05				
	Total			2 800	1 696	0,09	1,67	51 681	31 304	309
4	S1	43	0	901	635	0,05				
	S2	113	0	6 125	4 326	0,05				
	S3	106	1	2 700	1 554	0,05				
	Total			9 726	4 640	0,14	1,04	74 530	35 556	717
Total des secteurs :							4,21	271 431	61 290	645
Anguilles de 420 mm et plus										
1	N1	50	8	141	40	0,49	0,49	141	40	3
2	N2-3-5	460	26	3 766	700	1,01	1,01	3 766	700	37
3	N4-6	53	0	1 362	960	1,67	1,67	1 362	960	8
4	S1-2-3	117	1	3 285	1 892	1,04	1,04	3 285	1 892	32
Total des secteurs :							4,21	8 554	2 234	20
Total d'anguilles (245 mm et +) :							4,21	279 985	61 331	665

* Se (N) représente l'erreur type modifiée par Rivest et Lévesque (2001).

Tableau 10. Capture d'espèces non visées dans le barachois de la rivière Saint-Jean en 2005

Secteur	Station	Épinoche 3-4-9 épines	Choquemort et fondule	Crevette sp.	Merluche sp.	Lançon d'Amérique	Ombre de fontaine	Tacon de saumon
1	N1	8 459	10 185	196	0	0	1	1
	N2	6 985	9 200	89	1	0	0	0
2	N3	6 415	12 604	120	5	0	0	0
	N5	6 010	6 540	445	5	1	0	0
3	N4	18 440	97	2 430	6	1	1	0
	N6	5 070	1 024	106	0	0	0	0
4	S1	9 360	228	470	4	0	1	0
	S2	23 173	199	1 290	1	0	0	0
	S3	21 551	213	8 724	35	3	1	0
Total		105 463	40 290	13 870	57	5	4	1

Tableau 11. Caractéristiques des anguilles capturées en **dévalaison printanière** dans la rivière Saint-Jean en 2004 et en 2005

Âge Sexe	4				5				6			
	F	M	Ind.	Tous	F	M	Ind.	Tous	F	M	Ind.	Tous
Nombre	2	1	2	5	3	1	1	5	13	1	1	15
Longueur moyenne	209	249	187	208	255	246	174	237	287	260	252	283
Minimum	202	249	176	176	245	246	174	174	244	260	252	244
Maximum	216	249	197	249	274	246	174	274	331	260	252	331
Poids moyen	10,8	17,7	8,0	11,0	18,9	16,8	6,8	16,1	26,7	19,2	18,2	25,6
Minimum	10,5	17,7	6,8	6,8	15,7	16,8	6,8	6,8	16,5	19,2	18,2	16,5
Maximum	11,0	17,7	9,2	17,7	23,3	16,8	6,8	23,3	40,3	19,2	18,2	40,3
Facteur de condition	1,2	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1
Minimum	1,1	1,1	1,2	1,1	1,0	1,1	1,3	1,0	0,9	1,1	1,1	0,9
Maximum	1,3	1,1	1,2	1,3	1,2	1,1	1,3	1,3	1,4	1,1	1,1	1,4

	7			8			9	10			11	12	13	24
	F	M	Tous	F	M	Tous	F	F	M	Tous	F	F	F	F
Nombre	5	2	7	16	2	18	11	10	1	11	5	3	1	1
Longueur moyenne	286	308	292	330	305	327	344	448	304	435	478	467	565	619
Minimum	252	285	252	240	294	240	278	276	304	276	354	425	565	619
Maximum	358	330	358	508	315	508	390	589	304	589	622	541	565	619
Poids moyen	26,6	37,3	29,6	45,3	33,7	44,0	49,2	142,6	36,4	132,9	177,8	142,6	347,6	357,1
Minimum	16,5	26,6	16,5	14,5	28,7	14,5	25,8	21,1	36,4	21,1	44,9	91,4	347,6	357,1
Maximum	51,9	48,1	51,9	158,6	38,7	158,6	88,4	307,7	36,4	307,7	339,8	237,3	347,6	357,1
Facteur de condition	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,9	1,5
Minimum	0,9	1,1	0,9	1,0	1,1	1,0	0,9	1,0	1,3	1,0	1,0	1,2	1,9	1,5
Maximum	1,2	1,3	1,3	1,3	1,2	1,3	1,5	1,5	1,3	1,5	1,7	1,5	1,9	1,5

Tableau 12. Caractéristiques des anguilles capturées en **dévalaison automnale** dans la rivière Saint-Jean en 2004

Âge Sexe	5			6	8	9			10			
	F	Ind.	Tous	M	M	F	M	Tous	F	M	Ind.	Tous
Nombre	1	1	2	2	1	1	2	3	3	2	1	6
Longueur moyenne	225	249	237	343	329	405	360	375	422	369	269	379
Minimum	225	249	225	336	329	405	343	343	405	361	269	269
Maximum	225	249	249	350	329	405	376	405	451	377	269	451
Poids moyen	16,1	18,9	17,5	70,6	61,5	95,3	82,0	86,4	128,4	88,1	23,2	97,5
Minimum	16,1	18,9	16,1	68,8	61,5	95,3	72,7	72,7	96,9	83,1	23,2	23,2
Maximum	16,1	18,9	18,9	72,3	61,5	95,3	91,2	95,3	155,8	93,1	23,2	155,8
Facteur de condition	1,4	1,2	1,3	1,8	1,7	1,4	1,8	1,7	1,7	1,8	1,2	1,6
Minimum	1,4	1,2	1,2	1,7	1,7	1,4	1,7	1,4	1,5	1,7	1,2	1,2
Maximum	1,4	1,2	1,4	1,8	1,7	1,4	1,8	1,8	1,9	1,8	1,2	1,9

Âge Sexe	11			13	14	15	23
	F	M	Tous	M	M	M	F
Nombre	2	1	3	1	1	1	1
Longueur moyenne	558	347	488	332	340	359	603
Minimum	539	347	347	332	340	359	603
Maximum	577	347	577	332	340	359	603
Poids moyen	290,5	80,3	220,4	57,4	59,1	73,6	359,1
Minimum	240,2	80,3	80,3	57,4	59,1	73,6	359,1
Maximum	340,8	80,3	340,8	57,4	59,1	73,6	359,1
Facteur de condition	1,7	1,9	1,7	1,6	1,5	1,6	1,6
Minimum	1,5	1,9	1,5	1,6	1,5	1,6	1,6
Maximum	1,8	1,9	1,9	1,6	1,5	1,6	1,6

Tableau 13. Caractéristiques des anguilles capturées en **été** dans la rivière Saint-Jean en 2004 et en 2005

Âge Sexe	3	4	5		7	11		12	16	20		
	Ind.	Ind.	F	Ind.	Tous	Ind.	F	M	Tous	F	F	F
Nombre	1	2	1	1	2	1	1	2	3	1	1	1
Longueur moyenne	135	179	286	148	217	207	309	350	336	290	456	489
Minimum	135	149	286	148	148	207	309	332	309	290	456	489
Maximum	135	209	286	148	286	207	309	367	367	290	456	489
Poids moyen	3,7	8,1	27,7	6,2	17,0	14,3	48,5	58,1	54,9	33,7	117,9	271,6
Minimum	3,7	4,7	27,7	6,2	6,2	14,3	48,5	46,9	46,9	33,7	117,9	271,6
Maximum	3,7	11,5	27,7	6,2	27,7	14,3	48,5	69,3	69,3	33,7	117,9	271,6
Facteur de condition	1,5	1,3	1,2	1,9	1,5	1,6	1,6	1,3	1,4	1,4	1,2	2,3
Minimum	1,5	1,3	1,2	1,9	1,2	1,6	1,6	1,3	1,3	1,4	1,2	2,3
Maximum	1,5	1,4	1,2	1,9	1,9	1,6	1,6	1,4	1,6	1,4	1,2	2,3

Tableau 14. Caractéristiques des anguilles capturées dans le lac Sirois en 2004

Âge Sexe	5	6			7			8	9	10		
	F	F	Ind.	Tous	F	Ind.	Tous	Ind.	F	F	M	Tous
Nombre	1	3	3	6	5	2	7	1	4	2	1	3
Longueur moyenne	216	246	213	229	327	232	300	218	338	329	323	327
Minimum	216	204	195	195	268	197	197	218	268	310	323	310
Maximum	216	313	242	313	423	267	423	218	375	347	323	347
Poids moyen	13,9	21,4	13,9	17,7	53,6	18,3	43,5	18,7	62,9	50,0	54,2	51,4
Minimum	13,9	11,9	10,2	10,2	25,7	8,9	8,9	18,7	26,6	40,8	54,2	40,8
Maximum	13,9	39,2	19,8	39,2	104,4	27,7	104,4	18,7	95,0	59,2	54,2	59,2
Facteur de condition	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	1,3	1,4	1,8	1,5	1,4	1,6	1,5
Minimum	1,4	1,2	1,4	1,2	1,3	1,2	1,2	1,8	1,4	1,4	1,6	1,4
Maximum	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,8	1,8	1,4	1,6	1,6

Âge Sexe	11	12			13	14	15	16	17	20
	F	F	M	Tous	F	F	F	F	F	F
Nombre	3	2	1	3	1	1	4	2	1	3
Longueur moyenne	373	410	374	398	448	438	522	482	476	488
Minimum	332	382	374	374	448	438	436	454	476	452
Maximum	394	437	374	437	448	438	572	510	476	552
Poids moyen	81,7	110,3	90,6	103,7	159,0	119,8	249,1	166,5	194,1	195,5
Minimum	60,2	79,7	90,6	79,7	159,0	119,8	118,9	131,8	194,1	145,7
Maximum	94,5	140,8	90,6	140,8	159,0	119,8	321,1	201,1	194,1	261,7
Facteur de condition	1,6	1,6	1,7	1,6	1,8	1,4	1,7	1,5	1,8	1,7
Minimum	1,5	1,4	1,7	1,4	1,8	1,4	1,4	1,4	1,8	1,6
Maximum	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,4	1,8	1,5	1,8	1,8

Tableau 15. Caractéristiques des anguilles capturées dans le **barchois** de la rivière Saint-Jean en 2004 et en 2005

Âge Sexe	2		3			4			5			6		
	Ind.	Ind.	F	Ind.	Tous	F	M	Ind.	Tous	F	M	Tous		
Nombre	8	1	2	5	7	3	2	2	7	7	2	9		
Longueur moyenne	96	133	200	196	197	272	288	213	259	301	318	305		
Minimum	91	133	176	173	173	245	265	205	205	247	307	247		
Maximum	100	133	223	211	223	314	310	220	314	414	329	414		
Poids moyen	0,9	2,7	12,4	10,1	10,8	33,1	36,3	10,5	27,6	40,0	49,7	42,1		
Minimum	0,8	2,7	7,5	7,7	7,5	21,9	29,3	10,1	10,1	18,3	39,5	18,3		
Maximum	1,2	2,7	17,2	12,5	17,2	54,9	43,2	10,9	54,9	97,8	59,8	97,8		
Facteur de condition	1,1	1,1	1,5	1,4	1,4	1,5	1,5	1,1	1,4	1,3	1,5	1,4		
Minimum	0,9	1,1	1,4	1,2	1,2	1,3	1,5	1,0	1,0	1,1	1,4	1,1		
Maximum	1,3	1,1	1,6	1,6	1,6	1,8	1,6	1,2	1,8	1,5	1,7	1,7		

Âge Sexe	7	8	9	10	11		12	13	14	
	F	F	F	F	F	M	Tous	F	F	
Nombre	8	26	22	15	16	1	17	6	2	2
Longueur moyenne	343	389	447	514	492	554	496	544	528	611
Minimum	275	260	291	379	406	554	406	480	511	590
Maximum	399	495	589	651	608	554	608	637	545	632
Poids moyen	61,0	93,4	170,5	263,5	241,7	376,0	249,6	300,4	253,1	451,0
Minimum	25,6	21,2	33,9	83,3	106,8	376,0	106,8	150,9	253,1	386,5
Maximum	85,0	195,9	490,1	592,5	528,6	376,0	528,6	497,7	253,1	515,5
Facteur de condition	1,5	1,5	1,7	1,7	1,9	2,2	1,9	1,8	1,9	2,0
Minimum	1,2	1,1	1,1	1,4	1,4	2,2	1,4	1,3	1,9	1,9
Maximum	1,8	2,2	2,8	2,3	2,4	2,2	2,4	2,2	1,9	2,0

Tableau 16. Répartition des âges (%), selon les classes de longueur et les secteurs de capture, des anguilles de la rivière Saint-Jean en 2004 et en 2005

Classes de longueur	n	Âge (%)																							
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Dévalaison printanière																									
151-200	3			67	33																				
201-250	8			38	38	13		13																	
251-300	24				4	42	21	25	4	4															
301-350	18					22	6	33	28	11															
351-400	14						7	29	36	14	14														
401-450	2																								
451-500	3																								
501-550	4							25																	
551-600	4																								
601-650	2																								
																									50
Barachois																									
51-100	8	100																							
101-150	1		100																						
151-200	3			100																					
201-250	8			50	38	13																			
251-300	9				22	44	11	11	11																
301-350	14				14	21	29	36																	
351-400	19						16	63	16	5															
401-450	20					5		15	35	15	30														
451-500	16							31	25	13	19	13													
501-550	17								35	24	18	12	12												
551-600	9								11	22	44	11													
601-650	5									40	20	20													
651-700	1										100														
Lac Sirois																									
151-200	2					50	50																		
201-250	6				17	67		17																	
251-300	5							80		20															
301-350	6					17			17	50	17														
351-400	7						14		29		29	29													
401-450	5						20						20	20	20	20									
451-500	4																25	25						50	
501-550	2																50	50							
551-600	3																67								33

Tableau 17. Nombre d'anguilles porteuses d'une microétiquette selon leur lieu et leur année de marquage et de recapture

	Année, lieu et nombre d'anguilles recapturées ¹											Grand total	
	Nombre de marquées	2004			2005				2006	2007			
		Dévalaison printanière	Barachois	Lac Sirois	Dévalaison automnale	Total	Dévalaison printanière	Barachois	Rivière	Total			Dévalaison printanière
2004													
Dévalaison printanière	913	33	1		1	35	17	2		19	19	10	83
Barachois	650	0	6			6	3	3		6	2		14
Lac Sirois	325					15							15
Dévalaison automnale	104				4	4		2		2	1		7
Total 2004	1 992	33	7	15	5	60	20	7		27	22	10	119
2005													0
Dévalaison printanière	708						11	3	1	15	20	17	52
Barachois	2 258							61		61	10	3	74
Rivière	22											1	1
Total 2005	2 988						11	64	1	76	30	21	127
2006													
Dévalaison printanière	2 158										3	27	30
Total 2006	2 158										3	27	30
2007													
Dévalaison printanière	737											0	0
Total 2007	737											0	0
Grand total	7 875	33	7	15	5	60	31	71	1	103	55	58	276

Note¹ : le nombre d'anguilles recapturées comprend seulement les anguilles retirées de la rivière et sacrifiées pour la lecture de la microétiquette. À partir de 2005, la majorité des anguilles marquées et recapturées la même année en dévalaison printanière sont relâchées vivantes.

Dévalaison printanière : trappe rotative ou demi-barrière de comptage de dévalaison installées en rivière respectivement à 4,5 et à 6 km de la mer en mai et en juin.

Barachois : verveux avec guide de 15 m installés dans le barachois entre juin et octobre 2004 et en juillet 2005.

Lac Sirois : verveux avec guide de 15 m installés dans le lac Sirois en juillet et en août.

Rivière : verveux avec guide de 15 m et stations de pêche électrique installés dans la partie aval de la rivière (de 3 à 6 km de la mer).

Dévalaison automnale : trappe rotative installée en rivière à 4,5 km de la mer en septembre et en octobre.

FIGURES

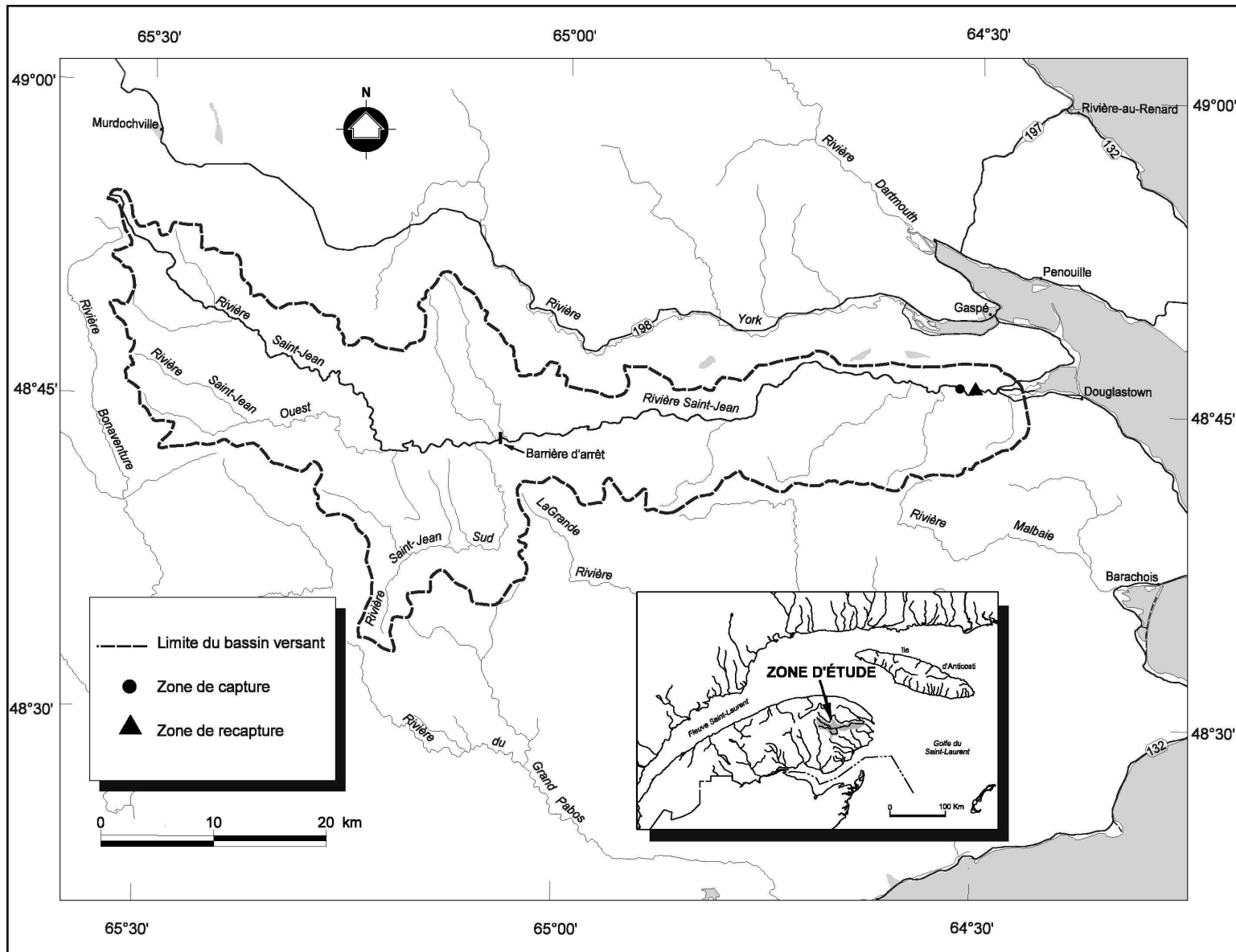


Figure 1. La rivière Saint-Jean dans son contexte géographique

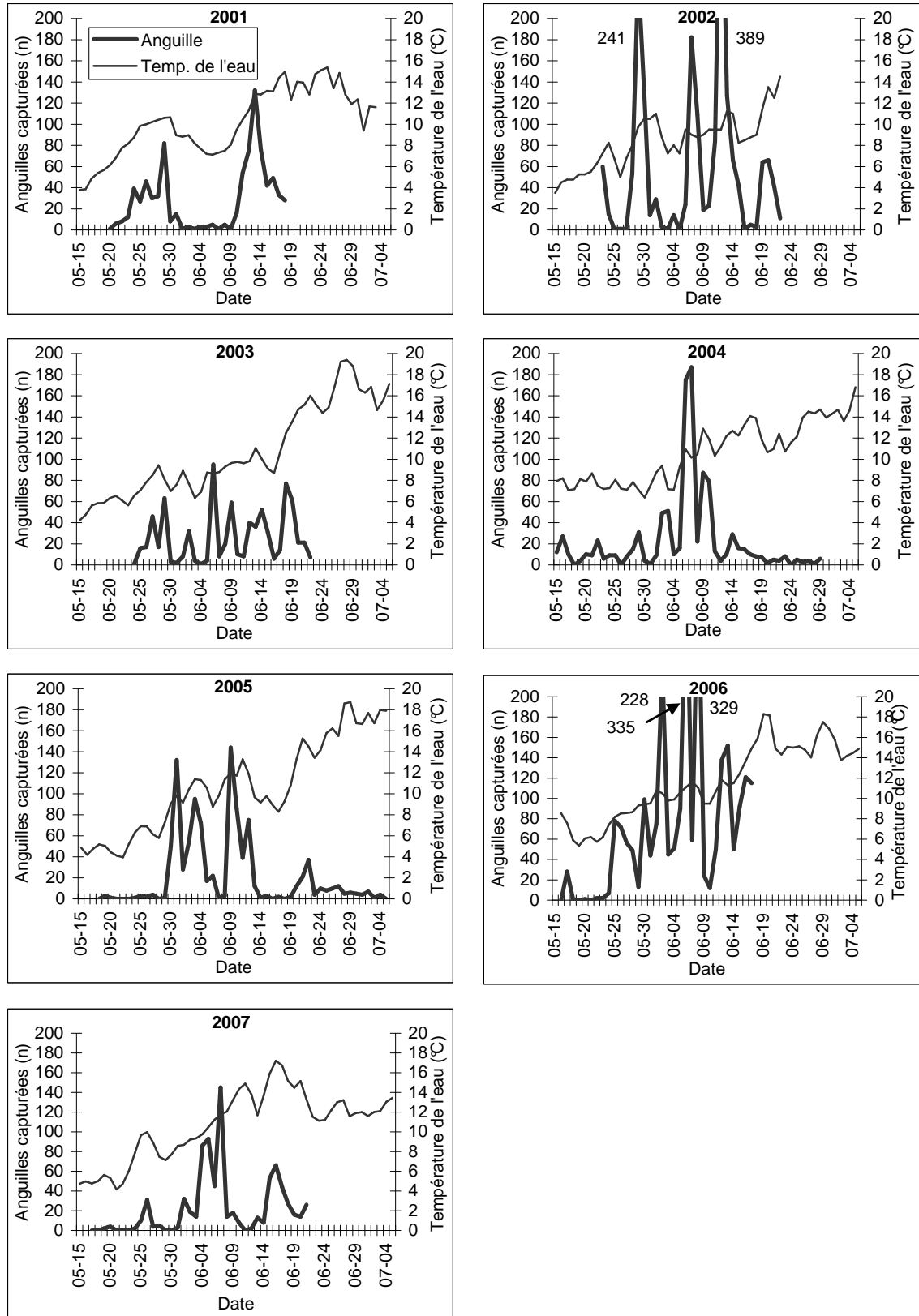


Figure 2. Comparaison entre la température moyenne journalière et la capture d'anguilles dans la trappe rotative sur la rivière Saint-Jean de 2001 à 2007

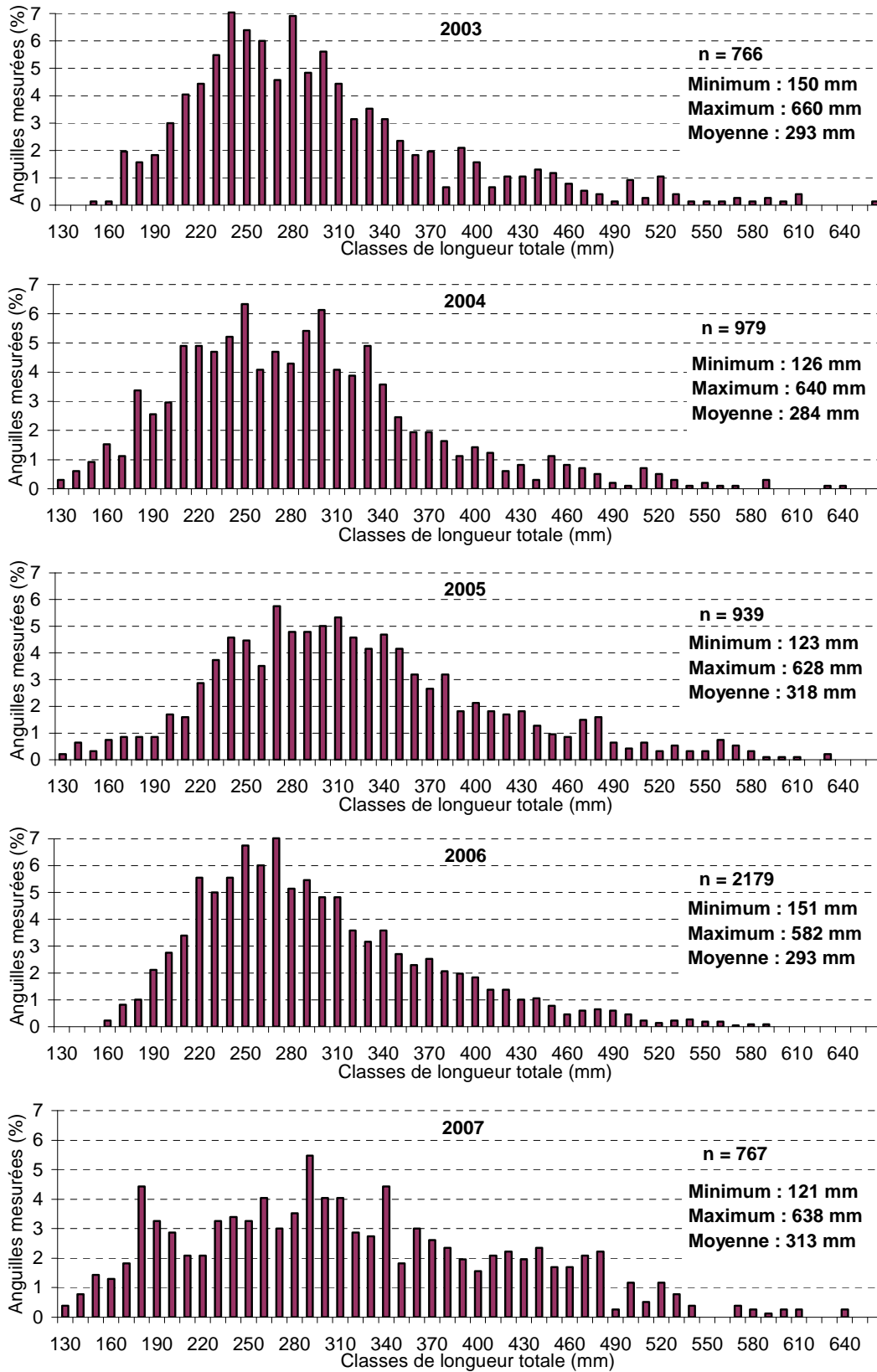


Figure 3. Fréquence de longueur des anguilles capturées en dévalaison printanière dans la trappe rotative sur la rivière Saint-Jean de 2003 à 2007

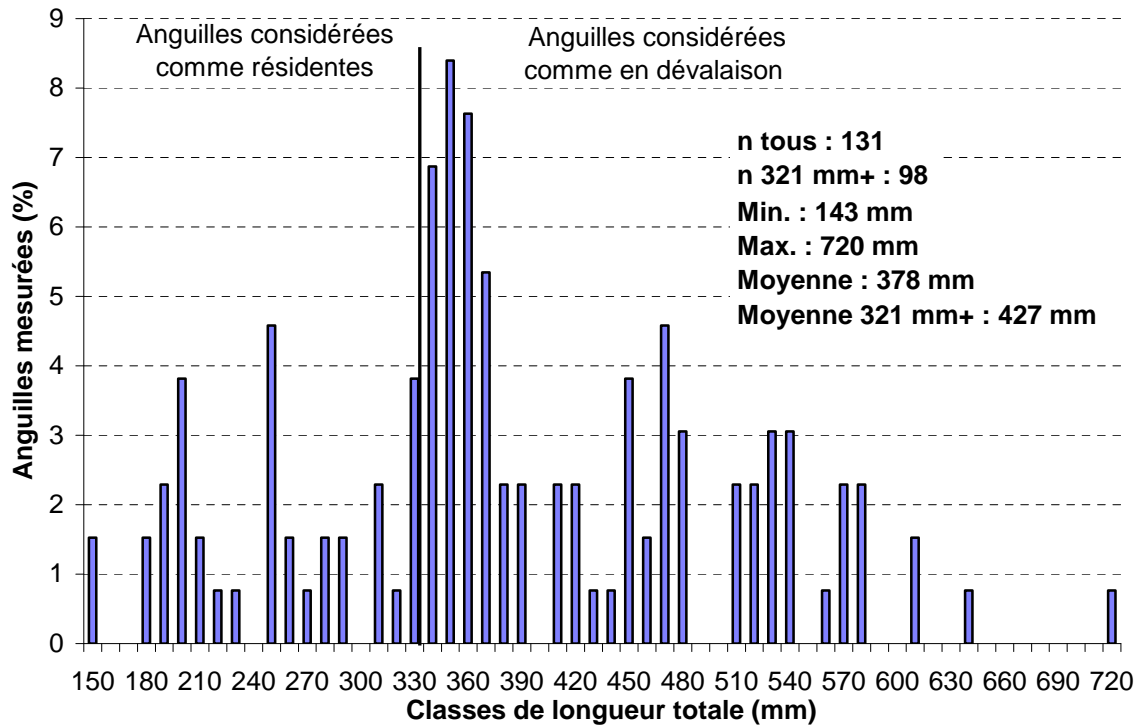


Figure 4. Fréquence de longueur des anguilles capturées en dévalaison automnale sur la rivière Saint-Jean en 2004

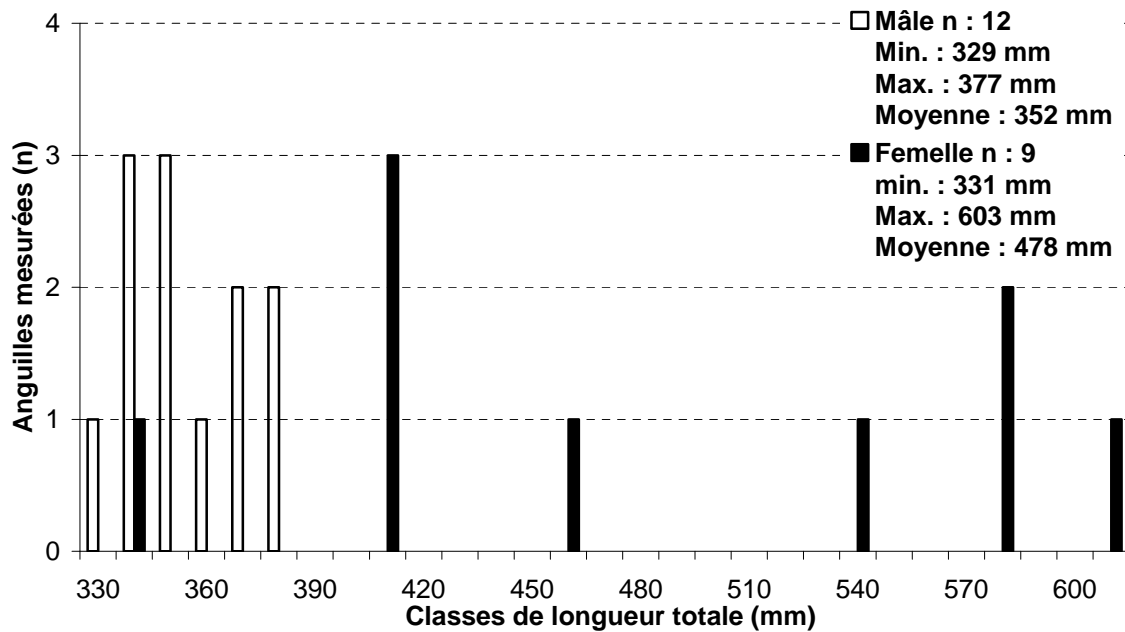


Figure 5. Fréquence de longueur par sexe des anguilles échantillonnées en dévalaison automnale sur la rivière Saint-Jean en 2004

Filet-trappe

Caractéristiques :

- La trappe, les ailes et le guide sont faits de filet vert, sans nœud, de mailles étirées de 6,4 mm (1/4 po).
- Les ailes, le guide et l'ouverture ont une ralingue inférieure plombée n° 27 (27 lb au 300 pi) et une ralingue supérieure munie de flotteurs.
- La longueur des cordes de bouées et d'ancres doit être au moins 2 m supérieure à la profondeur.
- Les trappes ont été fabriquées sur mesure par les Industries Fipéc inc. de Grande-Rivière.

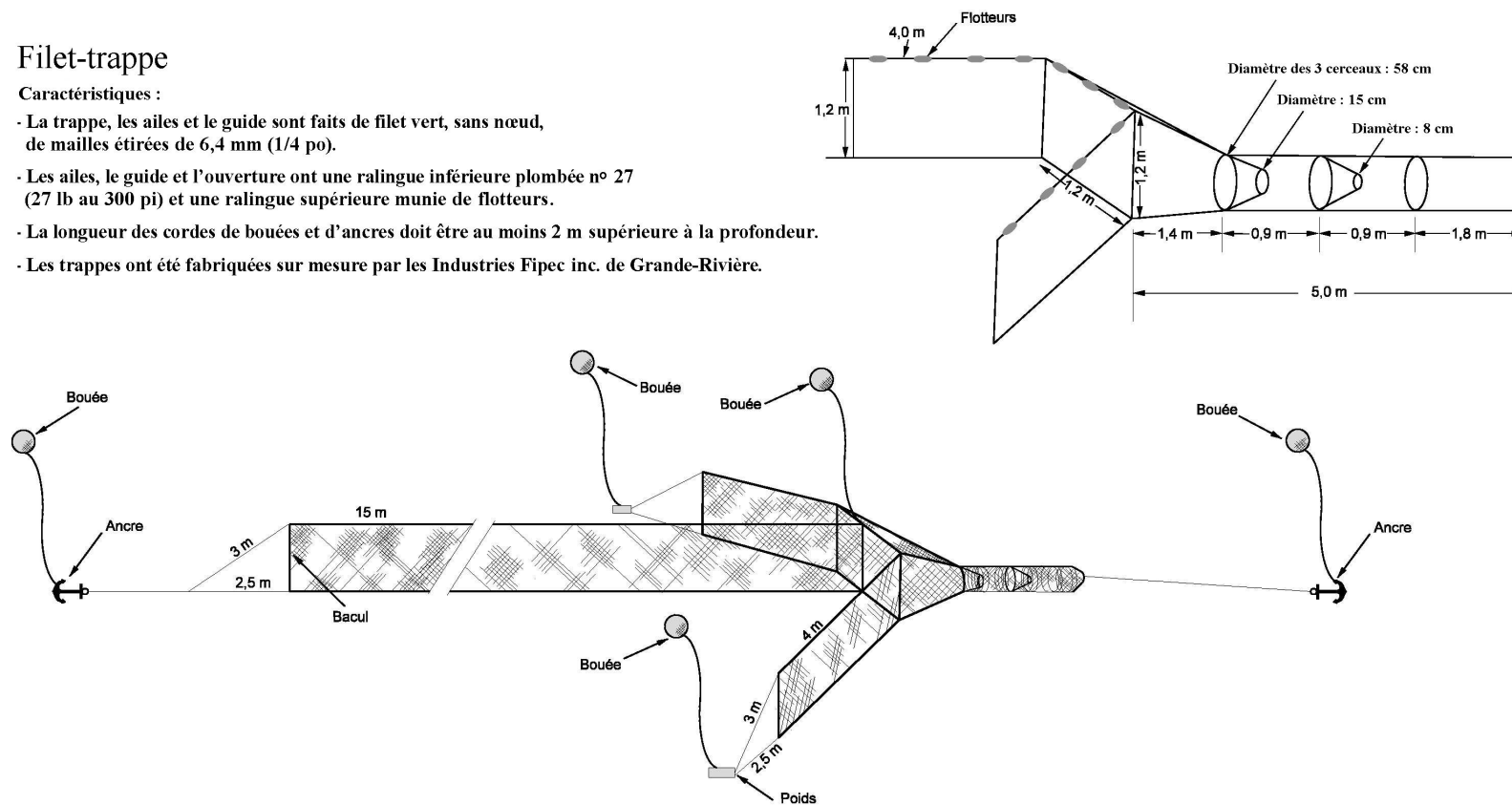


Figure 6. Filet-trappe (verveux) utilisé pour la pêche en lac, en rivière et dans le barachois de la rivière Saint-Jean en 2004 et en 2005

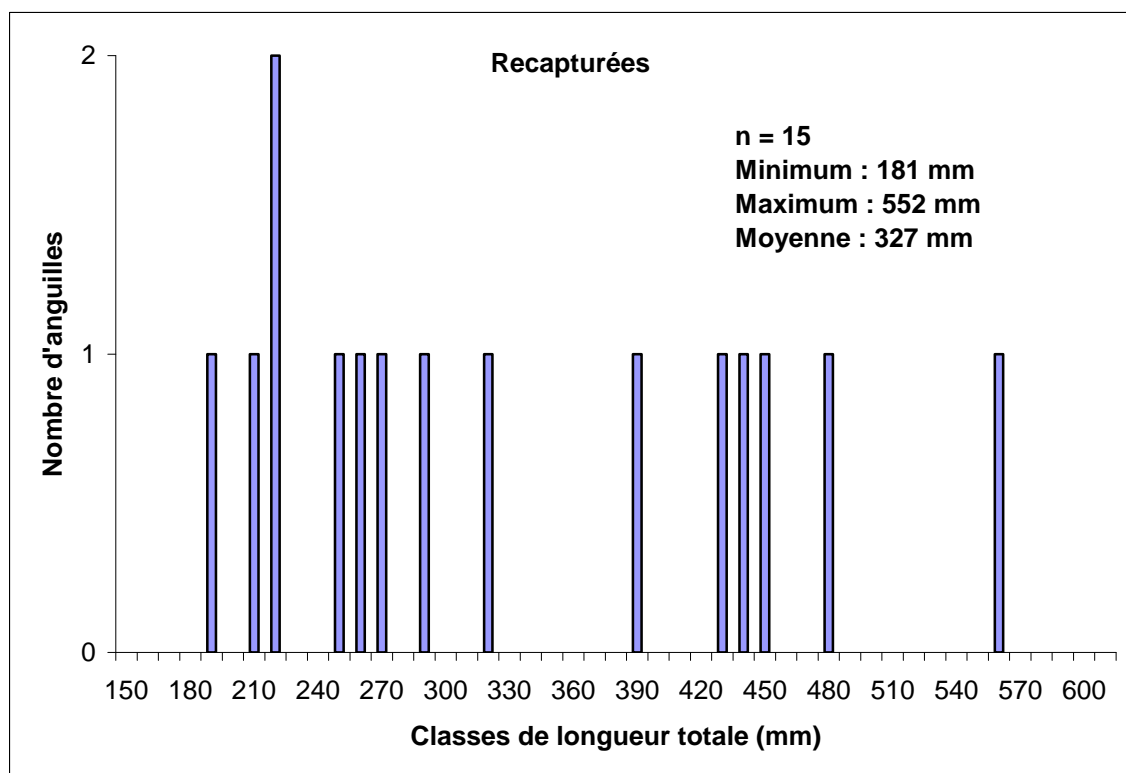
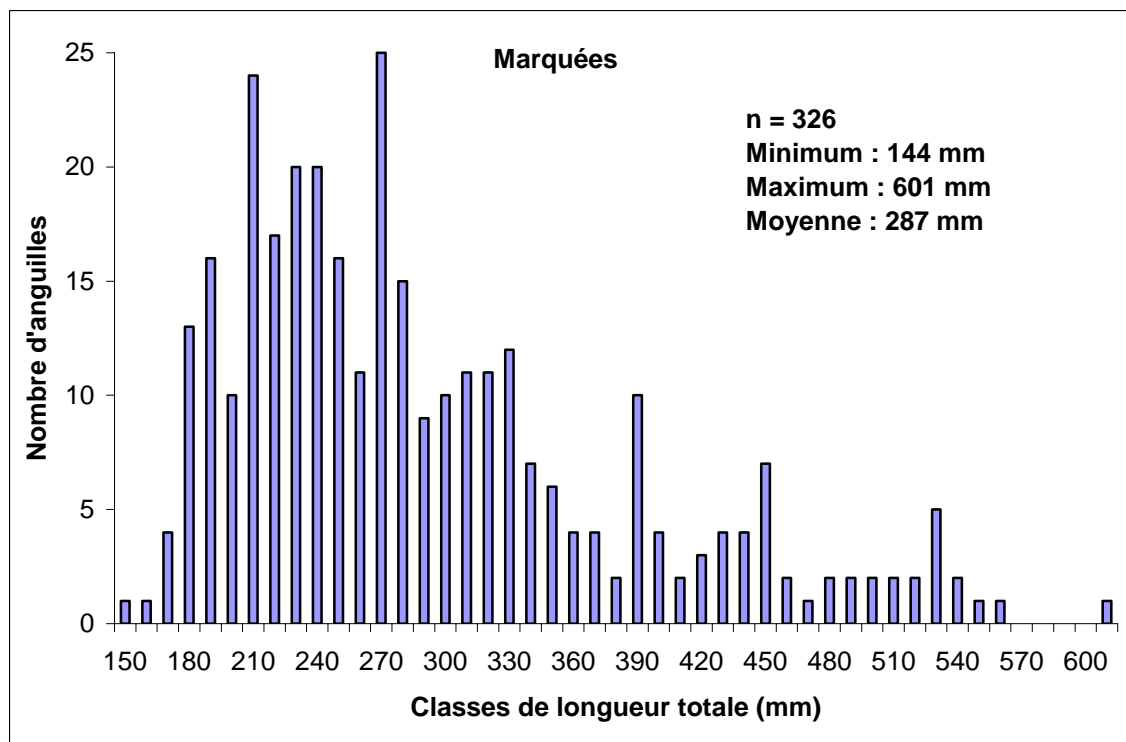


Figure 7. Fréquence de longueur des anguilles marquées et recapturées dans le lac Sirois en 2004

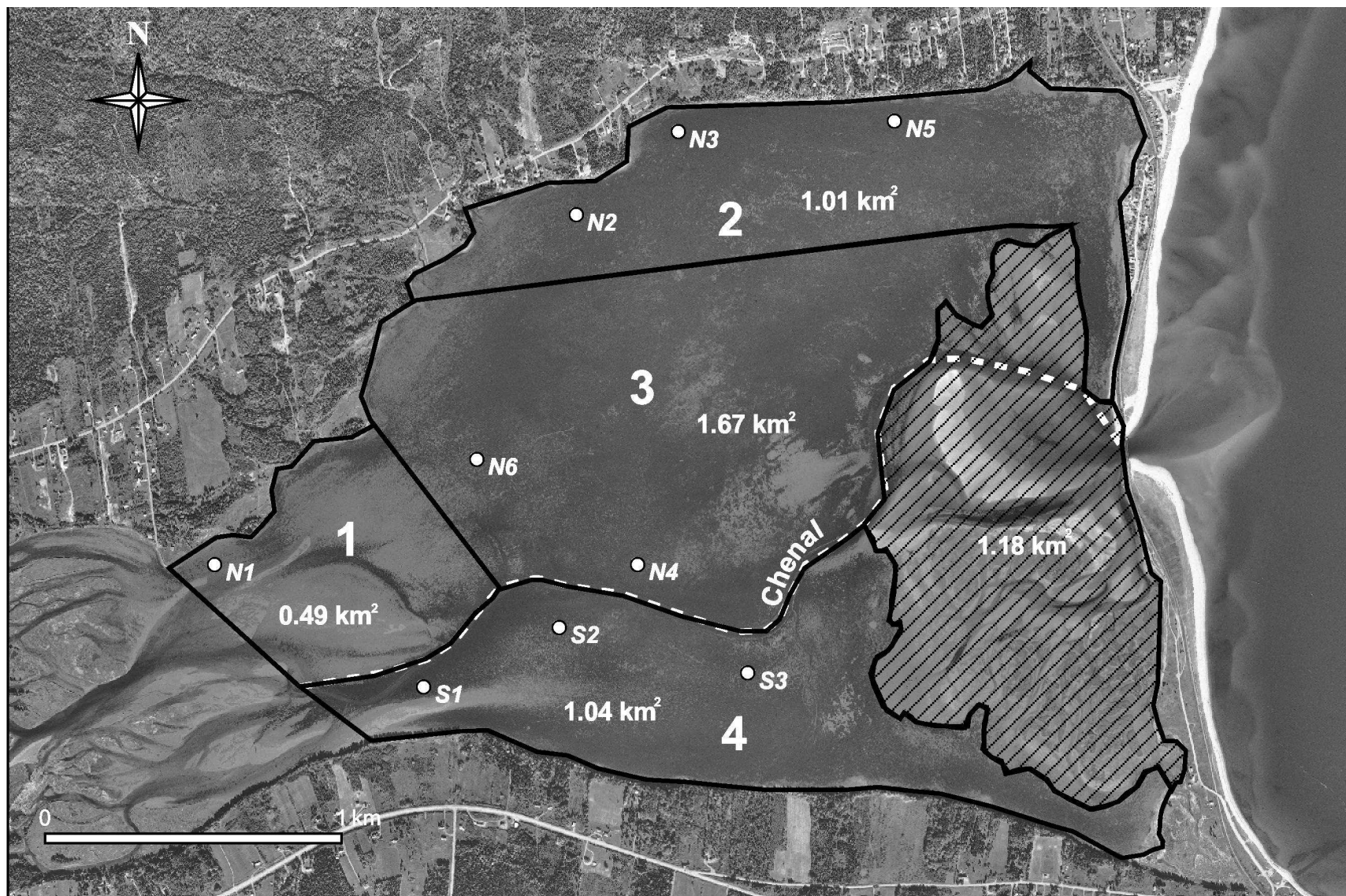


Figure 8. Présentation des secteurs et de la position des trappes dans le barachois de la rivière Saint-Jean en 2005.

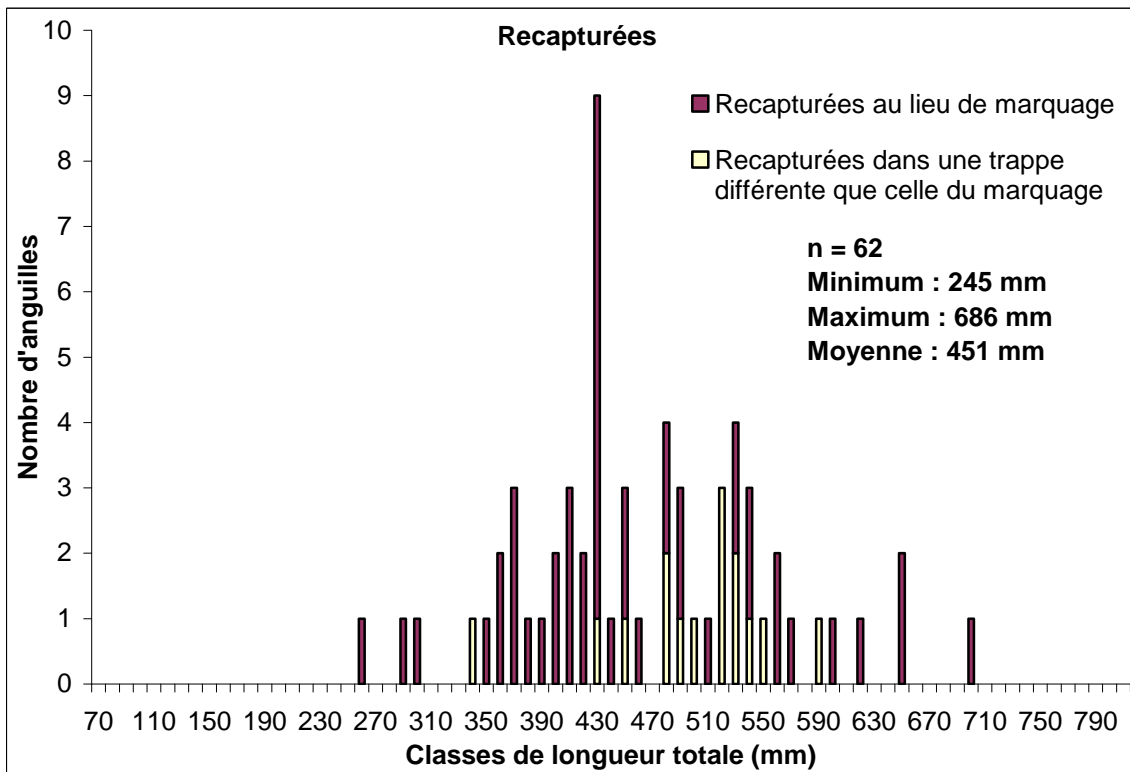
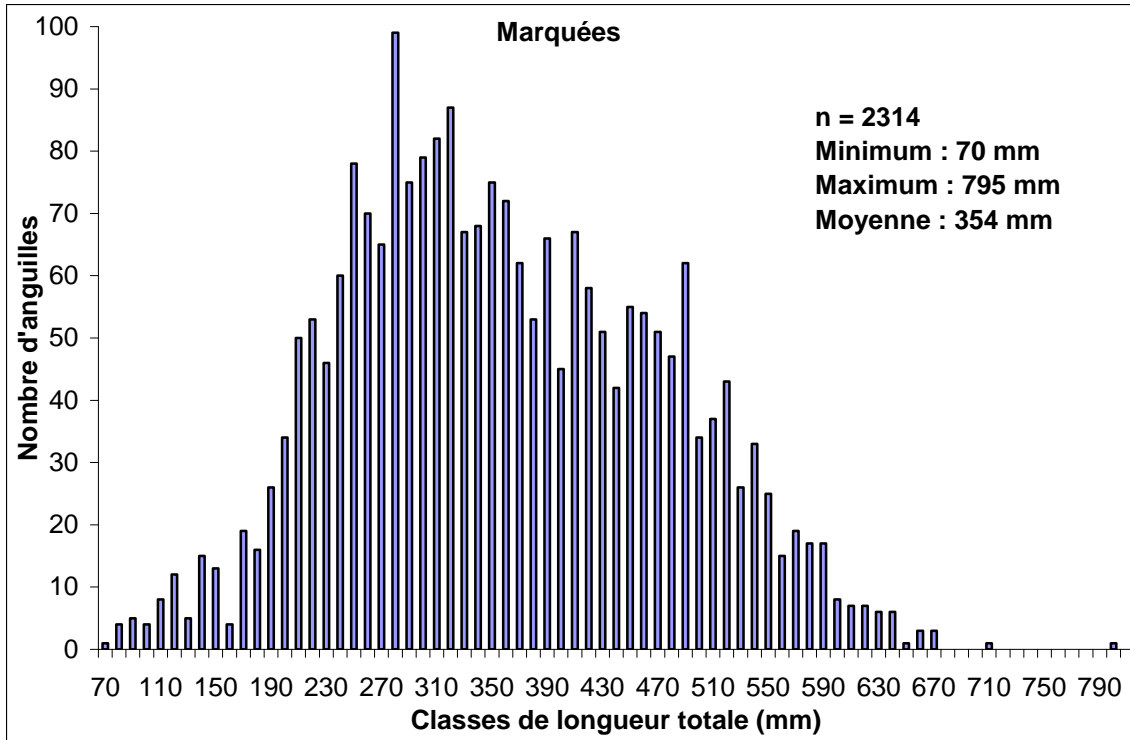


Figure 9. Fréquence de longueur des anguilles marquées et recapturées dans le barachois de la rivière Saint-Jean en 2005

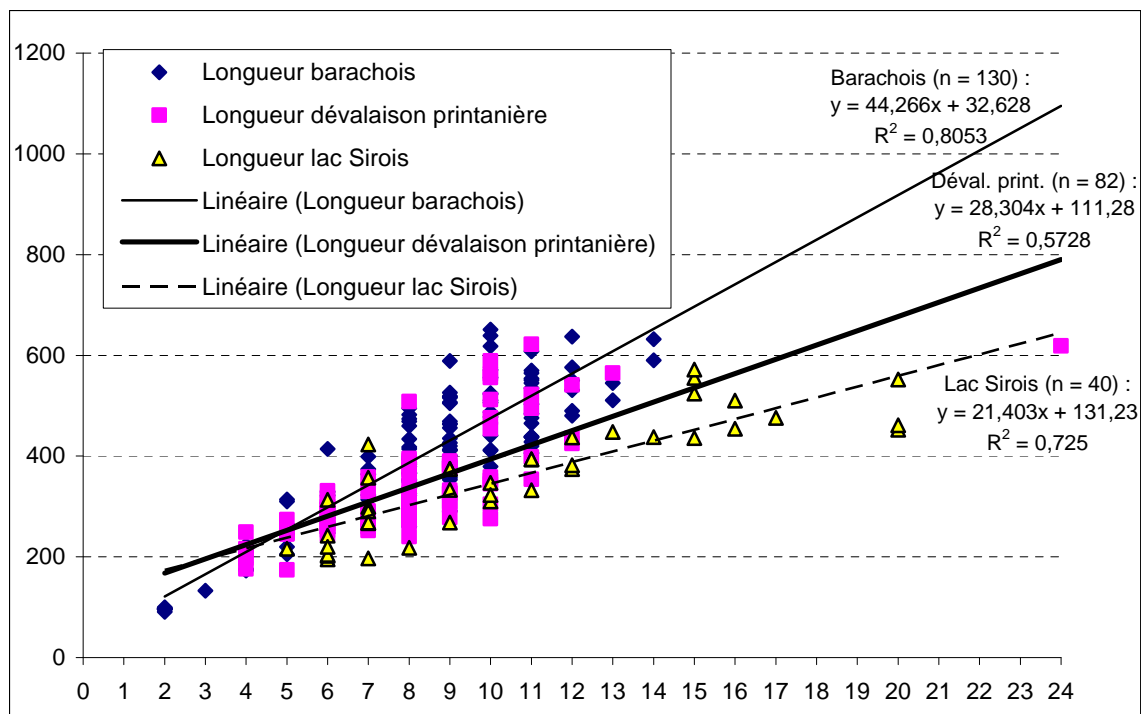


Figure 10. Comparaison de la longueur moyenne selon l'âge des anguilles capturées en dévalaison printanière dans le barachois et dans le lac Sirois en 2004 et en 2005

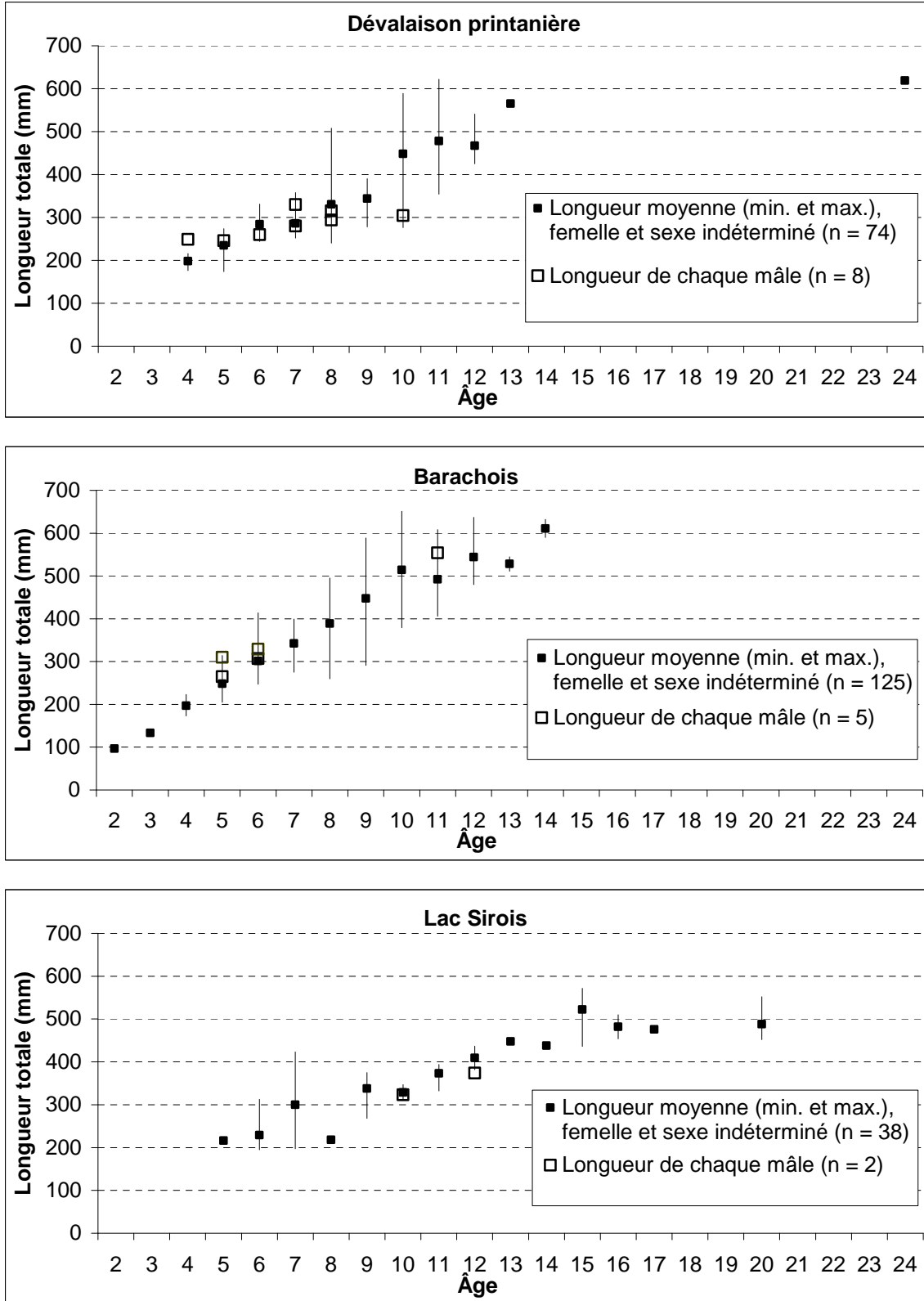


Figure 11. Longueur selon l'âge et le sexe des anguilles capturées en dévalaison printanière dans le barachois et dans le lac Sirois en 2004 et en 2005

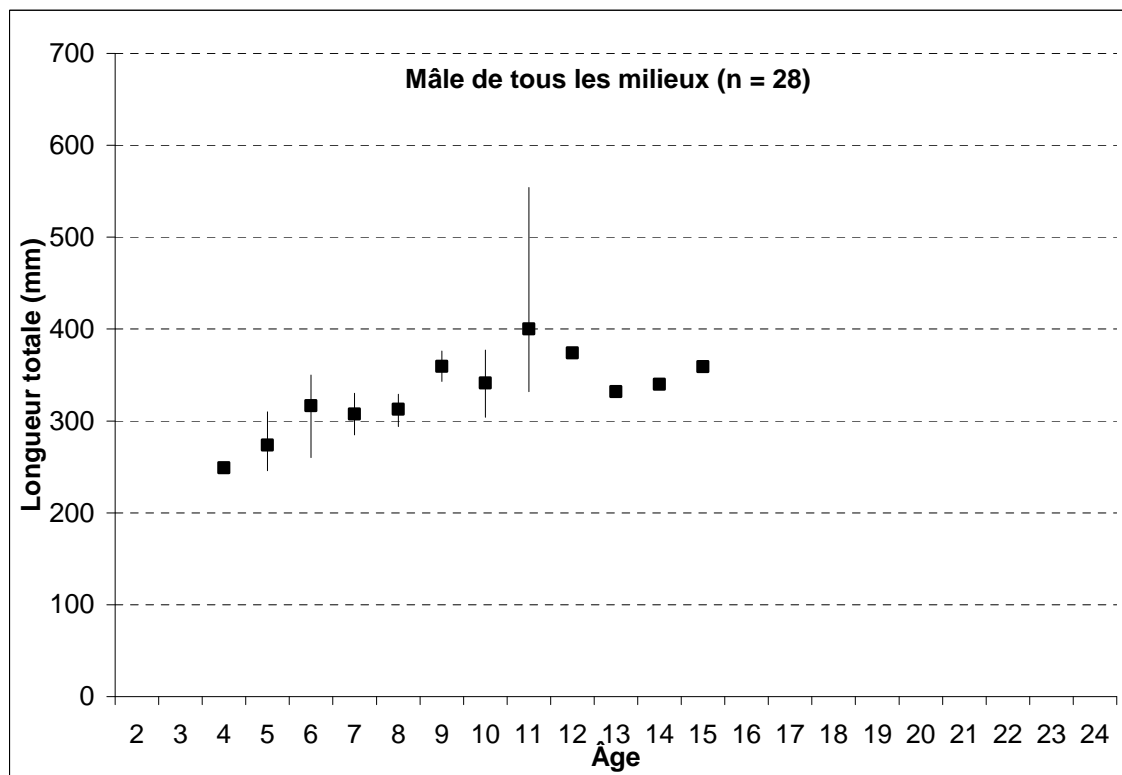


Figure 12. Longueur selon l'âge des anguilles mâles capturées dans le bassin versant de la rivière Saint-Jean en 2004 et en 2005

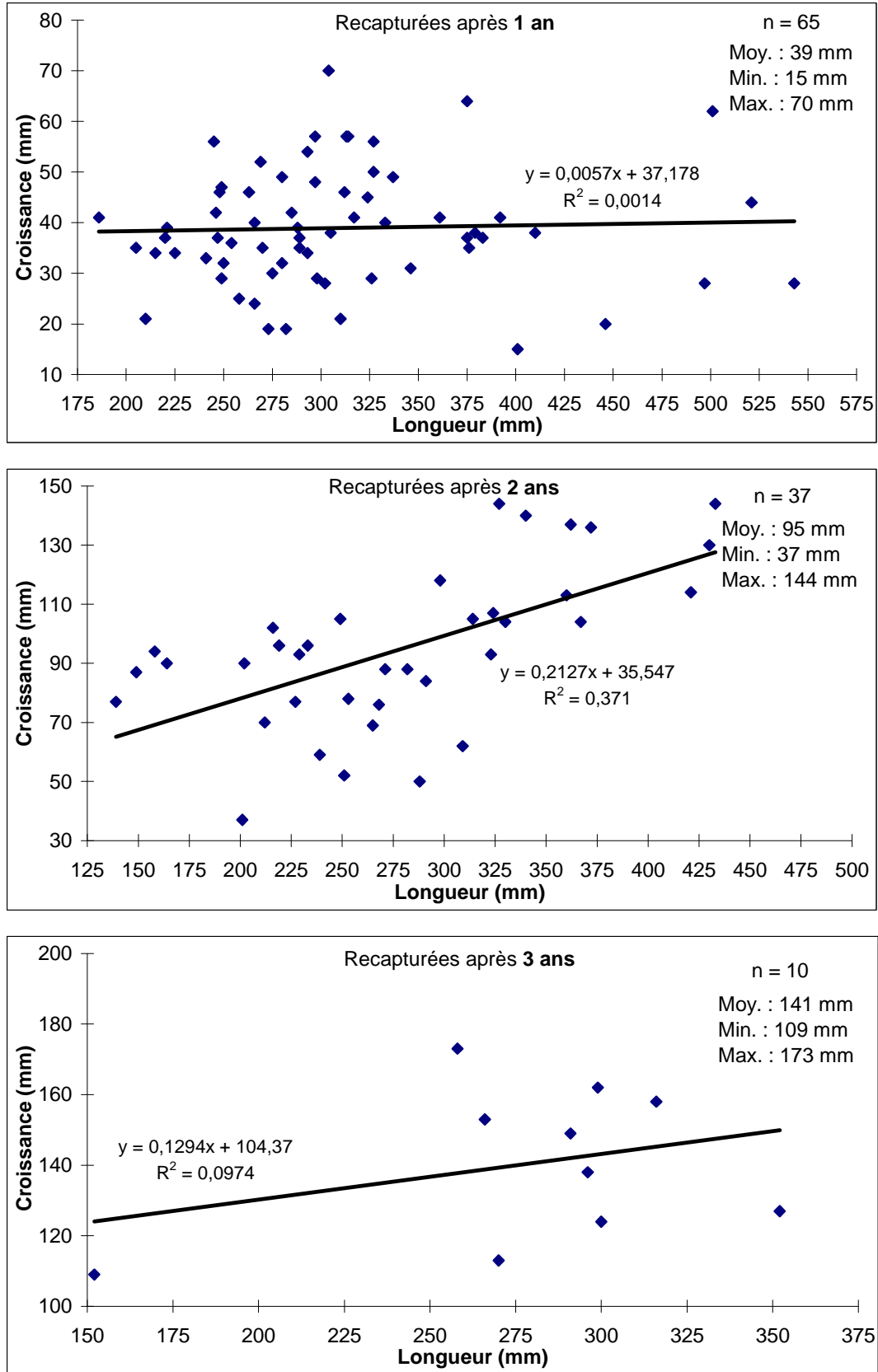


Figure 13. Croissance en longueur des anguilles recapturées de 1 à 3 ans après leur marquage

ANNEXE

Annexe I Protocole de préparation de l'otolithe et de détermination de l'âge des anguilles.

Méthodologie

Préparation des structures

Les otolithes sont des structures osseuses paires fortement calcifiées qui comprennent les lapilli, les astérici et les sagittae (Nilo et Fortin 2001); l'estimation de l'âge est basée sur l'interprétation des concrétions les plus volumineuses, les sagittae, que l'on désigne sous le nom d'*otolithe*. La journée de leur capture, les anguilles échantillonnées sont rapportées au laboratoire où se font le prélèvement des deux otolithes et les mesures des spécimens. La tête est ouverte de haut en bas sur le plan longitudinal et les otolithes sont recueillis de chaque côté au moyen de pincettes et placés dans une fiole contenant une solution de glycérol (50 % d'alcool et 50 % de glycérine) afin qu'on puisse les conserver jusqu'au moment de leur préparation.

Lors du montage, l'otolithe présentant la forme la plus régulière est choisi. Il est d'abord nettoyé dans l'eau de Javel diluée à 50 % pour dissoudre les résidus membranaires, rincé dans l'eau déminéralisée et immergé dans un bain d'éthanol dénaturé à 70 %. Chacune de ces étapes dure 10 minutes. L'otolithe est finalement déposé à l'air libre jusqu'à ce qu'il soit complètement sec.

L'otolithe propre est déposé sur une lame dans un plan horizontal convexe au centre d'un moule (gélule). Une résine d'époxy transparente (araldite) est coulée à l'intérieur du moule en évitant le plus possible la formation de bulles. Ce support de résine facilite la manipulation de l'otolithe. Après avoir séché pendant 24 heures, le moule de gélatine est placé dans un bassin d'eau chaude pour être dissous. On sable l'otolithe contenu dans la résine, à la main ou à l'aide d'un porte-otolithe fait maison, sur une succession de papiers abrasifs humides de 600, de 1 000 et de 2 000 grains, de manière à obtenir un plan de coupe passant par le nucléus tout en couvrant le maximum de la surface de l'otolithe. Lorsque le niveau de sablage recherché est obtenu, l'otolithe est rincé, poli à l'aide d'une

pâte d'alumine sur un disque de polissage, rincé à nouveau, puis séché à l'air libre quelques minutes.

L'otolithe est décalcifié en appliquant à l'aide d'un compte-gouttes quelques gouttes d'acide EDTA 5 %, qu'on laisse agir pendant trois minutes. Il est ensuite placé dans de l'eau déminéralisée pour arrêter l'action de l'acide. Après avoir laissé sécher la structure, idéalement durant toute une nuit, on la colore en appliquant quelques gouttes de bleu de toluidine 0,01 % durant trois minutes pour révéler les lignes d'arrêt de croissance, puis on rince à nouveau.

On humecte légèrement la surface de l'otolithe afin d'accentuer les contrastes avant de prendre deux photographies numériques, soit une photo témoin à grossissement fixe (25X dans ce cas-ci) qui sert à comparer des structures de différents grossissements et une photo au grossissement maximal qui sert à la lecture de l'âge pour obtenir le plus de détails possible. Un logiciel de traitement d'image permet d'optimiser la qualité des images.

Détermination de l'âge

La détermination de l'âge se fait à partir des images numériques en étroite relation avec le stéréomicroscope (la vision binoculaire permettant de révéler ou de confirmer certains détails peu perceptibles sur les images). L'interprétation de l'âge se fait au moyen de deux lecteurs indépendants ou d'un lecteur effectuant deux lectures rapprochées dans le temps. La condition indispensable à une bonne interprétation est la suivante : il doit y avoir une marge d'erreur de moins de 10 % entre les deux lectures lorsque les mêmes principes d'interprétation sont utilisés. Lorsque les déterminations varient faiblement (≤ 2 ans), une troisième lecture est effectuée. Par contre, si elles diffèrent de façon plus nette, l'avis d'un autre lecteur est nécessaire.

Par convention dans l'hémisphère nord, la date du 1^{er} janvier a été adoptée, par la majorité des lecteurs, pour le changement de classe d'âge de l'ensemble des espèces. Cette convention se base sur le principe que dans l'hémisphère nord, la croissance annuelle est habituellement complétée au 31 décembre et que la reprise de la croissance

annuelle se produit bien après cette date. Helfman *et al.* (1984) ont proposé la date du 1^{er} avril pour l'anguille d'Amérique. Dans notre cas, ces deux dates reviennent au même, puisque toutes nos anguilles sont capturées après ces dates.

Dans le cadre de nos études, nous utilisons l'âge réel du poisson plutôt que l'âge de la structure. L'âge réel est obtenu en tenant compte de l'âge de la structure, de la caractérisation de la zone de croissance de l'année ainsi que de la période de formation de l'annulus.

A) Âge de la structure

Le nombre d'annuli (lignes d'arrêt de croissance) sert à déterminer l'âge réel du poisson. Dans le cas d'*Anguilla rostrata*, les civelles atteignent l'estuaire du Saint-Laurent probablement en fin d'année (Lecomte-Finiger 1983). La marque de transition qui se forme sur l'otolithe lors du changement de milieu (de marin à saumâtre) se voit facilement sur les préparations. On considère donc qu'elle correspond à l'âge 1 des anguilles.

B) Caractérisation de la zone de croissance de l'année en cours

La caractérisation de la zone de croissance en bordure de l'otolithe est essentielle pour déterminer l'âge réel du poisson. La codification de la croissance après le dernier annulus est notée en fonction de la croissance de l'année précédente. Elle est notée comme suit par notre équipe :

. (.): perception de la marque de déposition de l'annulus sans reprise de croissance (notée en 2004 seulement afin de déterminer la période de formation de l'annulus);

P (+) : perception de la reprise de la croissance sur une partie de la structure;

PP (++) : croissance de l'année en cours inférieure au tiers de la croissance de l'année précédente;

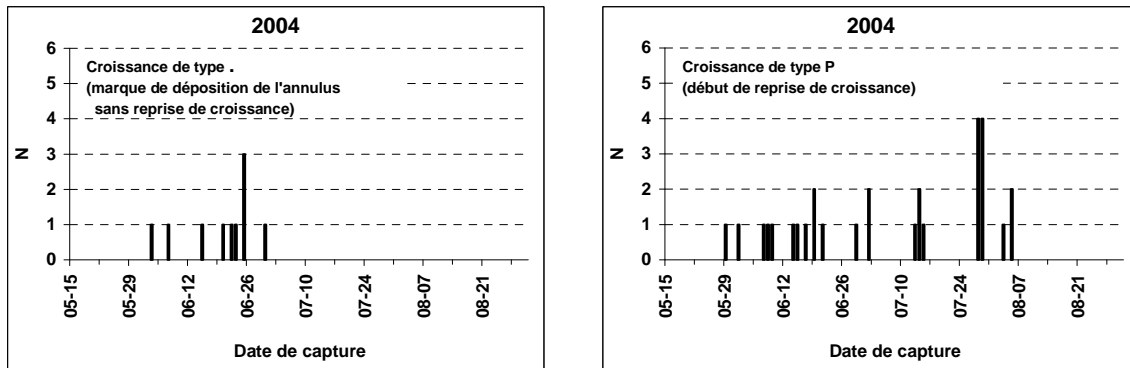
PPP (+++) : croissance de l'année en cours supérieure au tiers de la croissance de l'année précédente;

PPPP (++++): croissance de l'année en cours supérieure à la croissance de l'année précédente.

(La lettre P pour « plus » a la même signification que le signe +.)

C) Période de formation de l'annulus

En 2004, une attention particulière a été portée à ce phénomène et une codification particulière a été ajoutée lorsque les lecteurs ont observé une marque de déposition de l'annulus sans reprise de croissance (type **.**). Des signes de formation de l'annulus ont été observés entre le début et la fin juin (figure suivante). Des débuts de reprise de croissance (type **P**) ont aussi été observés durant cette période, la formation de l'annulus se produisant lors de cette reprise. Considérant tous ces renseignements, on peut supposer que la formation de l'annulus se produit dans une période débutant à la mi-mai et pouvant s'étendre jusqu'à la fin juin.



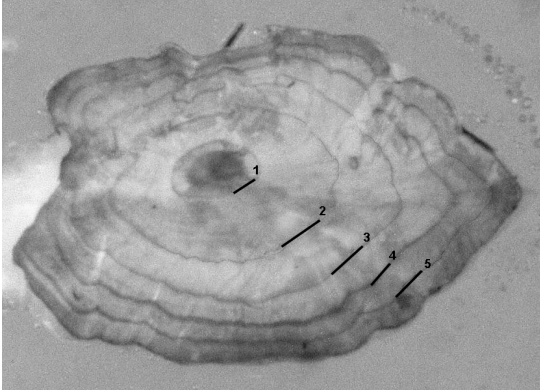
Répartition des anguilles selon la croissance de l'année en cours (types **.** et **P**) et la date de capture.

Gray et Andrews (1971) ont constaté, chez des anguilles capturées à Terre-Neuve, les premières traces du dépôt estival (reprise de croissance) entre le début et la mi-juin, ce qui concorde avec nos observations.

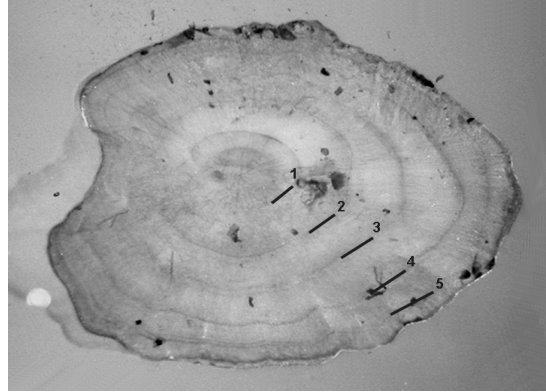
D) Âge réel du poisson

Il est important de pouvoir déterminer l'âge réel du poisson si on veut assigner à ce poisson un groupe d'âge bien précis. Par exemple, la figure suivante montre deux otolithes d'anguilles de la rivière Saint-Jean capturées en 2004. Ces otolithes ont une

apparence similaire et on peut observer 5 marques bien évidentes. La zone claire en bordure de ces otolithes signifie une forte reprise de croissance (type **PPP**) sans qu'une nouvelle année soit terminée. Sans connaître les dates de capture et la période de formation de l'annulus, on pourrait dire que ces deux anguilles ont 5 ans, ce qui est faux.



No 1 Anguille capturée le 20 mai 2004



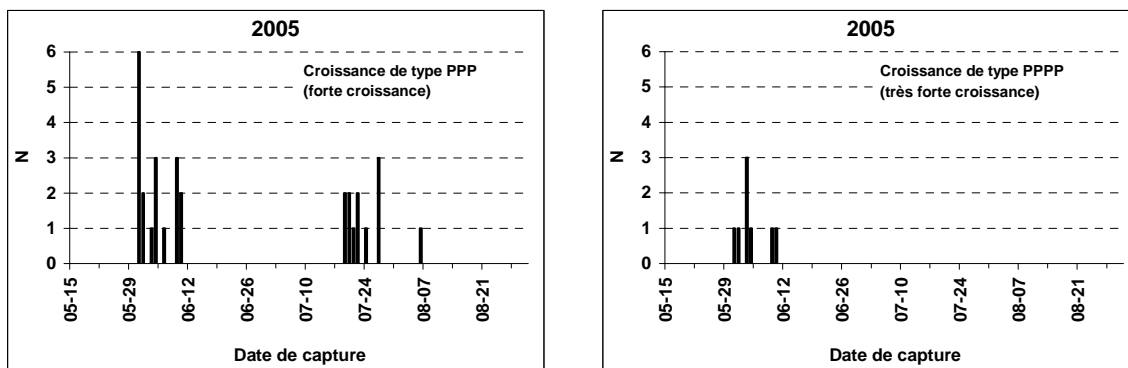
No 2 Anguille capturée le 15 septembre 2004

Exemple de deux otolithes d'anguilles capturées sur la rivière Saint-Jean en 2004, dont l'âge de la structure est identique, mais qui n'ont pas le même âge réel.

Dans le cas de l'otolithe n°1, l'anguille fut capturée le 20 mai. La croissance de type PPP observée en bordure indique une reprise de croissance étalée sur un long terme. La formation de l'annulus se produisant entre la fin mai et la fin juin, on peut considérer que l'annulus n'est pas encore évident sur l'otolithe et que l'anguille avait terminé sa sixième année au moment de la capture. Pour le spécimen n° 2, la capture s'est produite le 15 septembre. Il s'avère donc logique que la reprise de croissance observée soit de type PPP vu le laps de temps écoulé entre la date de déposition de l'annulus et la date de capture. Ainsi, l'âge de la structure du spécimen n° 1 est de 5 PPP, mais l'âge réel du poisson est de 6 ans, tandis que l'âge de la structure du spécimen n° 2 est identique à celui du premier spécimen et que l'âge réel du poisson est de 5 ans.

Ainsi, toutes les anguilles dont la date de capture se situe avant et durant la période de formation de l'annulus et qui présentent une croissance de type PPP ou PPPP ont vu l'âge de leur structure majoré de un an afin de déterminer leur âge réel, et ce, afin de mieux établir à quelle cohorte ils appartiennent. Par exemple, en 2005, on distingue clairement deux groupes d'anguilles de type PPP, un avant la période de formation de l'annulus et l'autre après cette période (figure suivante). Un an a donc été ajouté à l'âge de la

structure des anguilles du premier groupe. Même chose pour les anguilles de type PPPP qui se retrouvent seulement avant la période de formation de l'annulus, aucun spécimen n'ayant été échantillonné assez tard en saison pour voir réapparaître ce groupe.



Répartition des anguilles selon la croissance de l'année en cours (types PPP et PPPP) et la date de capture.