

ENV 611/99/0
ET 02

Société de la faune et des parcs du Québec
Direction de l'aménagement de la faune de la Montérégie

RAPPORT TECHNIQUE 16-06

**Écologie des juvéniles 0+ et 1+ de chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*),
une espèce menacée, comparée à celle des quatre autres espèces de *Moxostoma*
(*M. anisurum*, *M. carinatum*, *M. macrolepidotum*, *M. valenciennesi*)
dans le système de la rivière Richelieu**

par

Nathalie Vachon

*(Mémoire présenté à l'Université du Québec à Montréal
comme exigence partielle de la maîtrise en biologie)*

Novembre 1999

ISSN : 0704-4577

ISBN : 2-550-35455-9

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2000

RÉFÉRENCE À CITER :

VACHON, N. 1999. Écologie des juvéniles 0+ et 1+ de chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*), une espèce menacée, comparée à celle des quatre autres espèces de *Moxostoma* (*M. anisurum*, *M. carinatum*, *M. macrolepidotum*, *M. valenciennesi*) dans le système de la rivière Richelieu. Mémoire présenté à l'Université du Québec à Montréal comme exigence partielle de la maîtrise en biologie. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune de la Montérégie, Longueuil, Rapp. tech. 16-06, xvi + 175 p.

À Charles, Simon, Norianne et Hélène...

REMERCIEMENTS

Je remercie Réjean Fortin (directeur) et Pierre Dumont (codirecteur) qui ont su me soutenir et m'encourager pour la réalisation de ce projet. Je ne peux passer sous silence la très grande collaboration à tous les niveaux de Alain Branchaud et de Andrée Gendron qui ont agi pour moi à titre de personnes ressources et m'ont appuyée tout au long de ma maîtrise.

Je tiens aussi à remercier Richard Monfette, Nathalie Dubuc, Jean Leclerc (technicien, Société de la faune et des parcs du Québec) pour leur collaboration aux travaux de terrain. Huguette Massé a également participé aux travaux de terrain et à l'examen des contenus des tractus digestifs. Je tiens à souligner l'aide de plusieurs personnes de l'équipe de Faune et Parcs de la Montérégie : Jean Dubé, Bertrand Dumas, Gérard Massé, Martin Léveillé de même que Ginette, Lina, Aline et Robert. Je suis reconnaissante envers Louise Cloutier (Université de Montréal) qui m'a initiée aux méthodes d'examen des tractus digestifs et Emma Mangas (Université de Montréal) pour sa formation sur l'identification des organismes planctoniques. Nathalie Saint-Jacques, Jae Choi (Université de Montréal) et Pedro Nilo Mellado m'ont conseillée sur divers aspects concernant le traitement des données et je les en remercie très sincèrement. Je tiens aussi à souligner la précieuse collaboration du Dr R. E. Jenkins (professeur, Roanoke College Virginie) qui m'a initiée à l'identification des jeunes chevaliers et fait partager sa passion pour les *Moxostoma*.

D'autres personnes ont également contribué de près ou de loin à cette étude : Benoît Vachon pour le traitement des images, Olivier Beauchard pour l'examen des appareils pharyngiens et Jean-Claude Petit (camping Bellevue, Saint-Charles sur le Richelieu) qui m'a aimablement autorisée à me servir de son terrain. Je remercie également Guy Morin (technicien en hydrologie, Environnement Canada) pour m'avoir fourni les données concernant les débits et les niveaux de la rivière Richelieu et Denis Héту (usine de filtration de Chambly) pour celles concernant la température de l'eau de même que Léandre Coté (Biodôme de Montréal) pour m'avoir permis d'utiliser l'équipement pour la prise des photos, Rémi Morissette pour sa participation à la prise de certaines données (taille et poids des spécimens), David Miclette et Benoît Giroux pour leur contribution aux travaux de terrain et enfin Sonia Nadeau et Marie-Hélène Laberge pour leur support moral continu.

Ce projet a été réalisé avec l'aide financière du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), de la Fondation de la Faune du Québec, du Ministère de l'Environnement et de la Faune (maintenant Société de la faune et des parcs du Québec) et de l'Université du Québec à Montréal.

Le mot de la fin est réservé à mon conjoint Charles et à mes enfants, Simon et Norianne qui ont fait preuve de patience, de compréhension et qui m'ont manqué au cours de ces deux dernières années. Je suis également très reconnaissante envers Hélène, ma mère, pour son extrême dévouement, ses attentions et ses très grandes qualités humaines. Sans leur soutien de tous les instants, je ne serais pas ici aujourd'hui en train d'écrire ces quelques lignes...

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES FIGURES.....	xii
LISTE DES ANNEXES.....	xv
RÉSUMÉ.....	xvi
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
CHAPITRE I	
CROISSANCE ET ALIMENTATION DES JUVÉNILES 0+ ET 1+ DES CINQ ESPÈCES DE CHEVALIER DANS LA RIVIÈRE RICHELIEU.....	
1.1 Introduction.....	7
1.2 Matériel et méthodes.....	8
1.2.1 Capture et identification des spécimens.....	8
1.2.2 Croissance des chevaliers.....	8
1.2.3 Alimentation des chevaliers.....	11
1.3 Résultats.....	15
1.3.1 Identification des spécimens.....	15
1.3.2 Croissance des chevaliers.....	17
1.3.3 Alimentation des chevaliers.....	36
1.3.3.1 Alimentation des chevaliers 0+.....	36
1.3.3.2 Évolution temporelle des régimes alimentaires des chevaliers 0+.....	40
1.3.3.3 Alimentation des chevaliers 1+ et du chevalier de rivière âgé de 2 ans...	49
1.3.3.4 Recouvrement des régimes alimentaires.....	52
1.3.3.5 Taille des proies.....	55
1.4 Discussion.....	61
1.4.1 Identification des spécimens.....	61
1.4.2 Croissance des chevaliers juvéniles 0+ et 1+.....	62
1.4.3 Alimentation des chevaliers juvéniles 0+.....	71
1.4.3.1 Caractéristiques générales de l'alimentation des chevaliers 0+ et 1+.....	71
1.4.3.2 Évolution temporelle des régimes alimentaires.....	75
1.4.3.3 Recouvrement des régimes alimentaires.....	77

1.4.3.4 Quelques mots sur la compétition interspécifiques chez les juvéniles de chevalier de la rivière Richelieu.....	77
1.4.3.5 Ségrégation spatiale chez les chevaliers juvéniles 0+ et 1+ en période d'alimentation.....	78
1.4.3.6 Taille des proies.....	79
1.4.3.7 Facteurs susceptibles d'influencer le choix des proies par les jeunes chevaliers.....	81
1.4.3.8 L'appareil pharyngien et l'alimentation chez les Catostomidés. À quand la spécialisation?.....	82
 CHAPITRE II	
 DISTRIBUTION ET HABITAT DES JUVÉNILES 0+ ET 1+ DES CINQ ESPÈCES DE CHEVALIER DANS LA RIVIÈRE RICHELIEU.....	
	86
2.1 Introduction.....	86
2.2 Matériel et méthodes.....	87
2.2.1 Échantillonnage 1997.....	87
2.2.2 Échantillonnage 1998.....	92
2.2.3 Traitements statistiques.....	94
2.3 Résultats.....	98
2.3.1 Bilan des captures et comparaisons interannuelles des CPUE moyennes de chevaliers 0+.....	98
2.3.2 Relation entre les captures des chevaliers 0+ et 1+ et la température de l'eau.....	101
2.3.3 Relation entre les captures des chevaliers 0+ et 1+ et l'heure de la journée.....	103
2.3.4 Variations au niveau de la distribution spatiale des chevaliers 0+ et 1+.....	106
2.3.5 Caractérisation de l'habitat.....	109
2.4 Discussion.....	130
2.4.1 Bilan des captures et comparaisons interannuelles des CPUE moyennes de chevaliers 0+.....	130
2.4.2 Relation entre les captures des chevaliers 0+ et 1+ et la température de l'eau.....	135
2.4.3 Relation entre les captures des chevaliers 0+ et 1+ et l'heure de la journée.....	136
2.4.4 Variations au niveau de la distribution spatiale des chevaliers 0+ et 1+.....	136
2.4.5 Caractérisation de l'habitat des chevaliers.....	137
 CONCLUSION GÉNÉRALE ET RECOMMANDATIONS.....	
	146
 RÉFÉRENCES.....	
	152
 ANNEXES.....	
	165

LISTE DES TABLEAUX

Tableau		Page
1.1	Croissance mensuelle en longueur et en poids des juvéniles 0+ des cinq espèces de chevalier (n = 1906) capturés en 1997 (du 5 août au 5 novembre) dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu. Les moyennes affichant la même lettre en exposant ne diffèrent pas statistiquement à une période (mois) donnée (test de Tukey-Kramer, p > 0,05). moy : valeur moyenne, σ : écart type, min : minimum, max : maximum.....	18
1.2	Croissance en longueur et en poids des juvéniles 1+ des cinq espèces de chevalier (n = 1220) capturés en 1997 (les 12 et 19 juin, n = 46) et en 1998 (du 25 au 28 mai et du 8 au 12 juin, n = 1174) dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu. Les moyennes affichant la même lettre en exposant ne diffèrent pas statistiquement à une période (mois) donnée (test de Tukey-Kramer, p > 0,05). Les astérisques indiquent que des différences significatives sont observées (ANOVA, p < 0,05 ou Kruskal-Wallis, p < 0,05), au sein d'une même espèce, entre les mois de mai et de juin. moy : valeur moyenne, σ : écart type, min : minimum, max : maximum.....	20
1.3	Croissance mensuelle en longueur et en poids des chevaliers 1+ capturés de juillet à septembre 1997 et à l'automne 1998 (du 21 septembre au 8 octobre) dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu. moy : valeur moyenne, σ : écart type, min : minimum, max : maximum.....	24
1.4	Paramètres des équations des relations longueur-poids (après transformation logarithmique) des juvéniles 0+ des cinq espèces de chevalier capturés dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu en 1997. L'analyse de covariance ne dénote aucune différence significative entre les pentes (p = 0,1854) et les ordonnées à l'origine (p = 0,0909) de ces relations pour les différentes espèces. L'étendue des tailles pour chacune des espèces est de : 30,0 à 89,0 mm pour le chevalier rouge; 40,0 à 83,0 mm pour le chevalier blanc; 24,0 à 65,5 mm pour le chevalier jaune; 32,0 à 63,0 mm pour le chevalier de rivière; 37,5 à 48,0 mm pour le chevalier cuivré. L'équation générale de la relation est donnée par : Log ₁₀ (Poids (g)) = b + m * Log ₁₀ (Longueur totale (mm)).....	28
1.5	Coefficients de condition (indice de Fulton) des juvéniles 0+ et 1+ des cinq espèces de chevalier (spécimens préservés dans le formol tamponné 10 %) de la rivière Richelieu. Les chevaliers 0+ (n = 1654) ont été capturés du 5 août au 5 novembre 1997 dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours et ceux âgés de un an (n = 1166), du 25 mai au 12 juin 1998 dans la région de Saint-Marc. Également, on retrouve les coefficients de condition par secteur des juvéniles 0+ des différentes espèces de chevalier capturés simultanément dans ces deux portions de la rivière du 24 septembre au 21 octobre 1997. Les moyennes affichant la même lettre en exposant ne diffèrent pas statistiquement entre les espèces à un âge ou au sein d'un secteur donné (test de Tukey-Kramer, p > 0,05). σ : écart type, n : effectif. L'indice de Fulton (K) est donné par : K = poids (g) * 10 ⁵ / longueur totale ³ (mm).....	30

1.6	Comparaison de la taille moyenne (longueur totale (mm)) des chevaliers juvéniles 0+ de 1997 (n = 218) capturés dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours à l'automne (du 21 octobre au 5 novembre) et des chevaliers 1+ de 1998 (n = 228) capturés dans le secteur de Saint-Marc au printemps (les 25 et 26 mai). Total : ensemble des chevaliers. Les moyennes affichant la même lettre en exposant ne diffèrent pas statistiquement (ANOVA ou test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$, selon la distribution des variables).....	33
1.7	Pourcentages moyens en nombre (% Nbre) et fréquences d'occurrence (% Occ) des catégories d'organismes composant le régime alimentaire des juvéniles 0+ des cinq espèces de chevalier du secteur de Saint-Marc capturés du 12 août au 5 novembre 1997. Pour chacune des espèces, on présente également les longueurs totales (LT) et les poids (moyens, minimum et maximum) des spécimens dont le tractus digestif contenait des proies. Non id : non identifiés.....	37
1.8	Pourcentages moyens en nombre (% Nbre) et fréquences d'occurrence (% Occ) des catégories d'organismes composant le régime alimentaire estival (mois d'août et septembre) des juvéniles 0+ des cinq espèces de chevalier du secteur de Saint-Marc capturés du 12 août au 24 septembre 1997 (n= 74) et le 21 septembre 1998 (n = 1 chevalier cuivré). Pour chacune des espèces, on présente également les longueurs totales (LT) et les poids (moyens, minimum et maximum) des spécimens dont le tractus digestif contenait des proies. Non id : non identifiés.....	42
1.9	Pourcentages moyens en nombre (% Nbre) et fréquences d'occurrence (% Occ) des catégories d'organismes composant le régime alimentaire automnal (mois d'octobre et novembre) des juvéniles 0+ des cinq espèces de chevalier du secteur de Saint-Marc capturés du 7 octobre au 5 novembre 1997 (n= 99). Pour chacune des espèces, on présente également les longueurs totales (LT) et les poids (moyens, minimum et maximum) des spécimens dont le tractus digestif contenait des proies. Non id : non identifiés.....	43
1.10	Pourcentages moyens en nombre (% Nbre) et fréquences d'occurrence (% Occ) des catégories d'organismes composant le régime alimentaire des juvéniles 1+ des cinq espèces de chevalier du secteur de Saint-Marc capturés les 8 et 9 juin 1998 (n= 46) et le 12 juin 1997 (n = 1 chevalier cuivré). Pour chacune des espèces, on présente également les longueurs totales (LT) et les poids (moyens, minimum et maximum) des spécimens dont le tractus digestif contenait des proies. Non id : non identifiés.....	50
1.11	Composition du régime alimentaire (nombre et pourcentage relatif des proies) d'un chevalier de rivière âgé de deux ans capturé dans le secteur de Saint-Marc (rivière Richelieu) le 10 juin 1998. Non id : non identifiés.....	53
1.12	Comparaison des indices de Schoener (recouvrement alimentaire) entre les espèces pour l'ensemble des chevaliers 0+ capturés du 12 août au 5 novembre 1997 et le 21 septembre 1998 (n = 1 chevalier cuivré), pour les chevaliers 0+ de la saison estivale (mois d'août et septembre) et automnale (mois d'octobre et novembre) et pour les chevaliers 1+ capturés le 12 juin 1997 (n = 1 chevalier cuivré) et les 8 et 9 juin 1998. Les astérisques indiquent les recouvrements significatifs entre les espèces (significatif si $> 0,6$).....	54

2.1	Composantes et classes granulométriques utilisées pour évaluer la nature du substrat lors des travaux sur le terrain.....	91
2.2	Catégories de substrat et cotes correspondantes utilisées pour les analyses statistiques.....	91
2.3	Bilan des captures de chevaliers 0+ et 1+ en 1997 et 1998 dans la rivière Richelieu au niveau de trois secteurs (Bassin de Chambly, Saint-Marc et Saint-Ours). Total : ensemble des chevaliers.....	99
2.4	Comparaison du nombre moyen de chevaliers 0+ (total et par espèce) capturés par coup de seine (moy) dans le secteur de Saint-Marc en 1997 (du 24 septembre au 5 novembre) et en 1998 (du 21 au 24 septembre et le 8 octobre). On trouve également l'écart type (σ), l'effectif (n) ainsi que le résultat du test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$	102
2.5	Comparaison des captures moyennes (moy) par coup de seine de chevaliers 0+ et 1+ en fonction de la période de la journée (AM, PM et soirée). Les captures moyennes en caractères gras sont statistiquement différentes (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre deux périodes de la journée (AM vs PM ou jour vs soir). En 1997, seules les stations ne présentant pas de spécimens non identifiés ont été retenues pour ces comparaisons. Total : ensemble des chevaliers, σ : écart type.....	105
2.6	Comparaison des CPUE moyennes (moy) des juvéniles 0+ et 1+ des cinq espèces de chevalier entre les stations localisées en rives gauche et droite et aux îles (Jeannotte et aux Cerfs) pour le secteur de Saint-Marc. Pour 1997, seules les stations où tous les spécimens ont pu être identifiés ont été considérées. Pour 1998, seules les stations faisant partie de l'échantillonnage systématique ($n = 40$) ont été retenues. Les analyses statistiques portent sur les CPUE moyennes entre les rives gauche et droite. Les CPUE moyennes en caractères gras sont statistiquement différentes entre les rives gauche et droite à une période donnée (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Total : ensemble des chevaliers, σ : écart type.....	108
2.7	Résultats des analyses de corrélation (corrélations de Spearman, $p < 0,05$) entre le nombre total de chevaliers 0+ capturés en 1997 aux diverses stations caractérisées et les différentes variables environnementales. Les résultats sont présentés pour l'ensemble des chevaliers (toutes espèces confondues) des secteurs de Saint-Marc (40 stations échantillonnées du 29 juillet au 12 août) et de Saint-Ours (43 stations échantillonnées du 26 août au 15 septembre) conjointement et séparément de même que par espèce pour les chevaliers capturés dans le secteur de Saint-Ours. SM : Saint-Marc, SO : Saint-Ours, seuil statistique: résultat de l'analyse de la corrélation de Spearman, $p < 0,05$, n.s : non significatif, * : $p < 0,05$, ** : $p < 0,01$, *** : $p < 0,0001$, a : données non disponibles pour cette variable, r_s : coefficient de corrélation de Spearman. Seule la corrélation en caractères gras demeure significative après l'application de la correction de Bonferroni.....	112
2.8	Comparaison des caractéristiques environnementales entre les stations où des chevaliers 0+ ont été capturés ($n = 75$) et celles où ils étaient absents ($n = 8$) dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu à l'été 1997. Les pêches et la caractérisation ont été menées du 29 juillet au 12 août dans le secteur de Saint-Marc (40 stations) et du 26 août au 15 septembre (43 stations). Moy : moyenne, σ : écart type, seuil statistique : résultat du test de comparaison de moyennes (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), n.s: non significatif, * : $p < 0,05$, ** : $p < 0,01$	115

- 2.9 Comparaison des caractéristiques environnementales et des CPUE moyennes de juvéniles 0+ de chevaliers (incluant les spécimens non identifiés) entre les stations localisées en rive gauche et en rive droite dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu. Les pêches et la caractérisation ont été menées du 29 juillet au 12 août 1997 (16 stations par rive). Moy : moyenne, σ : écart type, seuil statistique : résultat du test de comparaison de moyennes (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), n.s : non significatif, * : $p < 0,05$, ** : $p < 0,01$ 119
- 2.10 Résultats des analyses de corrélation (corrélations de Spearman, $p < 0,05$) entre le nombre total de chevaliers 0+ capturés aux diverses stations ($n = 40$) à l'automne 1998 dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu (du 21 au 24 septembre) et les différentes variables environnementales. Les résultats sont présentés pour l'ensemble des chevaliers 0+ (Total = toutes espèces confondues) de même que pour les chevaliers rouge, blanc et jaune. Seuil statistique : résultat de l'analyse de la corrélation de Spearman, $p < 0,05$, n.s : non significatif, * : $p < 0,05$, ** : $p < 0,01$, *** : $p < 0,001$, r_s : coefficient de corrélation de Spearman. Aucune corrélation ne s'est avérée significative après l'application de la correction de Bonferroni..... 121
- 2.11 Comparaison des caractéristiques environnementales entre les stations où des chevaliers 0+ ont été capturés ($n = 28$) et celles où ils étaient absents ($n = 12$) dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu à l'automne 1998 (du 21 au 24 septembre). Les pêches ont été réalisées aux même stations que celles visitées en 1997 dans le cadre de l'échantillonnage systématique ($n = 40$ stations). Moy : moyenne, σ : écart type, seuil statistique : résultat du test de comparaison de moyennes (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), n.s : non significatif, * : $p < 0,05$, ** : $p < 0,01$ 122
- 2.12 Comparaison des caractéristiques environnementales et des CPUE moyennes de juvéniles 0+ de chevaliers entre les stations localisées en rive gauche et en rive droite dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu. Les pêches et la caractérisation ont été menées du 21 au 24 septembre 1998 (16 stations par rive). Moy : moyenne, σ : écart type, seuil statistique : résultat du test de comparaison de moyennes (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), n.s : non significatif, * : $p < 0,05$, ** : $p < 0,01$ 124
- 2.13 Résultats des analyses de corrélation (corrélations de Spearman, $p < 0,05$) entre le nombre total de chevaliers 1+ capturés aux diverses stations ($n = 40$) au printemps 1998 dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu (du 25 au 28 mai) et les différentes variables environnementales. Les résultats sont présentés pour l'ensemble des chevaliers 1+ (Total = toutes espèces confondues) de même que pour les chevaliers rouge, blanc, jaune et de rivière. Seuil statistique : résultat de l'analyse de la corrélation de Spearman, $p < 0,05$, n.s : non significatif, * : $p < 0,05$, ** : $p < 0,01$, *** : $p < 0,0001$, r_s : coefficient de corrélation de Spearman. Aucune corrélation ne s'est avérée significative après l'application de la correction de Bonferroni..... 126
- 2.14 Comparaison des caractéristiques environnementales entre les stations où des chevaliers 1+ ont été capturés ($n = 18$) et celles où ils étaient absents ($n = 22$) dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu au printemps 1998 (du 25 au 28 mai). Moy : moyenne, σ : écart type, seuil statistique : résultat du test de comparaison de moyennes (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), n.s : non significatif, * : $p < 0,05$, ** : $p < 0,01$ 127

- 2.15 Comparaison des caractéristiques environnementales et des CPUE moyennes de juvéniles 1+ de chevaliers entre les stations localisées en rive gauche et en rive droite dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu. Les pêches et la caractérisation ont été menées du 25 au 28 mai 1998 (16 stations par rive). Moy : moyenne, σ : écart type, seuil statistique : résultat du test de comparaison de moyennes (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), n.s : non significatif, * : $p < 0,05$, ** : $p < 0,01$ 128

LISTE DES FIGURES

Figure	Page	
1.1	Aire de distribution du chevalier cuivré (zones ombrées). Les trois secteurs de la rivière Richelieu échantillonnés dans le cadre de cette étude (1997-1998) sont également présentés : Bassin de Chambly (vert), Saint-Marc (rouge) et Saint-Ours (bleu). Modifié de Gendron et Branchaud (1997).....	2
1.2	Évolution temporelle des longueurs totales moyennes (mm) des juvéniles 0+ des cinq espèces de chevalier (<i>M. anisurum</i> , <i>M. macrolepidotum</i> , <i>M. valenciennesi</i> , <i>M. carinatum</i> et <i>M. hubbsi</i>) capturés du 5 août au 5 novembre 1997 dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu (n = 1906). Les barres représentent les écarts types.....	21
1.3	Évolution temporelle des longueurs totales moyennes (mm) des juvéniles 1+ de quatre espèces de chevalier (<i>M. anisurum</i> , <i>M. macrolepidotum</i> , <i>M. valenciennesi</i> , <i>M. carinatum</i>) capturés du 25 mai au 8 octobre dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu en 1997 (n = 63) et en 1998 (n = 1262). Les barres représentent les écarts types.....	23
1.4	Comparaison de la croissance en longueur des juvéniles 0+ des cinq espèces de chevalier capturés dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu en 1997. Les équations des droites de régression de la longueur totale en fonction de la date d'échantillonnage (exprimée en jour julien) sont données sous le graphique. R ² : coefficient de détermination, p : niveau de signification de la pente (test de t de Student), n : effectif.....	26
1.5	Comparaison de la croissance en poids des juvéniles 0+ des cinq espèces de chevalier capturés dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu en 1997. Les équations des droites de régression du poids en fonction de la date d'échantillonnage (exprimée en jour julien) sont données sous le graphique. R ² : coefficient de détermination, p : niveau de signification de la pente (test de t de Student), n : effectif.....	27
1.6	Comparaison de l'abondance relative par classe de taille (longueur totale) entre les chevaliers 0+ et 1+ capturés dans la rivière Richelieu à l'automne 1997 (du 21 octobre au 5 novembre) et au printemps 1998 (25 et 26 mai). A : toutes espèces confondues (218 chevaliers 0+ et 228 âgés de un an). B : chevaliers rouges capturés à la même période dont 131 jeunes de l'année et 175 âgés de un an. Les valeurs au haut des colonnes représentent les effectifs pour chacune des classes de taille.....	32
1.7	Évaluation de la mortalité sélective hivernale selon la taille des chevaliers 0+ de la cohorte de 1997 par la méthode de Post et Evans (1989). Les chevaliers 0+ ont été capturés du 21 octobre au 5 novembre 1997 et les juvéniles 1+ ont été capturés les 25 et 26 mai 1998. A : ensemble des chevaliers (toutes espèces confondues) et B : chevalier rouge. Les graphiques des quantiles sont à gauche et ceux de l'accroissement à droite. LT : longueur totale, pente : pente de la droite de régression, r : coefficient de corrélation de Pearson.....	34

1.8	Évolution temporelle du nombre moyen de proies répertoriées dans les tractus digestifs des juvéniles 0+ des cinq espèces de chevalier capturés dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu du 12 août au 5 novembre 1997.....	44
1.9	Comparaison des pourcentages (% en Nombre) des sept grands groupes de proies dans le régime alimentaire de l'été (mois d'août et septembre) et de l'automne (mois d'octobre et novembre) des juvéniles 0+ de chacune des espèces de chevalier. Les astérisques indiquent les différences significatives, pour un groupe donné, entre les saisons (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$).....	45
1.10	Comparaison des pourcentages (% en Nombre) des principales catégories de proies dans le régime alimentaire de l'été (mois d'août et septembre) et de l'automne (mois d'octobre et novembre) des juvéniles 0+ de chacune des espèces de chevalier. Les astérisques indiquent les différences significatives, pour un groupe donné, entre les saisons (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). CHY : chydoridés; CYC : copépodes cyclopoïdes; HAR : copépodes harpacticoïdes; NAU : nauplii de copépodes; OST : ostracodes; CHL : larves de chironomides; DIA : diatomées; DES : desmidées.....	46
1.11	Comparaison de la taille moyenne (micromètres) de certaines catégories et de l'ensemble de ces proies (global) recensées dans les tractus digestifs des juvéniles 0+ des cinq espèces de chevalier. Pour une proie donnée, des lettres identiques indiquent que la taille moyenne ne diffère pas entre les espèces (test de Tukey-Kramer, $p > 0,05$). Pour chacune des espèces, la proportion de la diète représentée par ces proies est de : 68,9 % (cuivré), 77,4 % (blanc), 76,3 % (rivière), 79,1 % (jaune) et 86,8 % (rouge). CHY : chydoridés; CLA : cladocères non identifiés; CHL : larves de chironomides; HAR : copépodes harpacticoïdes; NAU : nauplii de copépodes; OST : ostracodes; PRO : protozoaires; DES : desmidées; DIA : diatomées; GLOBAL : ensemble de ces proies. Les barres représentent les écarts types.....	56
1.12	Évolution temporelle de la longueur totale moyenne des proies (calculée à partir de l'indice composite) ingérées par les juvéniles 0+ des cinq espèces de chevalier capturés dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu du 12 août au 5 novembre 1997. Les barres représentent les écarts types.....	58
1.13	Comparaison de la taille moyenne (micromètres) de certaines catégories et de l'ensemble de ces proies (global) recensées dans les tractus digestifs des juvéniles 1+ des cinq espèces de chevalier. Pour une proie donnée, des lettres identiques indiquent que la taille moyenne ne diffère pas entre les espèces (test de Tukey-Kramer, $p > 0,05$). Pour chacune des espèces, la proportion de la diète représentée par ces proies est de : 71,7 % (cuivré), 86,1 % (blanc), 68,9 % (rivière), 81,3 % (jaune) et 92,2 % (rouge). CHY : chydoridés; CHL : larves de chironomides; HAR : copépodes harpacticoïdes; OST : ostracodes; PRO : protozoaires; DES : desmidées; DIA : diatomées; GLOBAL : ensemble de ces proies. Les barres représentent les écarts types.....	59
2.1	Répartition des stations d'échantillonnage (1997-1998) dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu. Les stations où des chevaliers cuivrés (0+ et 1+) ont été capturés sont en jaune et identifiées par leur numéro.....	88

2.2	Abondance relative des juvéniles 0+ et 1+ des cinq espèces de chevalier. A : chevaliers 0+ identifiés de 1997 capturés du 5 août au 5 novembre (n = 1906), B : chevaliers 1+ de 1997 capturés du 12 juin au 5 novembre (n = 63), C : chevaliers 1+ du printemps 1998 capturés du 25 mai au 12 juin (n = 1431), D : chevaliers 0+ de 1998 (n = 572) et E : chevaliers 1+ de 1998 capturés du 21 au 24 septembre et le 8 octobre. Les chiffres qui figurent au haut des colonnes représentent les effectifs.....	100
2.3	Évolution temporelle de la température de l'eau et des CPUE moyennes par date d'échantillonnage de chevaliers juvéniles 0+ entre le 24 septembre et le 21 novembre 1997 dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu.....	104
2.4	Distribution de fréquence des captures par coup de seine des juvéniles 0+ et 1+ de chevalier dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu en 1997 et 1998. n : nombre de coups de seine, v / m : rapport de la variance sur la moyenne.....	110
2.5	Comparaison des CPUE moyennes de chevaliers juvéniles 0+ capturés en 1997 dans les secteurs de Saint-Marc (du 29 juillet au 12 août) et de Saint-Ours (du 26 août au 15 septembre) selon différentes classes de variables environnementales. Les classes affichant les mêmes lettres ne diffèrent pas statistiquement au niveau des CPUE moyennes, $p > 0,05$ (tests de Kruskal-Wallis ou ANOVA et / ou test de Tukey-Kramer).....	116

LISTE DES ANNEXES

Annexe	Page	
1	Quelques critères d'identification des juvéniles des différentes espèces de chevalier de la rivière Richelieu. (Photos : Nathalie Vachon et Alain Branchaud, traitement d'image: Benoît Vachon).....	165
2	Paramètres des équations des relations longueur totale-longueur standard des juvéniles 0+ et 1+ (longueur totale inférieure à 100 mm) des cinq espèces de chevalier. Ces spécimens ont été capturés dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu en 1997 et en 1998. L'étendue des tailles (longueur totale) pour chacune des espèces est de : 30,0 à 97,0 mm pour le chevalier rouge; 40,0 à 88,0 mm pour le chevalier blanc; 24,0 à 69,5 mm pour le chevalier jaune; 32,0 à 72,0 mm pour le chevalier de rivière; 36,0 à 53,5 mm pour le chevalier cuivré. L'équation générale de la relation est donnée par : Longueur totale (mm) = b + m * (Longueur standard (mm)).....	167
3	Paramètres des équations des relations reliant les poids frais aux poids de juvéniles 0+ de chevalier rouge après avoir séjourné 26 et 53 jours dans le formol tamponné 10 % ou l'éthanol 95 %. Les spécimens ont été capturés dans le secteur de Saint-Marc le 24 septembre 1998. L'équation générale de la relation est donnée par : Poids (g) frais = b + m * Poids (g) après préservation.....	168
4	Tableau de conversion utilisé pour synthétiser les données recueillies sur le terrain concernant la végétation. Pour cette conversion, le nombre de plantes, leur rang de même que la densité du recouvrement végétal à l'intérieur de chacun des quadrats ont été considérés.....	169
5	Détails concernant les captures de juvéniles 0+ et 1+ (n = 16) de chevalier cuivré dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu en 1997 et en 1998.....	171
6	Bilan des captures des spécimens adultes et juvéniles âgés de plus de deux ans appartenant à la famille des Catostomidés au cours des échantillonnages à la seine de rivage de 1997 et de 1998 dans la Rivière Richelieu (secteurs du Bassin de Chambly, Saint-Marc et Saint-Ours). A : adulte, J : juvénile âge non déterminé, J 2+ : juvénile âgé de 2 ans, * : âge non déterminé.....	172
7	Liste des espèces (autres que les Catostomidés) rencontrées dans la rivière Richelieu au cours des échantillonnages à la seine de rivage en 1997 et en 1998. Cette liste n'est pas exhaustive pour la famille des Esocidés, le genre <i>Notropis</i> (famille des Cyprinidés) et ceux du genre <i>Etheostoma</i> (famille des Percidés).....	173
8	Renseignements concernant les spécimens de la famille des Catostomidés capturés à la seine coulissante dans le secteur de Saint-Marc, au large de l'île Jeannotte, les 2 et 3 juin 1998. MOAN : chevalier blanc, MOMA : chevalier rouge, MOCA : chevalier de rivière, MOHU : chevalier cuivré, CACO : meunier noir, LT : longueur totale (mm), ind. : sexe indéterminé, M : mâle, F : femelle, stade : stade de maturité sexuelle (Nikolsky 1963).....	174

RÉSUMÉ

Le chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*), seul vertébré endémique au Québec, est menacé d'extinction (officiellement désigné menacé en vertu de la Loi québécoise sur les espèces menacées ou vulnérables depuis le 8 avril 1999). La seule population encore décelable est dans la rivière Richelieu où elle vit en sympatrie avec quatre autres espèces du même genre (*M. macrolepidotum*, *M. anisurum*, *M. valenciennesi* et *M. carinatum*). Différentes études ont mis en évidence une diminution de son abondance et de son aire de répartition et un faible succès de reproduction. Les causes potentielles de son déclin seraient d'origine anthropique, principalement attribuables à la détérioration et à la contamination de l'habitat. À l'heure actuelle, les divers travaux ont porté principalement sur les adultes du chevalier cuivré mais les données concernant les juvéniles et les interactions entre les différentes espèces en milieu naturel sont encore très fragmentaires. L'acquisition de connaissances sur l'ensemble du cycle vital est primordiale pour la mise en place de mesures visant sa sauvegarde. En vue de compléter nos connaissances, cette étude vise à comparer la croissance et l'alimentation de même qu'à caractériser l'habitat des juvéniles 0+ et 1+ des différentes espèces de chevalier dans la rivière Richelieu. Deux hypothèses ont été mises de l'avant en rapport avec l'alimentation. La première prévoit que les espèces dont les périodes de fraie sont rapprochées présentent un recouvrement plus élevé de leur régime alimentaire et la seconde stipule que le degré de recouvrement du régime alimentaire des juvéniles 0+ des différentes espèces est plus élevé durant l'été et s'atténue à l'automne. Les spécimens ont été capturés à la seine de rivage de juin à novembre 1997 ainsi qu'au printemps et à l'automne 1998. L'abondance relative des juvéniles 0+ et 1+ de chevalier cuivré est très faible soit 0,4 % (16 spécimens ont été capturés). Au cours de la première année, les jeunes chevaliers fréquentent les rives caractérisées par de faibles profondeurs (profondeur moyenne $\leq 1,5$ m et profondeur maximale ≤ 3 m), de faibles pentes ($\leq 20^\circ$), pourvues de végétation et où le substrat est relativement fin (mélange d'argile-limon et sable). La taille moyenne des jeunes chevaliers cuivrés de l'année (40,4 mm) est nettement inférieure à celle des autres espèces qui est d'environ 60 mm pour les chevaliers rouge et blanc, 52 mm chez le jaune et de 48,7 mm chez le chevalier de rivière. Les mêmes tendances ont été trouvées chez les juvéniles 1+. Les juvéniles 0+ et 1+ de chevalier s'alimentent principalement de microcrustacés (cladocères de la famille des chydoridés et copépodes harpacticoides), des larves d'insectes (chironomides), de vers (nématodes) et d'algues (diatomées et desmidées). Les régimes alimentaires diffèrent généralement peu entre les espèces (recouvrement élevé) à l'exception du chevalier rouge qui se distingue nettement des autres par sa plus grande utilisation de larves d'insectes. De même, au fil de leur première saison de croissance, les régimes alimentaires des jeunes chevaliers des différentes espèces varient peu. Ces résultats infirment les deux hypothèses précédemment énoncées. Plusieurs données recueillies au cours de la présente étude mettent en évidence que les jeunes chevaliers cuivrés présentent davantage de caractères de vulnérabilité par rapport aux autres espèces et ce, dès leur première année de vie. Pour l'ensemble de l'échantillon de jeunes chevaliers, nous n'avons pu mettre en évidence de mortalité qui serait sélective quant à la taille au cours de leur premier hiver. Cependant, dans le cas particulier du chevalier cuivré, en raison du très faible nombre de captures, l'hypothèse ne peut être rejetée. Nos résultats ne viennent que confirmer que le chevalier cuivré est en danger de disparition. Des actions concrètes telles la protection des aires de reproduction et d'alevinage, l'élaboration d'un plan de reproduction de même que l'ensemencement de spécimens de plus grande taille que ceux déjà remis en milieu naturel doivent être mises de l'avant le plus tôt possible pour le sauvegarder. Enfin, un suivi périodique du recrutement des jeunes chevaliers de l'année pourrait être effectué en vue de mesurer l'impact des diverses actions entreprises et de suivre de près les populations de chevaliers jaune et de rivière qui pourraient également être en difficulté dans la rivière Richelieu.

Mots clés : *Moxostoma hubbsi*, menacé, juvénile, alimentation, croissance, habitat, identification.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La disparition d'espèces tant animales que végétales est un phénomène mondial de plus en plus préoccupant. Depuis le début de la présente décennie, l'*Ecological Society of America* considère le volet de la diversité biologique, qui inclut entre autres la conservation d'espèces rares ou en déclin, comme l'une de ses trois priorités de recherche (Lubchenco *et al.* 1991). Le Québec n'est pas à l'abri de ce phénomène et compte plusieurs espèces en difficulté. Parmi elles, une espèce de la faune ichthyenne endémique au Québec, le chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) (ancien suceur cuivré, voir Branchaud *et al.* 1998) est menacée (Comité d'intervention 1995, 1999, La Haye et Huot 1995, McAllister *et al.* 1985, Mongeau *et al.* 1986, 1988). Déjà désignée menacée par le CSEMDC (Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada) depuis 1987, elle vient tout juste de se voir attribuer un tel statut (le 8 avril 1999) en vertu de la Loi québécoise sur les espèces menacées ou vulnérables. Il s'agit de la première espèce faunique à bénéficier de la protection de cette Loi qui, pourtant, a été adoptée en juin 1989.

Jusqu'à tout récemment, la découverte du chevalier cuivré a été attribuée à Vianney Legendre en 1942 (Legendre 1942) mais ce serait Pierre Fortin qui l'aurait découvert et décrit pour la première fois en 1866 (Branchaud et Jenkins 1999). Les différents inventaires ichthyologiques menés depuis 1942 confirment que l'espèce est rare et que sa répartition géographique, très restreinte, se limite au sud-ouest du Québec dans les cours d'eau de la plaine du Saint-Laurent (Figure 1.1) (Mongeau *et al.* 1988). Le chevalier cuivré n'a jamais été recensé ailleurs que dans la présente aire de distribution connue (Jenkins 1970, Mongeau *et al.* 1986).

La distribution mondiale des chevaliers se limite à l'Amérique du Nord (Scott et Crossman 1974). Au Québec, le chevalier cuivré vit en sympatrie avec quatre autres espèces du même genre soit : le chevalier rouge (*Moxostoma macrolepidotum*), le chevalier blanc (*Moxostoma anisurum*), le chevalier jaune (*Moxostoma valenciennesi*) et le chevalier de rivière (*Moxostoma carinatum*) (Boulet *et al.* 1995, 1996, Dumont *et al.* 1997, La Haye *et al.* 1992, 1993, Mongeau 1979a et 1979b). Parmi ces espèces, le chevalier de rivière est considéré comme une espèce vulnérable au Canada par le CSEMDC depuis 1983 (Parker 1988); son statut est actuellement en révision. Dans son dernier rapport, le CSEMDC mentionne que le cas du chevalier jaune sera considéré et que cette espèce pourrait se voir attribuer le statut d'espèce vulnérable au Canada (Campbell 1998).

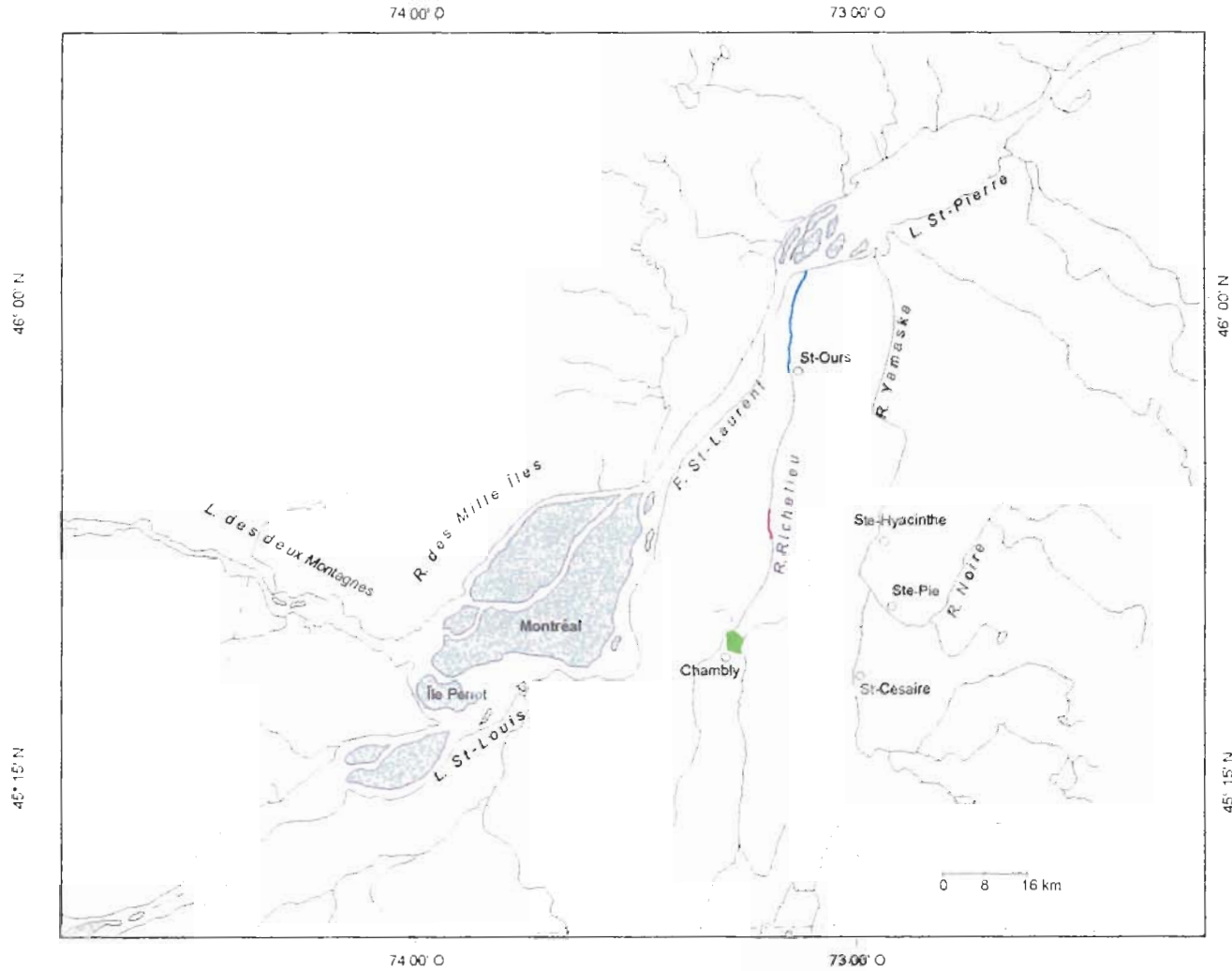


Figure 1.1. Aire de distribution du chevalier cuivré (zones ombrées). Les **trois secteurs** de la rivière Richelieu échantillonnés dans le cadre de cette étude (1997-1998) sont également présentés : Bassin de Chambly (vert), Saint-Marc (rouge) et Saint-Ours (bleu) Modifié de Gendron et Branchaud (1997).

Le Québec n'est pas le seul endroit où la population de chevalier jaune éprouve des difficultés. En Illinois, cette espèce pourrait, sous peu, faire partie de la liste officielle des espèces en danger établie par le U. S. Fish & Wildlife Service. La dégradation des habitats aquatiques serait en cause (Burr *et al.* 1996).

Plusieurs caractéristiques biologiques du chevalier cuivré en font une espèce unique. Comparativement aux autres *Moxostoma*, le chevalier cuivré est l'espèce qui atteint les plus grandes tailles, est la plus longévive (au moins 21 ans), la plus féconde et parvient à la maturité sexuelle à l'âge le plus avancé (10 ans). La conformation particulière de son appareil pharyngien, robuste et pourvu de dents molariformes, permet le broyage des coquilles de mollusques dont il se nourrit presque exclusivement à l'état adulte. Certaines caractéristiques du chevalier de rivière ressemblent à celles du cuivré. Il est également doté d'un appareil pharyngien pourvu de dents molariformes mais ce dernier est moins spécialisé que chez son congénère (Eastman 1977, Jenkins 1970, Mongeau *et al.* 1986, 1992). Selon Parent et Schmil (1995) plusieurs caractéristiques de la biologie des chevaliers cuivré et de rivière en font des espèces particulièrement à risque d'extinction.

Les rivières Richelieu, Yamaska (en amont du barrage de Saint-Hyacinthe) et Noire représentent, dans l'ordre, les cours d'eau où les populations de chevalier cuivré sont les plus abondantes (Mongeau *et al.* 1986). Il est toutefois permis de s'interroger sur l'état des populations de chevalier cuivré et de rivière dans les rivières Yamaska et Noire. Seulement quelques spécimens de chevalier cuivré et aucun chevalier de rivière ont été répertoriés récemment dans ces deux rivières alors qu'ils avaient été capturés en plus grand nombre au cours des années 60. Des constatations semblables peuvent être faites en ce qui concerne la population de chevalier cuivré de la rivière des Mille îles. Aujourd'hui, plusieurs sont d'avis que la rivière Richelieu abrite la seule population encore décelable (Boulet *et al.* 1995, Gendron et Branchaud 1997, Mongeau *et al.* 1986, 1992). En plus de la diminution de son aire de répartition, d'autres indices, obtenus grâce à des fouilles archéologiques, font état de la diminution de l'abondance relative du chevalier cuivré par rapport aux autres espèces du genre *Moxostoma* comparativement à diverses époques de l'Histoire et de la Préhistoire (Mongeau *et al.* 1986). Dès le début du 18^{ième} siècle, les Catostomidés étaient vendus comme aliment dans les marchés et au cours du 19^{ième} et de la première moitié du 20^{ième} siècle, il existait une pêcherie commerciale. Vraisemblablement, le chevalier cuivré était assez recherché comme aliment au siècle dernier (Branchaud et Jenkins 1999, Mongeau *et al.* 1986). La surpêche dont il aurait fait l'objet à cette époque, a possiblement contribué à son déclin (Branchaud et Jenkins 1999). La consommation de chevalier cuivré remonterait cependant à une époque encore plus

lointaine puisque des ossements (appareils pharyngiens) ont été trouvés au site de Mandeville (époque de la Préhistoire) autrefois occupé par les Iroquois (Mongeau *et al.* 1986).

Plusieurs études ont mis en évidence un possible vieillissement de la population de chevalier cuivré qui résulterait, en fait, de problèmes de recrutement découlant du faible succès de reproduction (Branchaud *et al.* 1993, 1995, Boulet *et al.* 1995, 1996, La Haye *et al.* 1992, Mongeau *et al.* 1986, 1992). Des problèmes de recrutement ont également été reliés au vieillissement de la population de deux autres espèces menacées appartenant à la famille des Catostomidés, soit *Chasmistes cujus* et *Xyrauchen texanus* (Minckley 1983, Scoppettone 1988). La difficulté de se reproduire qu'éprouve le chevalier cuivré (même si cette espèce est la plus féconde) tout comme la détérioration de son habitat seraient des éléments clés pour expliquer son déclin. Comme les cours d'eau fréquentés par le chevalier cuivré se trouvent dans les régions les plus densément peuplées du Québec, des facteurs d'origine anthropique pourraient être en cause (Gendron et Branchaud 1997, Mongeau *et al.* 1986, 1992). La contamination des cours d'eau est susceptible d'affecter les populations de mollusques dont se nourrit exclusivement le chevalier cuivré et entraîne l'augmentation des herbiers ce qui favoriserait d'autres espèces potentiellement compétitrices des Catostomidés (Mongeau *et al.* 1986, 1992). Gendron et Branchaud (1997) suggèrent que les métabolites des alkylphénols polyéthoxylates (APEs) seraient susceptibles de nuire au processus de maturation finale des gamètes chez le chevalier cuivré alors que l'atrazine ainsi que d'autres pesticides (exemple : diazinon et carbofuran) pourraient perturber les facultés olfactives des géniteurs ce qui affecterait la perception des phéromones, substances contribuant à synchroniser la maturation des gamètes des deux sexes ainsi que leur comportement de fraie. Parce qu'il fraie plus tardivement (fin de juin et début de juillet) que les autres espèces, le chevalier cuivré serait davantage exposé aux contaminants puisque les débits d'eau (qui sont contrôlés par des barrages) sont à la baisse à cette période. En outre, les niveaux les plus élevés d'atrazine dans la rivière Richelieu surviennent généralement au moment des rassemblements de géniteurs ou au cours de la période de fraie du chevalier cuivré (Gendron et Branchaud 1997). Le morcellement de l'habitat par la construction de barrages qui entrave la libre circulation des géniteurs, l'accélération du processus d'érosion (envasement) et l'occupation des aires de reproduction du Bassin de Chambly (la plus importante des deux frayères connues de chevalier cuivré) par les plaisanciers au cours de la période de fraie du chevalier cuivré, sont autant d'autres facteurs qui pourraient contribuer à mettre en péril l'espèce (Dumont *et al.* 1997, Gendron et Branchaud 1997, 1998, Mongeau *et al.* 1986, 1992).

La survie des jeunes de l'année est d'une grande importance pour assurer le renouvellement de la population et ultimement la survie de l'espèce. À ce jour, les données concernant les juvéniles des cinq espèces de chevalier de la rivière Richelieu sont très fragmentaires. Ainsi, en vue de compléter nos connaissances cette étude porte sur l'écologie (croissance, alimentation et habitat) des juvéniles du chevalier cuivré en comparaison avec les quatre autres espèces de chevalier. Une attention particulière sera portée au chevalier de rivière qui est également en situation précaire dans la rivière Richelieu. Les nouvelles connaissances générées dans le cadre de la présente étude pourront éventuellement servir de base pour guider d'éventuelsensemencements de repeuplement, servir de point de comparaison et orienter de futures campagnes d'échantillonnage en vue de suivre le recrutement et mener à la protection de certains habitats privilégiés par les juvéniles.

OBJECTIFS

Deux objectifs ont été définis pour la présente étude :

Dans le système de la rivière Richelieu :

1- Comparer l'alimentation et la croissance des juvéniles 0+ et 1+ des différentes espèces de chevalier à diverses périodes de l'année.

2- Caractériser l'habitat des juvéniles 0+ et 1+ des différentes espèces de chevalier.

Caractéristiques abiotiques : nature du substrat, profondeur, vitesse du courant, transparence de l'eau, abondance et composition de la végétation.

Caractéristiques biotiques : disponibilité des ressources alimentaires.

Soulignons que ces comparaisons dépendront du nombre de spécimens capturés pour chacune des espèces.

HYPOTHÈSES

Deux hypothèses ont été mises de l'avant en rapport avec l'objectif 1 :

1- Les espèces dont les périodes de fraie sont rapprochées présentent un degré plus élevé de recouvrement alimentaire.

2- Le degré de recouvrement du régime alimentaire des juvéniles 0+ des différentes espèces est plus élevé durant l'été et s'atténue à l'automne.

En rapport avec l'objectif 2, aucune hypothèse particulière n'a été énoncée car nos connaissances sont insuffisantes.

CHAPITRE I

CROISSANCE ET ALIMENTATION DES JUVÉNILES 0+ ET 1+ DES CINQ ESPÈCES DE CHEVALIER DANS LA RIVIÈRE RICHELIEU

1.1 Introduction

À l'heure actuelle, peu de chercheurs se sont attardés à étudier et à comparer la croissance et l'alimentation de juvéniles de l'année de Catostomidés vivant en sympatrie. De façon générale, les données concernant les larves et les juvéniles sont beaucoup moins abondantes que celles disponibles pour les adultes. Dans le système de la rivière Richelieu, bien que de nombreux efforts aient été faits pour acquérir des connaissances sur la biologie des adultes de chevaliers, nous faisons face à un manque flagrant de données concernant les juvéniles 0+ et 1+ ainsi que les interactions entre les espèces en milieu naturel. Les seules données concernant la croissance des juvéniles découlent, la plupart du temps, de valeurs calculées à partir des relations longueur-âge établies au moyen de valeurs rétrocalculées et de relations longueur-poids des adultes, alors que le volet alimentation des juvéniles 0+ et 1+ n'a encore jamais été exploré.

Cette étude, qui se veut à prime abord descriptive, vise à comparer la croissance et l'alimentation des juvéniles 0+ et 1+ des cinq espèces de chevaliers vivant en sympatrie dans la rivière Richelieu. Même si nous devons être prudents lorsque nous nous engageons dans les comparaisons interspécifiques, étant donné le faible effectif de chevalier cuivré (13 jeunes de l'année et trois âgés de un an), ces connaissances de base inédites, si minimes soient-elles, sont essentielles et pourraient éventuellement être considérées dans la mise en place de mesures visant la sauvegarde du chevalier cuivré.

1.2 Matériel et méthodes

1.2.1 Capture et identification des spécimens

Les jeunes chevaliers 0+ utilisés dans cette étude ont généralement été capturés à la seine de rivage (longueur : 12 m; hauteur aux extrémités : 1,5 m; hauteur au centre : 3,4 m; mailles étirées : 2 mm) du 5 août au 5 novembre 1997 dans les secteurs de Saint-Marc (40 stations) et de Saint-Ours (43 stations) (échantillonnage hebdomadaire) (Figure 1.1). Les chevaliers 1+ proviennent uniquement du secteur de Saint-Marc et ont été pêchés les 12 et 19 juin 1997, du 25 au 28 mai et du 8 au 12 juin 1998. Des seines dont les dimensions sont les suivantes : première seine, longueur : 16 m; hauteur aux extrémités : 3,7 m; hauteur au centre : 3,7 m; mailles étirées : 2 mm et deuxième seine, longueur : 20 m; hauteur aux extrémités : 2,0 m; hauteur au centre : 2,25 m; mailles étirées : 6 mm ont été utilisées respectivement aux mois de mai et de juin 1998. Les plans d'échantillonnage seront décrits plus en détail dans le chapitre II avec la description de la caractérisation de l'habitat.

Comme aucune clé d'identification des très jeunes juvéniles de Catostomidés du Québec n'est encore disponible, les spécimens ont été identifiés à l'aide d'une liste de critères fournie par le Dr R. E. Jenkins (professeur, Roanoke College, Virginie, communication personnelle); il a donc été possible de valider certains de ces critères. Cependant, au cours de la présente étude, d'autres critères d'identification très utiles ont été développés et utilisés.

1.2.2 Croissance des chevaliers

La plupart des chevaliers ont été préservés dans du formol tamponné 10 % (tampon phosphate); les autres (n = 294 spécimens de 1997), très souvent les plus petits, ont été préservés dans l'éthanol 95 % en vue de faire des analyses de l'ADN mitochondrial pour permettre l'identification des très petits juvéniles et des larves (longueur totale < 25 mm) et faire l'examen des otolithes pour déterminer l'âge. Ces analyses n'ont cependant pu être menées car elles dépassaient les objectifs poursuivis par la présente étude. Les larves et les très petits juvéniles ont été exclus de l'étude. Ainsi, tous les spécimens utilisés dans le cadre de la présente étude ont pu être identifiés de façon fiable (sans analyse d'ADN) par des critères morphologiques externes et internes. Les spécimens ont été mesurés ($\pm 0,5$ mm) : longueur totale (de l'extrémité du museau jusqu'à l'extrémité de la nageoire caudale) et longueur standard (de l'extrémité du museau jusqu'à la jonction entre les hypuraux et les rayons de la nageoire caudale) et

pesés (balance AND SV ● 0,01g) après les avoir asséchés en imbibant le surplus de liquide à l'aide d'un papier. Pour la présentation des résultats, seule la longueur totale a été utilisée. Pour fins de comparaison avec certaines données de la littérature, la longueur standard a été utilisée à l'occasion. Des correctifs ont été apportés afin de permettre des comparaisons entre les chevaliers issus de ces deux traitements. Toutes les études consultées, concernant la faune aquatique, sauf une (Hay 1984), rapportent que le formol 10% engendre une augmentation suivie d'une diminution de poids (gain net variant de 1,8 % à 12 %) alors que l'éthanol et l'isopropanol, à des concentrations similaires à celle utilisée dans cette étude, entraînent une diminution du poids pouvant atteindre, dans certains cas, 28 %. D'autre part, ces études démontrent que ces préservatifs affectent à la baisse de façon assez similaire (parfois de façon légèrement plus marquée dans les alcools) la longueur totale des spécimens (Anderson et Gutreuter 1983, Billy 1982, Distefano *et al.* 1994, Engel 1974, Farris 1963, Fowler et Smith 1983, Glenn et Mathias 1987, Mills *et al.* 1982, Radtke 1989). L'examen des droites de régression des relations longueur-poids pour chacune des espèces a révélé en effet des différences très significatives entre les traitements (analyses de covariance, $p = 0,0001$). La comparaison des longueurs totales et des poids (après 26 et 53 jours) de chevaliers rouges 1+ préservés dans le formol tamponné ($n=30$) et dans l'éthanol 95 % ($n=30$) démontre les mêmes tendances soit : après 53 jours une diminution à peine perceptible au niveau des longueurs totales par rapport aux spécimens frais (tests t de Student, $p > 0,05$) dans les deux cas mais une perte importante de poids (24,6 %) dans l'éthanol 95 % et un gain de 6,6% dans le formol tamponné (tests t de Student, $p < 0,0001$). Les poids des chevaliers préservés dans l'éthanol 95% ont donc été corrigés en appliquant la relation longueur-poids obtenue pour les spécimens formolés et ce, pour chacune des espèces.

Au total, 1906 chevaliers 0+ (1258 rouges, 397 blancs, 126 jaunes, 113 de rivière et 12 cuivrés) et 1220 chevaliers 1+ (970 rouges, 107 blancs, 62 jaunes, 78 de rivière et trois cuivrés) ont été utilisés pour l'étude de la croissance. Pour les juvéniles 0+ des différentes espèces de chevalier, nous avons comparé globalement, dans un premier temps, puis mois par mois, leurs longueurs totales et leurs poids moyens par des analyses de variance (ANOVA), des tests de Kruskal-Wallis (selon la distribution des variables) de même que des comparaisons multiples de moyennes (test de Tukey-Kramer) afin de distinguer les moyennes qui diffèrent entre elles. Comme, la plupart du temps, les données ne pouvaient être normalisées par des transformations logarithmiques, nous avons (à titre indicatif) ordonné les données en rang puis effectué une comparaison multiple de moyennes (test de Tukey-Kramer). Les mêmes analyses ont été effectuées globalement pour les chevaliers 1+.

Les taux de croissance journaliers des juvéniles 0+ des différentes espèces de chevalier ont été évalués en calculant les droites de régression reliant les longueurs totales des spécimens à la date de capture (exprimée en jour julien) (Monfette 1997). Des analyses de covariance ont permis de comparer les droites ainsi obtenues. La même démarche a été appliquée pour la comparaison des taux de croissance pondérale des juvéniles 0+.

Nous avons également calculé le coefficient de condition de Fulton :

$$K = \text{poids (g)} * 10^5 / \text{longueur totale}^3 \text{ (mm)} \text{ (Anderson et Gutreuter 1983).}$$

Seuls les spécimens ayant été fixés dans le formol tamponné ont été considérés pour ce calcul afin d'éliminer le biais dû au type de préservation sur les longueurs totales. Afin de se donner une idée de l'état de santé des différentes espèces (réserves énergétiques), les coefficients de condition de Fulton ont été comparés entre les espèces et entre les secteurs (Saint-Marc et Saint-Ours) pour les chevaliers 0+ et entre les espèces pour les chevaliers 1+ de la même façon que les longueurs totales et les poids moyens.

Les relations longueur-poids ont été calculées après transformation logarithmique des données pour permettre la linéarisation de la relation. Les équations ainsi obtenues pour les chevaliers 0+ et 1+ ont été comparées entre les espèces au moyen d'analyses de covariance.

En vue de déterminer s'il existe une mortalité sélective hivernale des juvéniles 0+ de chevalier selon la taille, l'abondance relative des chevaliers pour différentes classes de taille a été examinée et leurs tailles moyennes (longueur totale) ont été comparées statistiquement (ANOVA ou test de Kruskal-Wallis selon la distribution des variables) entre les chevaliers 0+ récoltés tardivement à l'automne 1997 et ceux capturés tôt au printemps 1998. La méthode de Post et Evans (1989) a également été utilisée pour explorer cette avenue. Cette méthode permet de déceler si les changements au niveau des distributions de fréquences des longueurs totales entre les chevaliers 0+ de l'automne et les chevaliers 1+ du printemps sont attribuables à une croissance ou à une mortalité sélective. La comparaison des deux distributions de fréquence (chevaliers 0+ et 1+) est effectuée graphiquement en décrivant leur forme grâce aux quantiles. Deux types de graphiques sont construits avec nos données empiriques : celui des quantiles et celui de l'accroissement. Le second graphique constitue une deuxième façon de vérifier la même hypothèse. Pour établir un diagnostic, la pente du graphique des quantiles est comparée avec celle de la bissectrice (= 1) et ce, en examinant l'intervalle de confiance à 95 % associé à cette pente. La bissectrice correspond à une absence de croissance ou à une zone de croissance linéaire (Post et Evans

1989). D'autre part, nous évaluons si la pente du graphique de l'accroissement diffère statistiquement de zéro. S'il existe un processus de mortalité sélective des individus de petite taille, la pente du graphique des quantiles est inférieure à un ; celle du graphique de l'accroissement est négative et la droite est située dans la partie positive des valeurs en y. Pour plus de détails, consulter Post et Evans (1989). Cette méthode a été appliquée au niveau de l'ensemble des chevaliers (toutes espèces confondues) de même qu'avec les chevaliers rouges pour lesquels les effectifs étaient les plus élevés. À titre exploratoire, cette méthode a également été appliquée à toutes les espèces même si certains effectifs étaient faibles. Tous les traitements statistiques de cette section ont été faits au moyen du logiciel JMP® SAS Institute Inc. version 3.2.1 ($\alpha = 0,05$) après avoir vérifié la normalité de distribution des variables par le test de Shapiro-Wilk W ($n \leq 2000$) ou celui de Kolmogorov-Smirnov-Lillifor ($n > 2000$) (Sall et Lehman 1996).

1.2.3 Alimentation des chevaliers

Le choix des spécimens pour l'étude de l'alimentation a été fait de façon à limiter le nombre de stations (les stations présentant la plus grande diversité d'espèces ont été privilégiées) et à permettre d'obtenir une séquence temporelle pour les chevaliers 0+. L'ensemble du tractus digestif a été prélevé car les Catostomidés ne présentent pas d'estomac proprement dit (Mongeau *et al.* 1986).

Le tractus digestif a été vidé et son contenu conservé dans l'alcool glycérolé 3 % jusqu'au moment de l'examen afin de faciliter la séparation des organismes. L'identification des proies a été réalisée sous une loupe binoculaire en utilisant les ouvrages suivants : Amoros (1984), Borror *et al.* (1992), Brandlova *et al.* (1972), Chu (1949), Edmondson (1959), Hilsenhoff (1975), Merritt et Cummins (1984), Needham et Needham (1962), Pennak (1989), Prescott (1978) et Smith et Fernando (1978). Le niveau taxinomique de l'identification varie selon les types de proies : à la famille pour les cladocères; au sous-ordre pour les copépodes; à l'ordre pour les insectes (sauf pour les larves de chironomides) et à des niveaux supérieurs pour les autres types de proies. Lorsque le degré de digestion était avancé, le dénombrement des proies a été basé sur des structures résistantes au suc gastrique telles les capsules céphaliques chez les larves d'insectes.

La présence de sable et de débris végétaux dans les tractus digestifs a été quantifiée au moyen de cotes d'abondance variant de 0 à 3 (0 étant égal à nulle ou trace et 3 représentant la plus grande abondance). La quantification de cette variable avait permis de mettre en évidence une ségrégation spatiale au niveau

des aires d'alimentation printanières des chevaliers adultes dans la rivière Richelieu (Mongeau *et al.* 1986).

La fréquence d'occurrence (% Occ) et la méthode des nombres (% Nbre) ont été utilisées pour quantifier les régimes alimentaires. Afin d'évaluer le régime alimentaire moyen d'une espèce, nous avons en premier lieu calculé le régime alimentaire de chacun des spécimens puis effectué une moyenne pour l'ensemble des individus d'une espèce donnée (Bowen 1982, Hyslop 1980). Plus particulièrement, pour les chevaliers 0+, nous avons analysé les régimes alimentaires globalement puis après avoir séparé l'échantillon en deux afin d'explorer les variations saisonnières. Pour fins d'analyse et en vue de conserver des effectifs représentatifs, les spécimens des mois d'août et de septembre sont considérés comme faisant partie de la saison d'alimentation estivale alors que ceux des mois d'octobre et de novembre appartiennent à la saison automnale.

Les pourcentages moyens des principaux taxons et groupes de proies (cladocères, copépodes, autres microcrustacés, larves d'insectes, vers, algues et autres proies) des différentes espèces ont été comparés entre les saisons d'alimentation (été et automne) par des analyses non paramétriques (tests de Kruskal-Wallis). Nous avons également exploré le degré de similitude entre les régimes alimentaires des différentes espèces par le biais de corrélations non paramétriques (Spearman).

Le recouvrement du régime alimentaire entre les espèces a été évalué par l'indice de Schoener (Schoener 1970). L'indice de Schoener varie de 0 (aucun recouvrement) à 1 (recouvrement complet). Le recouvrement alimentaire est jugé significatif si l'indice est supérieur à 0,6.

$$\text{Indice de Schoener} = 1 - 0,5 \left(\sum_{i=1}^n |p_{x_i} - p_{y_i}| \right)$$

où p_{x_i} est la proportion du type de proie i dans le régime alimentaire de l'espèce x .
et p_{y_i} est la proportion du type de proie i dans le régime alimentaire de l'espèce y .

Pour tous les spécimens, la longueur totale d'un sous échantillon de chaque type de proies (généralement entre 10 et 15) a été mesurée, lorsque cela était possible, à l'aide d'un oculaire gradué. La même méthodologie que Pelletier (1993) a été utilisée pour l'axe de la mesure des rotifères et celle de Lawrence *et al.* (1987) pour la mesure des copépodes et des cladocères. La longueur et la largeur des capsules céphaliques des larves d'insectes ont également été mesurées. Les longueurs totales moyennes des différents types de proies ont été comparées entre les espèces de la même façon que les

longueurs totales et les poids moyens des spécimens. Les relations entre la taille des différentes proies et la taille des spécimens (pour l'ensemble des spécimens et pour chacune des espèces) ont été explorées au moyen de corrélations non paramétriques (Spearman). Enfin, la taille moyenne des proies pour chacune des espèces a été calculée grâce à un indice composite en procédant de la façon suivante pour chacun des individus d'une espèce donnée :

$$\text{taille moyenne des proies d'un individu d'une espèce donnée} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n (\text{nombre}_i * \text{longueur totale moyenne proie}_i) \right)}{\sum_{i=1}^n \text{nombre}_i}$$

- nombre_i représente le nombre de proies de la catégorie i dans l'individu.
- longueur totale moyenne proie_i est longueur totale moyenne des proies de la catégorie i calculée pour l'espèce donnée.
- n est le nombre total de types de proies utilisés pour le calcul de l'indice.

Pour évaluer la taille moyenne des proies d'un individu, seules les catégories dont des proies ont été mesurées pour les cinq espèces ont été retenues afin d'éviter les biais. Au total neuf catégories ont été choisies : chydoridés, cladocères non identifiés, ostracodes, nauplii, protozoaires, larves de chironomides, desmidées et diatomées. La longueur totale des larves de chironomides a été estimée à partir de l'équation suivante reliant la longueur de la capsule céphalique et la longueur totale du corps de la larve (Saint-Jacques 1996).

$$\ln(\text{longueur totale du corps de la larve}) = 0,84 * \ln(\text{longueur totale de la capsule céphalique}) + 2,18$$

$$(r^2 = 0,82; n = 76; p \ll 0,0001)$$

Pour chacune des espèces, les pourcentages moyens des régimes couverts par ce calcul de la taille moyenne des proies d'un individu varient de 68,9 à 86,8 % chez les 0+ et de 68,9 à 92,2 % chez les 1+.

Enfin, dans le cadre d'un projet d'initiation à la recherche, l'examen des appareils pharyngiens et des premiers arcs branchiaux de chevaliers 0+ a été fait par Olivier Beauchard (étudiant au Baccalauréat en biologie à l'UQAM) en vue d'explorer le développement de ces structures et de l'associer aux régimes alimentaires des différentes espèces.

Tous les traitements statistiques de cette section ont été faits au moyen du logiciel JMP® SAS Institute Inc. version 3.2.1 ($\alpha = 0,05$) après avoir vérifié la normalité de distribution des variables par le test de Shapiro-Wilk W ($n \leq 2000$) ou celui de Kolmogorov-Smirnov-Lillifor ($n > 2000$) (Sall et Lehman 1996).

1.3 Résultats

1.3.1 Identification des spécimens

Quelques critères ont été développés et utilisés au cours de cette étude afin de faciliter l'identification des jeunes chevaliers (voir l'Annexe 1 pour la schématisation de certains de ces critères). Pour des spécimens de tailles comparables, les chevaliers rouge, blanc et de rivière 0+ et 1+ se distinguent par la forme de leurs canaux supraorbitaux. Ces derniers sont, dans la partie antérieure, recourbés (en forme de « S ») chez les chevaliers blanc et de rivière alors qu'ils sont plutôt rectilignes chez le chevalier rouge (Annexe 1, section 1, photos A, B et C). En outre, de façon générale, les pores au niveau de ces mêmes canaux sont plus développés chez les jeunes chevaliers blancs. Comme le développement de ces canaux est moins avancé pour les chevaliers jaune et cuivré nous ne pouvons utiliser ce critère pour discriminer l'ensemble des espèces. Toutefois, pour des chevaliers jaunes de plus grande taille, nous avons observé que leurs canaux supraorbitaux étaient recourbés. Il appert que les formes particulières de ces canaux, pour chacune des espèces, se retrouvent également chez des spécimens adultes. Les chevaliers cuivré (n = 1) et de rivière (n = 1) adultes (capturés en juin 1998) de même que le chevalier de rivière de deux ans (capturé au printemps 1998) et ceux âgés de un an récoltés à l'automne 1998 présentaient tous des canaux supraorbitaux recourbés alors que les chevaliers rouges plus âgés avaient des canaux supraorbitaux davantage rectilignes.

La bande de pigmentation au niveau de l'occiput (derrière le canal supratemporal) permet de distinguer assez facilement sur le terrain les juvéniles 0+ et 1+ chevaliers rouge, blanc et de rivière (Annexe 1, section 1, photos A, B et C). En effet, cette dernière est accentuée chez le chevalier rouge, diffuse chez le chevalier blanc et intermédiaire chez le chevalier de rivière. Les chevaliers jaune et cuivré 0+ et 1+ présentent une bande plutôt diffuse. Soulignons que la même tendance que pour les juvéniles a été observée au niveau de cette bande chez les chevaliers rouge et blanc adultes.

En ce qui concerne la pigmentation au niveau du corps, deux patrons différents ont été observés chez les jeunes chevaliers de rivière : le plus fréquent est une distribution diffuse de très petits chromatophores sur l'ensemble du corps; le second (beaucoup plus rare mais insidieux car il peut engendrer une confusion avec le chevalier rouge) est une répartition de chromatophores, un peu plus gros, en quatre taches distinctes sur la face latérale du corps.

Quant aux jeunes chevaliers jaune et cuivré, ils semblent se distinguer également par des différences de pigmentation au niveau de l'opercule et du corps. Chez le chevalier cuivré, on note une absence de pigmentation au niveau de la moitié inférieure de l'opercule (Annexe 1, section 2, photo A), alors que chez les chevaliers jaunes on observe soit un opercule pigmenté sur la totalité et de façon plus uniforme (Annexe 1, section 2, photo B) ou un opercule pigmenté sur l'ensemble de la partie supérieure avec présence d'une rangée de pigments sur la partie antérieure (Annexe 1, section 2, photo C). Au niveau du corps, on note chez les jeunes chevaliers cuivrés une absence de pigmentation au niveau latéro-ventral du corps (Annexe 1, section 2, photos A et D) alors qu'elle est présente chez le chevalier jaune (Annexe 1, section 2, photo B).

En ce qui concerne la forme des lèvres, une grande variabilité a été observée chez les jeunes chevaliers rouges. En outre, ce critère ne saurait permettre facilement la discrimination des juvéniles 0+ et 1+ de chevaliers jaune et cuivré. La pigmentation au niveau du museau diffère également selon les espèces : elle est plus grossière (chromatophores plus gros) chez le chevalier rouge (Annexe 1, section 3, photo A) et fine chez les autres espèces (Annexe 1, section 3, photos B, C, D, E). Quant au chevalier jaune, les chromatophores au niveau du museau peuvent être disposés de façon à donner un aspect moustachu (Annexe 1, section 3, photo D) ou de façon plus uniforme (Annexe 1, section 3, photo E).

En dernier lieu, la forme de la nageoire dorsale peut constituer une première approche pour distinguer les deux sous-genres de chevaliers 0+ et 1+. Celle-ci est falciforme chez les espèces du sous-genre *Moxostoma* auquel appartiennent les chevaliers rouge, blanc et de rivière alors qu'elle est non ou très légèrement falciforme pour les espèces du sous-genre *Mégapharynx* dont les chevaliers jaune et cuivré font partie (Annexe 1, section 2, photo D) Cette observation est particulièrement intéressante puisqu'elle peut être utilisée si des écailles autour du pédoncule caudal (critère de base utilisé pour discriminer les deux sous-genres) sont manquantes.

Bien que quelques critères morphologiques externes aient été développés pour distinguer les jeunes chevaliers, la dissection de l'appareil pharyngien est parfois nécessaire et ce, surtout pour confirmer l'identification d'un chevalier cuivré. Chez les chevaliers cuivré et de rivière de l'année, le nombre réduit de dents de même que leur aspect « molariforme » sont déjà évidents et permettent de les distinguer des autres espèces (Annexe 1, section 4).

1.3.2 Croissance des chevaliers

Les résultats concernant la taille des jeunes chevaliers ont tous été exprimés et comparés en utilisant la longueur totale et ce, même si les longueurs standards ont été prises systématiquement. Toutefois comme l'utilisation de la longueur standard est largement répandue notamment par les systématiciens(nes), les équations reliant la longueur totale à la longueur standard ont été calculées pour chacune des espèces et sont présentées à l'Annexe 2. En outre, les relations longueur totale-poids frais de juvéniles 0+ de chevalier rouge de même que les équations reliant leur poids frais à leur poids après un séjour dans deux types de préservatifs (formol tamponné 10 % et éthanol 95 %) sont également présentées à l'Annexe 3.

Pour l'ensemble des spécimens 0+ de 1997, les chevaliers rouge et blanc présentent les tailles moyennes les plus élevées soit 59,4 mm et 60,4 mm. Comparativement, les chevaliers jaune, de rivière et cuivré ont des tailles moyennes respectives de 52,0 mm, 48,7 mm et 40,4 mm. Remarquons que les chevaliers cuivrés sont de plus petite taille par rapport aux autres espèces et ce, même si tous les spécimens (sauf un) ont été pêchés à partir du 7 octobre. Les mêmes tendances se dégagent en ce qui concerne les poids moyens des chevaliers 0+, à l'exception que les chevaliers blancs présentent des poids moyens plus élevés (2,59 g) et statistiquement différents (test de Tukey-Kramer, $p < 0,05$) de ceux de toutes les autres espèces. Les chevaliers rouge, jaune, de rivière et cuivré affichent respectivement des poids moyens de 2,38 g, 1,73 g, 1,29 g et 0,76 g (Tableau 1.1).

Pour la comparaison mensuelle de ces mêmes paramètres, les mois d'octobre et de novembre ont été regroupés afin de conserver un effectif suffisant car seulement 26 chevaliers 0+ ont été récoltés au mois de novembre. De même, soulignons que nous ne disposons d'aucun chevalier cuivré au mois d'août et que d'un seul spécimen pour le mois de septembre (capturé le 9 septembre dans le secteur de Saint-Ours) dont la longueur totale est de 48,0 mm et le poids de 1,13 g. Par contre, pour les mois d'octobre et de novembre, on rapporte 11 chevaliers cuivrés dans le secteur de Saint-Marc, dont la longueur totale moyenne est de 39,7 mm et le poids moyen est de 0,73 g. Au mois d'août, la taille et le poids moyens des chevaliers blancs (53,7 mm et 1,90 g) sont supérieurs à ceux des autres espèces (test de Tukey-Kramer, $p < 0,05$). Au cours de cette période, les chevaliers rouges mesurent en moyenne 49,6 mm, les jaunes 43,1 mm et les chevaliers de rivière 41,4 mm; alors qu'ils pèsent respectivement en moyenne 1,37 g, 1,03 g et 0,79 g (Tableau 1.1).

Tableau 1.1. Croissance mensuelle en longueur et en poids des juvéniles 0+ des cinq espèces de chevalier (n = 1906) capturés en 1997 (du 5 août au 5 novembre) dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu. Les moyennes affichant la même lettre en exposant ne diffèrent pas statistiquement à une période (mois) donnée (test de Tukey-Kramer, $p > 0,05$). moy : valeur moyenne, σ : écart type, min : minimum, max : maximum.

Mois	Espèce	Effectif	Longueur totale (mm)				Poids (g)			
			moy	σ	min	max	moy	σ	min	max
Août	rouge	386	49,6 ^a	7,0	30,0	67,5	1,37 ^a	0,58	0,29	3,38
	blanc	51	53,7 ^b	5,5	40,0	62,0	1,90 ^b	0,57	0,55	2,87
	jaune	24	43,1 ^c	7,9	24,0	52,5	1,03 ^{ac}	0,42	0,17	1,74
	rivière	29	41,4 ^c	5,2	32,0	49,5	0,79 ^c	0,26	0,37	1,24
	cuivré	0								
Septembre	rouge	571	61,8 ^a	7,2	41,0	88,0	2,51 ^a	0,89	0,73	5,87
	blanc	289	60,4 ^b	5,7	45,0	78,0	2,51 ^a	0,71	1,02	5,24
	jaune	28	54,7 ^c	4,6	41,0	63,0	1,87 ^b	0,42	0,82	2,73
	rivière	55	50,5 ^d	4,0	41,0	59,0	1,39 ^c	0,30	0,75	2,10
	cuivré*	1	48,0				1,13			
Octobre- Novembre	rouge	301	67,5 ^a	6,7	50,0	89,0	3,42 ^a	1,00	1,17	6,99
	blanc	57	66,5 ^a	5,6	55,0	83,0	3,58 ^a	0,89	1,83	6,12
	jaune	74	53,8 ^b	4,6	38,0	65,5	1,91 ^b	0,54	0,58	3,53
	rivière	29	52,5 ^b	4,7	41,0	63,0	1,61 ^b	0,43	0,75	2,80
	cuivré	11	39,7 ^c	1,6	37,5	42,0	0,73 ^b	0,09	0,59	0,87
Ensemble des spécimens	rouge	1258	59,4 ^a	9,9	30,0	89,0	2,38 ^a	1,13	0,29	6,99
	blanc	397	60,4 ^a	6,6	40,0	83,0	2,59 ^b	0,85	0,55	6,12
	jaune	126	52,0 ^b	6,9	24,0	65,5	1,73 ^c	0,60	0,17	3,53
	rivière	113	48,7 ^c	6,2	32,0	63,0	1,29 ^d	0,45	0,37	2,80
	cuivré	12	40,4 ^c	2,9	37,5	48,0	0,76 ^d	0,15	0,59	1,13

* Exclu de la comparaison multiple de moyennes car l'effectif est insuffisant.

Au fil de la saison, l'écart entre les tailles des chevaliers rouge et blanc diminue et, dès le mois de septembre, la taille moyenne des chevaliers rouges rejoint celle des chevaliers blancs. Bien que la taille et le poids moyens des chevaliers jaunes soient toujours supérieurs à ceux des chevaliers de rivière; les différences sont significatives (test de Tukey-Kramer, $p < 0,05$) seulement pour les spécimens capturés au mois de septembre de même que lorsque les comparaisons sont faites pour l'ensemble des spécimens. Enfin l'étendue observée au niveau des tailles et des poids des chevaliers 0+ est relativement grande. Les chevaliers rouges présentent la plus grande variabilité, puis suivent par ordre décroissant, les chevaliers blanc, jaune, de rivière et cuivré (Tableau 1.1).

En ce qui concerne les chevaliers 1+, nous avons comparé les tailles de spécimens du printemps. Pour ce faire, nous avons inclus 46 chevaliers pêchés les 12 et 19 juin 1997 de même que tous les chevaliers récoltés dans le cadre de la campagne printanière de 1998 ($n = 1174$). Pour l'ensemble des spécimens de même que pour chacun des échantillons mensuels (mai et juin) nous observons des tendances similaires à celles obtenues chez les juvéniles 0+ (Tableau 1.2). En effet, les chevaliers rouge et blanc sont de plus grande taille : 74,9 mm et 73,0 mm respectivement. Par contre, l'écart entre les tailles moyennes des chevaliers jaune et de rivière est moins important, les jaunes mesurant en moyenne 56,8 mm et les chevaliers de rivière, 57,1 mm. Les chevaliers cuivrés ($n = 3$) mesurent 36,0 mm, 47,5 mm et 53,5 mm (moyenne de 45,7 mm) et pèsent en moyenne 1,02 g. Comme pour les juvéniles 0+, le poids moyen des chevaliers blancs 1+ (4,52 g) est plus élevé que celui des autres espèces dont les poids moyens sont de 4,31g pour les chevaliers rouges, 2,13 g pour les jaunes et de 1,92 g pour les chevaliers de rivière (Tableau 1.2).

La comparaison des tailles et des poids moyens, pour une même espèce, entre les mois de mai et de juin révèle des différences significatives chez le chevalier rouge (au niveau de la longueur totale et du poids) ainsi que chez le chevalier blanc pour le poids (ANOVA, $p < 0,05$). La longueur totale moyenne et le poids moyen des chevaliers rouges au mois de mai sont de 72,7 mm et de 4,18 g, alors qu'ils s'élèvent à 76,1 mm et 4,39 g au mois de juin (Tableau 1.2).

En 1997, la croissance en longueur des jeunes chevaliers jaune et de rivière de l'année (capturés du 5 août au 5 novembre) était pratiquement terminée le 15 septembre. Quant aux chevaliers rouge et blanc, ils ont poursuivi leur croissance jusque vers la fin du mois de septembre. Le faible effectif de chevaliers cuivrés ne permet pas de dégager de tendances (Figure 1.2).

Tableau 1.2. Croissance en longueur et en poids des juvéniles 1+ des cinq espèces de chevalier (n = 1220) capturés en 1997 (les 12 et 19 juin, n = 46) et en 1998 (du 25 au 28 mai et du 8 au 12 juin, n = 1174) dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu. Les moyennes affichant la même lettre en exposant ne diffèrent pas statistiquement à une période (mois) donnée (test de Tukey-Kramer, $p > 0,05$). Les astérisques indiquent que des différences significatives sont observées (ANOVA, $p < 0,05$ ou Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), au sein d'une même espèce, entre les mois de mai et de juin. moy : valeur moyenne, σ : écart type, min : minimum, max : maximum.

Mois	Espèce	Effectif	Longueur totale (mm)				Poids (g)			
			moy	σ	min	max	moy	σ	min	max
Mai	rouge	341	72,7 ^{a*}	6,3	56,0	96,0	4,18 ^b	1,12	1,82	9,00
	blanc	44	72,8 ^a	4,7	62,5	81,0	4,76 ^{a*}	0,92	2,88	6,90
	jaune	20	57,1 ^b	4,7	49,0	68,0	2,28 ^c	0,58	1,38	3,61
	rivière	20	56,1 ^b	3,7	50,0	66,0	1,87 ^c	0,38	1,20	2,76
	cuivré	0								
Juin	rouge	629	76,1 ^{a*}	6,8	54,0	97,0	4,39 ^a	1,20	1,64	9,29
	blanc	63	73,2 ^b	5,0	60,0	85,0	4,35 ^{a*}	0,85	2,45	6,78
	jaune	42	56,7 ^c	4,2	49,0	68,0	2,06 ^b	0,45	1,40	3,19
	rivière	58	57,4 ^c	5,5	48,0	72,0	1,95 ^b	0,62	1,16	3,47
	cuivré	3	45,7 ^c	8,9	36,0	53,5	1,02 ^b	0,47	0,57	1,50
Ensemble des spécimens	rouge	970	74,9 ^a	6,8	54,0	97,0	4,31 ^a	1,18	1,64	9,29
	blanc	107	73,0 ^b	4,9	60,0	85,0	4,52 ^a	0,90	2,45	6,90
	jaune	62	56,8 ^c	4,3	49,0	68,0	2,13 ^b	0,51	1,38	3,61
	rivière	78	57,1 ^c	5,1	48,0	72,0	1,92 ^b	0,57	1,16	3,47
	cuivré	3	45,7 ^c	8,9	36,0	53,5	1,02 ^b	0,47	0,57	1,50

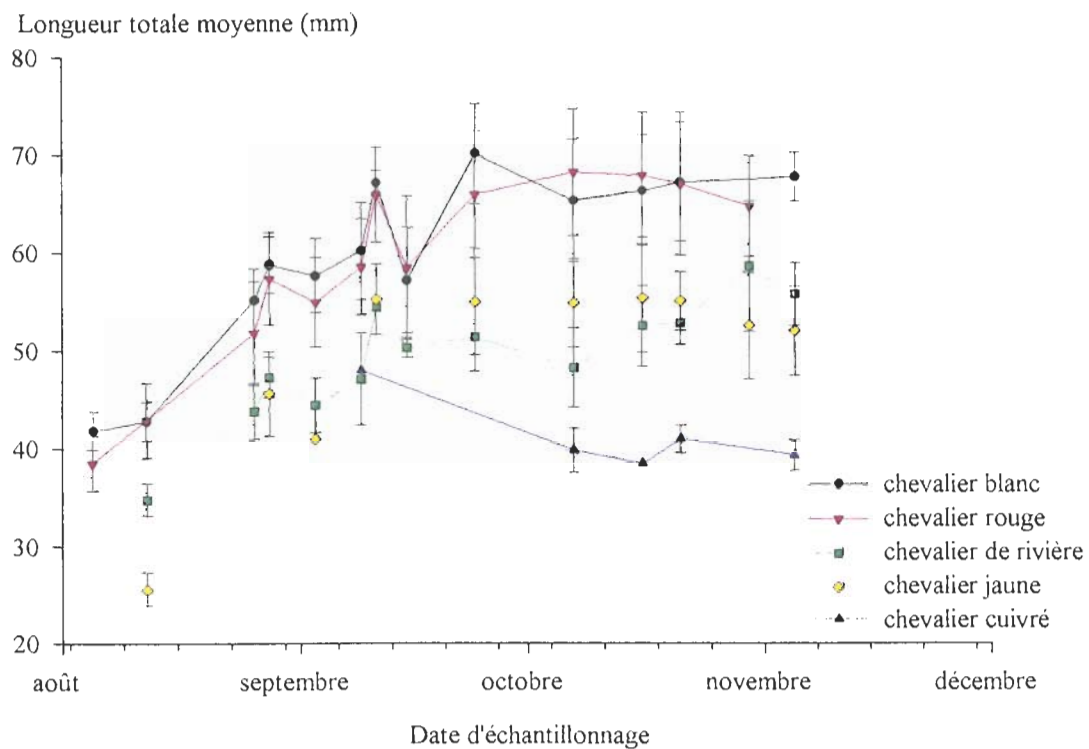


Figure 1.2. Évolution temporelle des longueurs totales moyennes (mm) des juvéniles 0+ des cinq espèces de chevalier (*M. anisurum*, *M. macrolepidotum*, *M. valenciennesi*, *M. carinatum* et *M. hubbsi*) capturés du 5 août au 5 novembre 1997 dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu (n = 1906). Les barres représentent les écarts types.

En ce qui concerne les juvéniles 1+, soulignons que très peu de chevaliers ont été capturés en 1997 (n = 63), la plus grande partie (n = 46) ayant été pêchés les 12 et 19 juin; par la suite, il ne s'agissait que de captures occasionnelles et les derniers spécimens ont été pris le 24 septembre.

En 1998, l'échantillonnage a eu lieu au printemps (du 25 mai au 12 juin) ainsi qu'à l'automne (du 21 au 24 septembre et le 8 octobre). Il a permis la capture de 1431 chevaliers 1+ au printemps (dont 1174 ont été conservés pour l'étude de la croissance) et de 88 à l'automne 1998 dont, pour la première fois, neuf chevaliers de rivière. Afin de s'assurer qu'il s'agissait bien de spécimens âgés de un an à l'automne, nous avons déterminé l'âge d'un sous échantillon de spécimens de chacune des espèces par l'examen des écailles. La plus grande proportion de chevaliers 1+ observée en 1998 par rapport à la campagne de 1997 serait possiblement attribuable à une saison de reproduction exceptionnelle pour les chevaliers en 1997 et ce, particulièrement pour le chevalier de rivière.

L'évolution de la longueur totale des chevaliers 1+ de 1997 et de 1998 du 25 mai au 8 octobre révèle que la majeure partie de la croissance se déroule de la mi-juin jusque vers la fin du mois de septembre (Figure 1.3). En septembre 1998, la valeur moyenne de la taille des chevaliers 1+ est de 142,1 mm pour les rouges, 135,5 mm pour les blancs, 129,3 mm pour les jaunes et de 118,8 mm pour les chevaliers de rivière (Tableau 1.3). Bien qu'aucune comparaison statistique n'ait été effectuée sur la taille moyenne des chevaliers 1+ de cette période car les effectifs de 1997 sont trop faibles, il semble que les chevaliers rouge et jaune de septembre 1998 soient de plus grande taille que ceux capturés à la même période en 1997. En effet, en septembre 1997, les tailles moyennes des chevaliers rouge et jaune âgés de un an sont respectivement de 138,0 mm et de 112,0 mm (Tableau 1.3). Ceci pourrait être attribuable au printemps hâtif de 1998, les jeunes chevaliers 1+ ayant ainsi bénéficié d'une saison de croissance plus longue.

La comparaison des relations longueur totale - jour julien et poids - jour julien démontre l'existence de différences significatives entre l'ensemble des espèces de chevaliers 0+ de 1997 (analyse de covariance, $p < 0,0001$ dans les deux cas). Soulignons que les pentes de ces relations représentent respectivement les taux d'accroissement journalier en longueur et en poids. Aucune tendance ne ressort de l'examen de ces relations pour les chevaliers cuivrés dû au faible effectif. En outre le premier chevalier cuivré 0+ capturé en septembre 1997 affichait une taille plus grande (48,0 mm) que tous ceux capturés par la suite soit du 7 octobre au 5 novembre (longueur totale moyenne : 39,7 mm) (Tableau 1.1). Même si ce spécimen est exclu pour examiner ces relations, nous obtenons des taux d'accroissement journalier en longueur et en poids négatifs pour cette espèce.

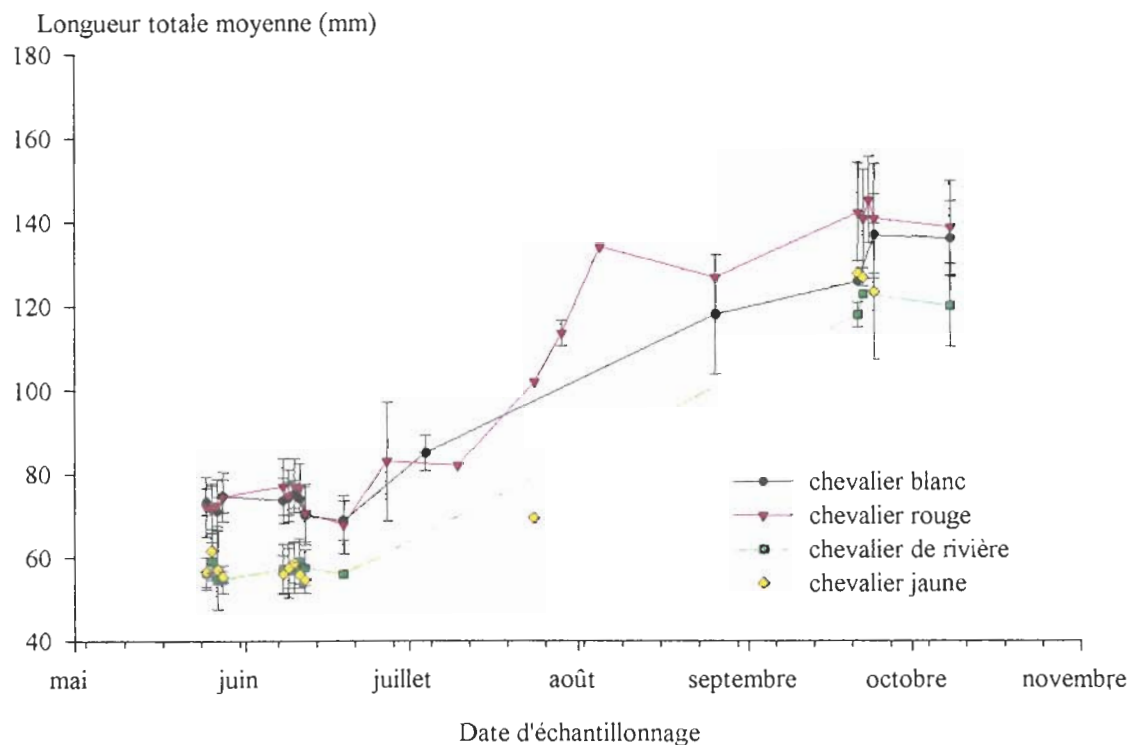


Figure 1.3. Évolution temporelle des longueurs totales moyennes (mm) des juvéniles 1+ de quatre espèces de chevalier (*M. anisurum*, *M. macrolepidotum*, *M. valenciennesi* et *M. carinatum*) capturés du 25 mai au 8 octobre dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu en 1997 (n = 63) et en 1998 (n = 1262). Les barres représentent les écarts types.

Tableau 1.3. Croissance mensuelle en longueur et en poids des chevaliers 1+ capturés de juillet à septembre 1997 et à l'automne 1998 (du 21 septembre au 8 octobre) dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu. moy : valeur moyenne, σ : écart type, min : minimum, max : maximum.

Mois	An	Espèce	Effectif	Longueur totale (mm)				Poids (g)			
				moy	σ	min	max	moy	σ	min	max
Juillet	97	rouge	5	105,0	14,0	82,0	117,0	13,47	4,16	6,97	17,54
	97	blanc	2	85,0	4,2	82,0	88,0	8,45	1,33	7,51	9,39
	97	jaune	1	69,5				4,35			
Août	97	rouge ^a	2	130,5	5,0	127,0	134,0	24,15			
	97	blanc	2	118,0	14,1	108,0	128,0	21,53	6,89	16,65	26,40
Septembre	97	rouge	2	138,0	9,9	131,0	145,0	24,19	7,56	18,84	29,53
	98	rouge	34	142,1	11,6	121,0	165,0	^b		^b	^b
	98	blanc	8	135,5	10,0	121,0	146,0	^b		^b	^b
	97	jaune	1	112,0				14,37			
	98	jaune	4	129,3	4,1	125,3	135,0	29,32	3,42	26,90	34,33
	98	rivière	6	118,8	3,3	114,0	123,0	18,48	1,52	16,17	19,99
Octobre	98	rouge	17	138,7	11,2	120,0	160,0	29,58	7,02	18,33	43,99
	98	blanc	16	136,1	9,0	121,0	151,5	31,29	6,02	22,49	41,21
	98	rivière	3	120,2	9,8	114,0	131,5	21,48	5,59	17,75	27,91

a Seul un des deux spécimens a pu être pesé.

b Les poids moyens ne figurent pas car nous ne disposions pas des valeurs pour tous les spécimens.

Les taux d'accroissement journalier en longueur (mm / jour) obtenus pour les juvéniles 0+ des autres espèces sont les suivants : 0,34 mm pour les chevaliers rouges; 0,24 mm chez les blancs; 0,11 mm chez les jaunes et 0,21 mm pour les chevaliers de rivière (Figure 1.4). Suite aux comparaisons deux à deux de ces mêmes droites de régression, toutes les relations se sont avérées différentes (analyse de covariance, $p < 0,05$) sauf celles des chevaliers de rivière et blanc qui présentent des pentes ainsi que des ordonnées à l'origine qui ne diffèrent pas statistiquement (analyse de covariance, $p = 0,3837$ et $p = 0,3144$ respectivement pour ces deux paramètres).

En ce qui concerne les taux d'accroissement pondéral (mg / jour) des juvéniles 0+, les chevaliers rouge et blanc se classent au premier rang avec des taux de 38 mg et de 33 mg, puis suivent les chevaliers de rivière avec 16 mg/jour et les chevaliers jaunes avec un taux plus faible de 8,9 mg / jour (Figure 1.5). Les comparaisons deux à deux révèlent que pour toutes les espèces ces relations sont différentes entre elles (analyse de covariance, $p < 0,05$), à l'exception des chevaliers rouge et blanc qui affichent des pentes identiques mais des ordonnées à l'origine différentes (analyse de covariance, $p = 0,0676$ et $p = 0,0236$ respectivement pour ces deux paramètres).

Aucune différence au niveau des pentes et des ordonnées à l'origine des relations longueur - poids (après transformation logarithmique) n'a été mise en évidence entre les juvéniles 0+ des différentes espèces pour l'ensemble de la saison de 1997 ($n = 1906$) (analyse de covariance, $p = 0,1854$ et $p = 0,0909$ respectivement pour ces deux paramètres) ainsi qu'entre les juvéniles 1+ du printemps 1998 ($n = 1174$) capturés du 25 mai au 12 juin (analyse de covariance, $p = 0,4224$ (pente) et $p = 0,3125$ (ordonnées à l'origine)). Les paramètres des équations des relations longueur-poids (après transformation logarithmique) des juvéniles 0+ des cinq espèces de chevalier capturées en 1997 figurent au Tableau 1.4. De même, la comparaison des relations longueur - poids pour l'ensemble des chevaliers 0+ de 1997 (toutes espèces confondues) entre les secteurs de Saint-Marc ($n = 570$ spécimens) et de Saint-Ours ($n = 159$) récoltés du 24 septembre au 21 octobre, dates auxquelles des pêches étaient réalisées simultanément dans ces deux secteurs, ne révèle aucune différence au niveau des pentes (analyse de covariance, $p = 0,1396$) et des ordonnées à l'origine ($p = 0,1586$) de ces relations entre ces deux portions de la rivière Richelieu.

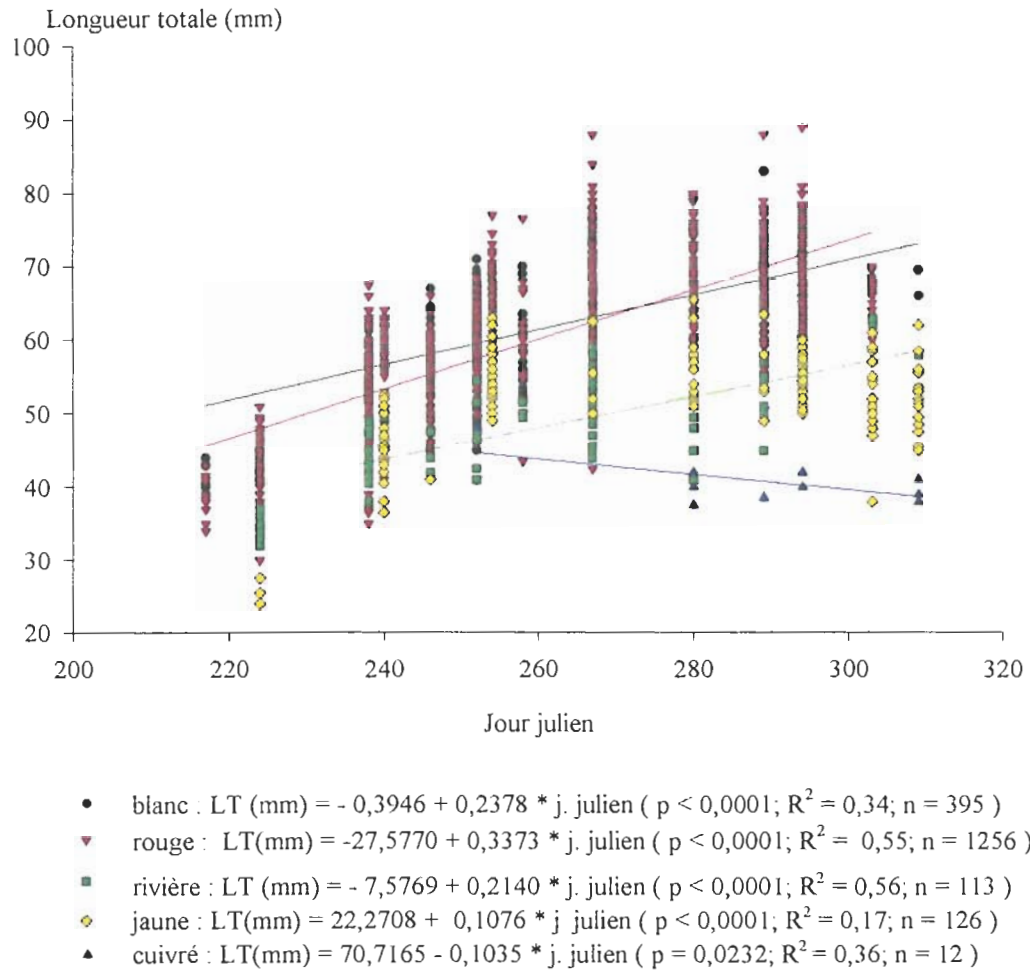
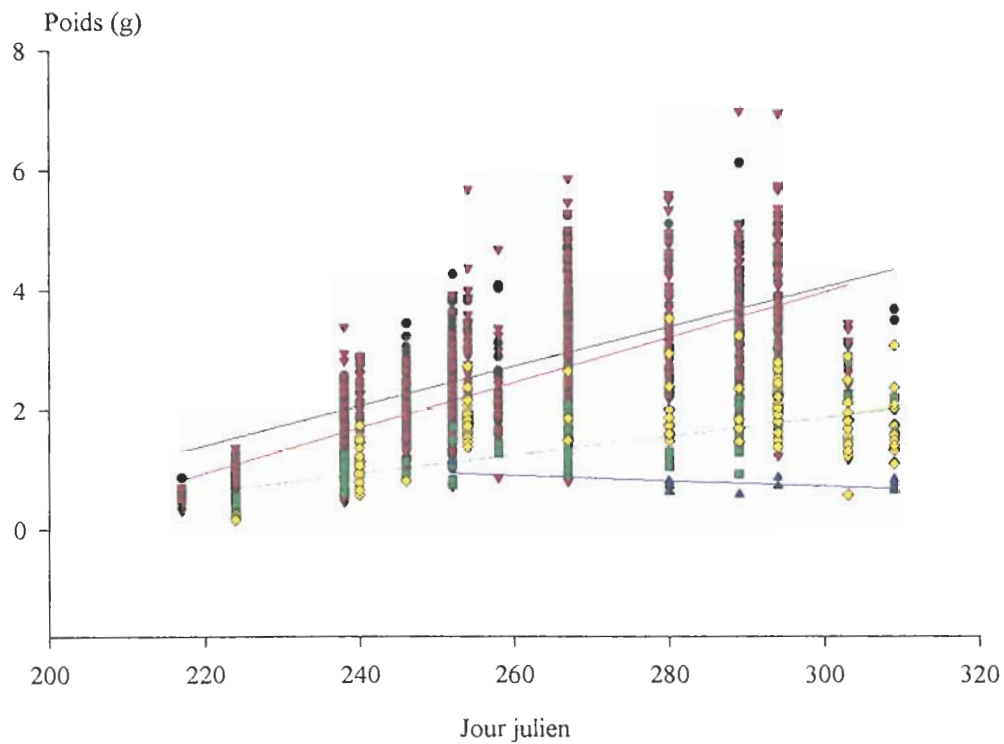


Figure 1.4. Comparaison de la croissance en longueur des juvéniles 0+ des cinq espèces de chevalier capturés dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu en 1997. Les équations des droites de régression de la longueur totale en fonction de la date d'échantillonnage (exprimée en jour julien) sont données sous le graphique. R^2 : coefficient de détermination, p : niveau de signification de la pente (test de t de Student), n : effectif.



- blanc : Poids (g) = - 5,8608 + 0,0331 * j. julien (p < 0,0001; $R^2 = 0,38$; n = 396)
- ▼ rouge : Poids (g) = - 7,3664 + 0,0378 * j. julien (p < 0,0001; $R^2 = 0,52$; n = 1256)
- rivière : Poids (g) = - 2,7912 + 0,0155 * j. julien (p < 0,0001; $R^2 = 0,57$; n = 113)
- ◆ jaune : Poids (g) = - 0,7221 + 0,0089 * j. julien (p < 0,0001; $R^2 = 0,15$; n = 126)
- ▲ cuivré : Poids (g) = 2,1033 - 0,0046 * j. julien (p = 0,0583; $R^2 = 0,31$; n = 12)

Figure 1.5. Comparaison de la croissance en poids des juvéniles 0+ des cinq espèces de chevalier capturés dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu en 1997. Les équations des droites de régression du poids en fonction de la date d'échantillonnage (exprimée en jour julien) sont données sous le graphique. R^2 : coefficient de détermination, p : niveau de signification de la pente (test de t de Student), n : effectif.

Tableau 1.4. Paramètres des équations des relations longueur-poids (après transformation logarithmique) des juvéniles 0+ des cinq espèces de chevalier capturés dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu en 1997. L'analyse de covariance ne dénote aucune différence significative entre les pentes ($p = 0,1854$) et les ordonnées à l'origine ($p = 0,0909$) de ces relations pour les différentes espèces. L'étendue des tailles pour chacune des espèces est de : 30,0 à 89,0 mm pour le chevalier rouge; 40,0 à 83,0 mm pour le chevalier blanc; 24,0 à 65,5 mm pour le chevalier jaune; 32,0 à 63,0 mm pour le chevalier de rivière; 37,5 à 48,0 mm pour le chevalier cuivré. L'équation générale de la relation est donnée par :

$$\text{Log}_{10}(\text{Poids (g)}) = b + m * \text{Log}_{10}(\text{Longueur totale (mm)})$$

Espèce	Ordonnée à l'origine b	Pente m	test de t de Student* p	Coefficient de détermination R ²	Effectif
Chevalier rouge	- 4,9962	3,0083	0,0000	0,97	1255
Chevalier blanc	- 4,9393	2,9962	< 0,0001	0,93	395
Chevalier jaune	- 4,8665	2,9629	< 0,0001	0,98	126
Chevalier de rivière	- 4,7587	2,8747	< 0,0001	0,97	113
Chevalier cuivré	- 4,1991	2,5366	< 0,0001	0,93	12

* Niveau de signification de la pente.

N.B : Tous les spécimens ont été inclus pour le calcul des relations longueur-poids. Lorsque certains ont été préservés dans l'éthanol 95 %, les poids corrigés ont été utilisés.

Le coefficient de condition (indice de Fulton) des chevaliers 0+ de 1997 préservés dans le formol varie entre les espèces (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,0001$). Les chevaliers jaunes présentent l'indice le plus élevé soit 1,18 puis suivent, dans l'ordre, les chevaliers cuivré, blanc, de rivière et rouge avec des coefficients respectifs de 1,15, 1,14, 1,07 et 1,05. La comparaison multiple des coefficients moyens entre les espèces (test de Tukey-Kramer, $p < 0,05$) met en évidence deux groupes : le premier formé par les chevaliers jaune, cuivré et blanc et le second formé par les chevaliers rouge et de rivière. Notons toutefois que les coefficients moyens des chevaliers jaune et blanc se sont avérés statistiquement différents entre eux (Tableau 1.5).

Pour toutes les espèces (sauf pour le chevalier blanc), les indices de Fulton sont légèrement inférieurs chez les juvéniles 1+ comparativement aux 0+. Les valeurs moyennes observées ont été de 1,15 pour les chevaliers blancs, 1,14 pour les jaunes, 1,01 pour les chevaliers de rivière, 1,00 pour les rouges et 0,96 pour les cuivrés (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,0001$). Des tendances similaires à celles observées entre les juvéniles 0+ des différentes espèces apparaissent à savoir : un premier groupe formé par les blancs et les jaunes et un deuxième, par les chevaliers rouge, cuivré et de rivière (test de Tukey-Kramer, $p < 0,05$). Ces comparaisons interspécifiques doivent cependant être abordées avec prudence car les effectifs pour chacune des espèces sont très différents et, dans le cas du chevalier cuivré, ils ne reposent que sur huit individus 0+ et seulement deux âgés de un an (Tableau 1.5).

Pour des spécimens capturés simultanément dans les deux secteurs du 24 septembre au 21 octobre 1997, globalement (toutes espèces confondues) les chevaliers 0+ de la région de Saint-Ours présentent un indice de Fulton moyen (1,10) très légèrement supérieur et significativement différent (test de Kruskal-Wallis, $p = 0,0003$) de celui calculé pour la région de Saint-Marc (1,08). Par contre, aucune différence significative n'a été relevée lorsque nous procédons à la comparaison par espèce entre les secteurs (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$). Soulignons que cette comparaison n'a pu être menée pour les chevaliers jaune et cuivré dont aucun spécimen n'a été capturé dans le secteur de Saint-Ours à cette période. Enfin, les mêmes tendances entre les espèces (pour ces mêmes spécimens) apparaissent lorsque nous procédons à la comparaison de leur coefficient de condition moyen au sein d'un secteur donné (test de Tukey-Kramer, $p < 0,05$) (Tableau 1.5).

Tableau 1.5. Coefficients de condition (indice de Fulton) des juvéniles 0+ et 1+ des cinq espèces de chevalier (spécimens préservés dans le formol tamponné 10 %) de la rivière Richelieu. Les chevaliers 0+ (n = 1654) ont été capturés du 5 août au 5 novembre 1997 dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours et ceux âgés de un an (n = 1166), du 25 mai au 12 juin 1998 dans la région de Saint-Marc. Également, on retrouve les coefficients de condition par secteur des juvéniles 0+ des différentes espèces de chevalier capturés simultanément dans ces deux portions de la rivière du 24 septembre au 21 octobre 1997. Les moyennes affichant la même lettre en exposant ne diffèrent pas statistiquement entre les espèces à un âge ou au sein d'un secteur donné (test de Tukey-Kramer, $p > 0,05$). σ : écart type, n : effectif. L'indice de Fulton (K) est donné par :

$$K = \text{poids (g)} * 10^5 / \text{longueur totale}^3 \text{ (mm)}$$

Espèce	Chevaliers 0+ de 1997 ¹			Chevaliers 1+ du printemps 1998 ²			Chevaliers 0+ capturés du 24 septembre au 21 octobre 1997					
	K	σ	n	K	σ	n	Saint-Marc			Saint-Ours		
							K	σ	n	K	σ	n
Jaune	1,18 ^a	0,09	107	1,14 ^a	0,08	58	1,22 ^a	0,08	44	*		
Cuivré	1,15 ^{ab}	0,06	8	0,96 ^b	0,03	2	1,12 ^{ab}	0,07	3	*		
Blanc	1,14 ^b	0,10	376	1,15 ^a	0,10	93	1,18 ^a	0,12	24	1,16 ^a	0,06	52
Rivière	1,07 ^c	0,10	69	1,01 ^b	0,08	77	1,07 ^b	0,08	45	1,10 ^{ab}	0,07	10
Rouge	1,05 ^c	0,11	1094	1,00 ^b	0,08	936	1,06 ^b	0,12	440	1,06 ^b	0,09	93

* Aucun spécimen de cette espèce n'a été capturé dans la région de Saint-Ours à cette période.

¹ L'étendue des tailles pour chacune des espèces est de : 34,0 à 89,0 mm pour le chevalier rouge; 40,0 à 83,0 mm pour le chevalier blanc; 38,0 à 65,5 mm pour le chevalier jaune; 35,0 à 63,0 mm pour le chevalier de rivière; 38,0 à 42,0 mm pour le chevalier cuivré.

² L'étendue des tailles pour chacune des espèces est de : 56,0 à 97,0 mm pour le chevalier rouge; 62,5 à 85,0 mm pour le chevalier blanc; 49,0 à 68,0 mm pour le chevalier jaune; 48,0 à 72,0 mm pour le chevalier de rivière; 47,5 à 53,5 mm pour le chevalier cuivré.

Le choix des spécimens pour les analyses portant sur la mortalité sélective selon la taille a été fait de façon à prévenir le plus possible les biais résultant d'une croissance pouvant survenir entre ces périodes et à conserver des effectifs raisonnables pour les analyses. Ainsi, seuls les chevaliers 0+ capturés les 21 et 30 octobre ainsi que le 5 novembre ($n = 218$) de même que les chevaliers 1+ capturés les 25 et 26 mai 1998 ($n = 228$) ont été considérés. Chez les juvéniles 1+ du printemps (toutes espèces confondues), on remarque que l'abondance relative des spécimens pour les trois plus petites classes de taille (longueur totale $\leq 65,0$ mm) est nettement inférieure par rapport à ce qui a été observé chez les chevaliers 0+ de l'automne 1997. En effet, les individus de taille inférieure ou égale à 65,0 mm représentaient 60,1 % des chevaliers 0+ à l'automne 1997 contre seulement 23,3 % des chevaliers 1+ au printemps. En outre, on note chez les juvéniles 1+ du printemps une absence de spécimens appartenant à la plus petite classe de taille (37,5 à 45,0 mm) observée chez les juvéniles 0+ de 1997 (Figure 1.6 A).

Notons que les sept chevaliers cuivrés 0+ capturés à l'automne (21 octobre au 5 novembre 1997) font partie de cette classe. Des résultats similaires ont été obtenus pour les chevaliers rouges. À l'automne, 41,2 % des jeunes de l'année de chevalier rouge ont une taille inférieure ou égale à 65 mm alors que chez ceux âgés de un an au printemps cette proportion est réduite à 13,7 % (Figure 1.6 B).

La comparaison des longueurs totales moyennes des chevaliers 0+ et 1+ révèle que les différences sont significatives et ce, pour l'ensemble des spécimens et pour chacune des espèces sauf pour les chevaliers de rivière (ANOVA ou test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) (Tableau 1.6). Cette comparaison n'a pas été faite pour les chevaliers cuivrés car aucun spécimen n'a été capturé les 25 et 26 mai 1998. Pour l'ensemble des spécimens (toutes espèces confondues), la différence de taille entre les chevaliers 0+ et 1+ est de 8,3 mm (61,9 versus 70,2 mm) (Tableau 1.6).

L'analyse des résultats par la méthode de Post et Evans (1989) révèle que pour l'ensemble des chevaliers, il pourrait y avoir une mortalité hivernale sélective chez les individus de petite taille car la pente du graphique des quantiles (Figure 1.7 A, à gauche) est de 0,881 et s'est avérée statistiquement différente de un (soit la pente de la bissectrice) puisque l'intervalle de confiance à 95 % associé à cette pente variait de 0,78 à 0,98. De même, la pente du graphique de l'accroissement (Figure 1.7 A, à droite) est négative et significative ($p = 0,0293$) donc statistiquement différente de zéro. D'autre part, la translation vers le haut de la droite de régression du graphique des quantiles (Figure 1.7 A à gauche) par rapport à la bissectrice est un indice qu'il y a eu croissance des individus entre les périodes d'échantillonnage.

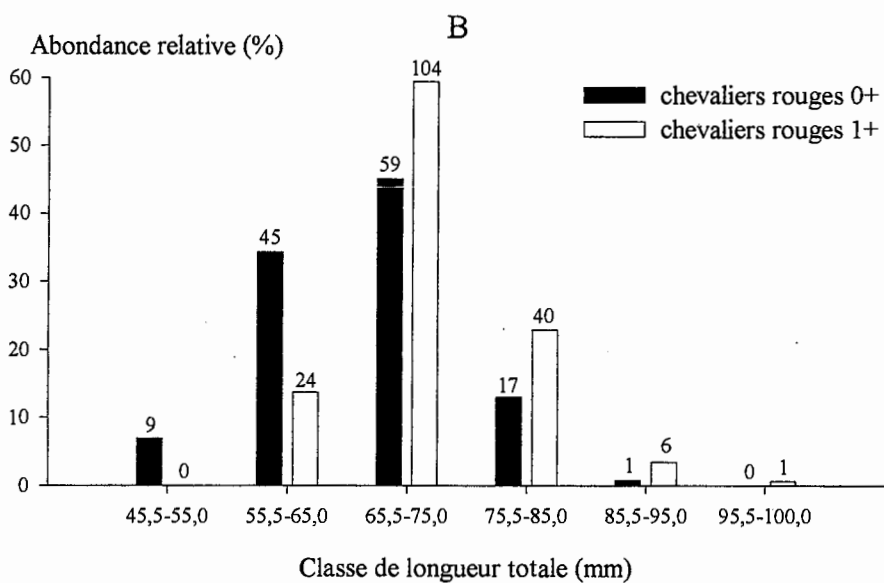
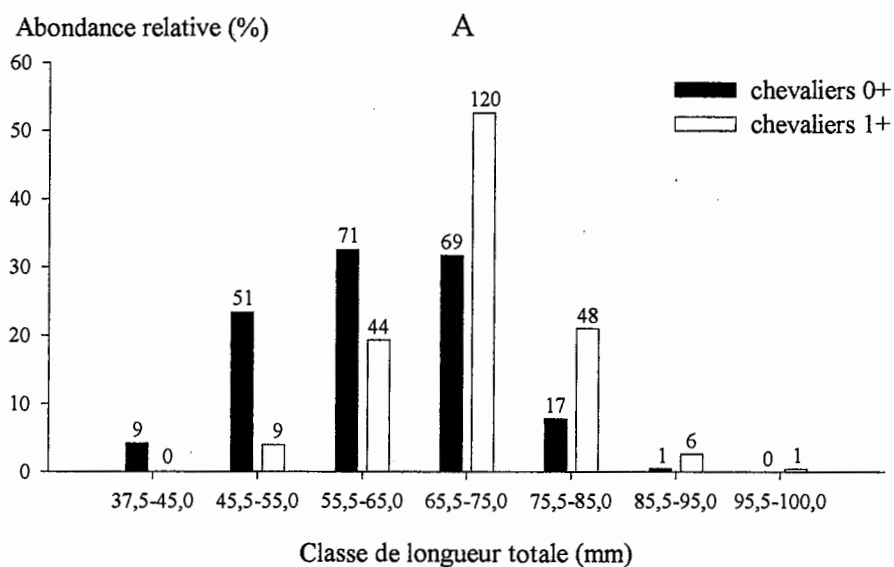


Figure 1.6. Comparaison de l'abondance relative par classe de taille (longueur totale) entre les chevaliers 0+ et 1+ capturés dans la rivière Richelieu à l'automne 1997 (du 21 octobre au 5 novembre) et au printemps 1998 (25 et 26 mai). A : toutes espèces confondues (218 chevaliers 0+ et 228 âgés de un an). B : chevaliers rouges capturés à la même période dont 131 jeunes de l'année et 175 âgés de un an. Les valeurs au haut des colonnes représentent les effectifs pour chacune des classes de taille.

Tableau 1.6. Comparaison de la taille moyenne (longueur totale (mm)) des chevaliers juvéniles 0+ de 1997 (n = 218) capturés dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours à l'automne (du 21 octobre au 5 novembre) et des chevaliers 1+ de 1998 (n = 228) capturés dans le secteur de Saint-Marc au printemps (les 25 et 26 mai). Total : ensemble des chevaliers. Les moyennes affichant la même lettre en exposant ne diffèrent pas statistiquement (ANOVA ou test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$, selon la distribution des variables).

Espèce	Chevaliers 0+ de 1997			Chevaliers 1+ de 1998		
	Longueur totale moyenne (mm)	Écart type	Effectif	Longueur totale moyenne (mm)	Écart type	Effectif
Rouge	66,8 ^a	7,1	131	72,0 ^b	6,5	175
Blanc	67,3 ^a	5,6	13	72,2 ^b	5,2	25
Jaune	53,3 ^a	4,5	53	57,4 ^b	4,1	14
Rivière	54,5 ^a	4,1	14	56,7 ^a	4,0	14
Cuivré*	39,9	1,6	7	-	-	0
Total	61,9 ^a	9,6	218	70,2 ^b	7,8	228

* Exclu des comparaisons.

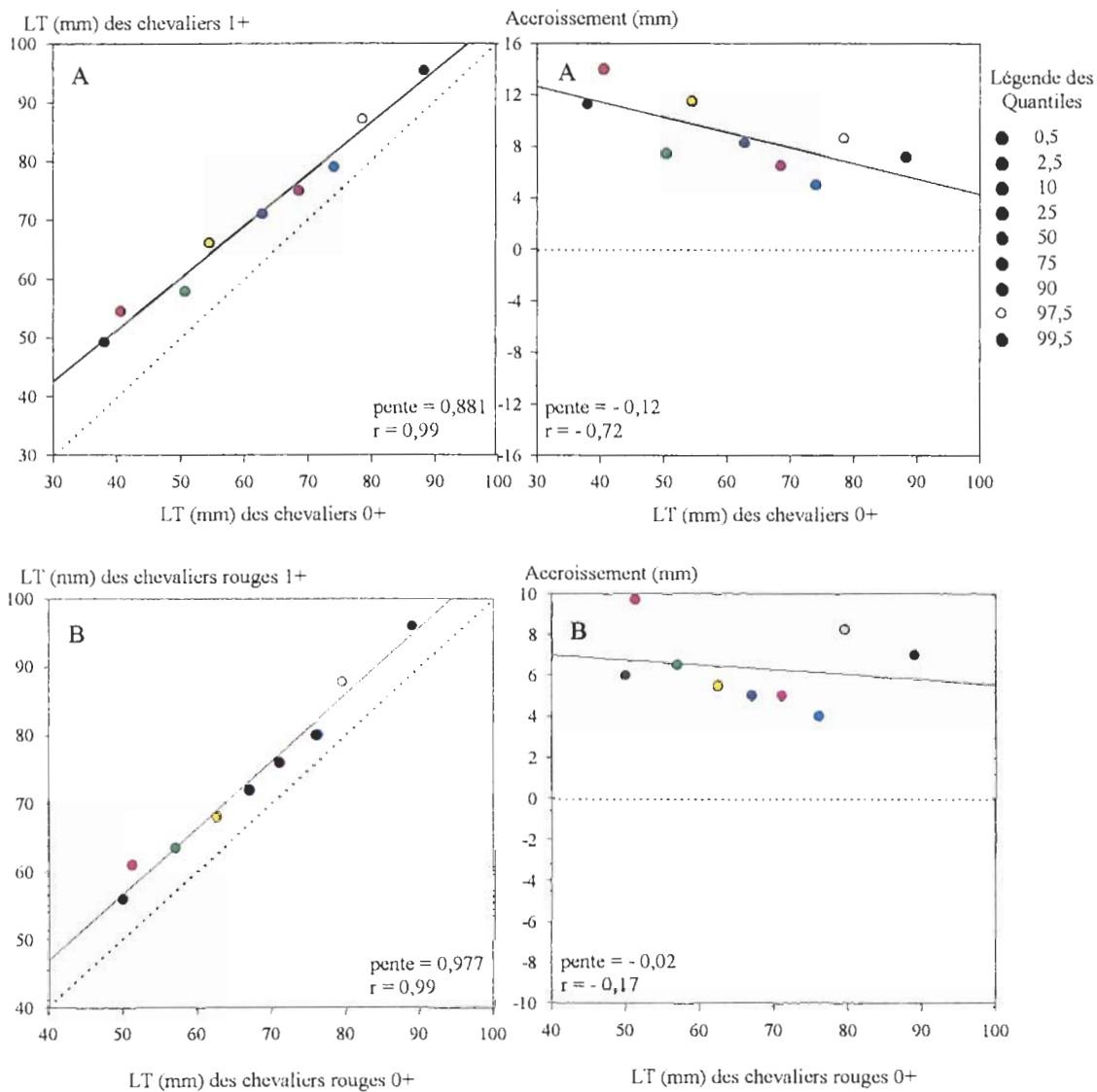


Figure 1.7. Évaluation de la mortalité sélective hivernale selon la taille des chevaliers 0+ de la cohorte de 1997 par la méthode de Post et Evans (1989). Les chevaliers 0+ ont été capturés du 21 octobre au 5 novembre 1997 et les juvéniles 1+ ont été capturés les 25 et 26 mai 1998. A : ensemble des chevaliers (toutes espèces confondues) et B : chevalier rouge. Les graphiques des quantiles sont à gauche et ceux de l'accroissement à droite. LT : longueur totale, pente : pente de la droite de régression, r : coefficient de corrélation de Pearson.

Par contre, comme nous ne connaissons pas s'il existe une croissance différentielle selon la taille des individus chez les jeunes chevaliers, nous ne pouvons juger jusqu'à quel point la mortalité sélective affecte les individus de petite taille par la magnitude de la pente du graphique de l'accroissement (Post et Evans 1989).

Ces résultats pourraient être biaisés dû au fait que les effectifs sont différents pour chacune des espèces au sein d'une période et entre les périodes (automne et printemps). À cet effet, l'échantillon d'automne compte sept chevaliers cuivrés alors qu'aucun ne fait partie de l'échantillon printanier. Si l'on applique à nouveau la méthode de Post et Evans (1989) sur l'ensemble des chevaliers en excluant les chevaliers cuivrés, le phénomène de croissance entre les deux périodes est à nouveau observé mais celui de la mortalité sélective selon la taille n'a pu être mis en évidence; la pente du graphique des quantiles (0,94) ne diffère pas de un (intervalle de confiance à 95 % sur la pente varie de 0,84 à 1,04) et celle du graphique de l'accroissement (-0,06) ne s'est pas avérée statistiquement différente de zéro ($p = 0,1945$). Il semble que cette méthode soit très sensible puisque le seul fait de retirer les sept chevaliers cuivrés de l'analyse (toutes espèces confondues, $n = 446$ spécimens) a fait basculer la tendance.

En ce qui concerne les chevaliers rouges, les résultats tendent à démontrer qu'il n'y a pas eu de mortalité hivernale sélective selon la taille. La pente de la droite de régression reliant les longueurs totales aux quantiles des chevaliers 0+ (en x) et 1+ (en y) qui est de 0,977, ne s'est pas avérée statistiquement différente de un (intervalle de confiance à 95 % de la pente variant de 0,86 à 1,06) (Figure 1.7 B à gauche). De même, la pente du graphique de l'accroissement (Figure 1.7 B à droite), n'est pas significative ($p = 0,6539$) donc ne diffère pas de zéro. Nous observons également la translation vers le haut de la droite de régression du graphique des quantiles (Figure 1.7 B à gauche) par rapport à la bissectrice ce qui indique qu'il y a eu croissance des individus (Post et Evans 1989).

L'application de la méthode de Post et Evans (1989) pour les autres espèces (chevaliers blanc, jaune, de rivière) a mis à nouveau en évidence le phénomène de croissance des individus entre les périodes pour toutes les espèces et a permis de déceler une mortalité sélective hivernale des individus de petite taille chez les chevaliers jaunes mais non chez les chevaliers blanc et de rivière. Ces résultats doivent cependant être abordés avec une très grande prudence car les effectifs sont faibles et, particulièrement pour le chevalier jaune, inégaux entre les périodes (53 à l'automne et de 14 au printemps). Ces différences pourraient être suffisantes pour faire basculer la tendance.

1.3.3 Alimentation des chevaliers

Au total, 181 chevaliers 0+ (55 rouges, 26 blancs, 56 jaunes, 31 de rivière et 13 cuivrés), 47 chevaliers 1+ (12 rouges, 11 blancs, 10 jaunes, 11 de rivière et trois cuivrés) et un chevalier de rivière 2+ ont été examinés. Des 13 chevaliers cuivrés 0+ examinés, 11 ont été capturés du 7 octobre au 5 novembre 1997 et les deux autres, le 9 septembre 1997 et le 21 septembre 1998. Pour cette espèce, le régime alimentaire moyen décrit donc davantage un régime de la saison d'automne.

1.3.3.1 Alimentation des chevaliers 0+

Chez les juvéniles 0+, seulement sept spécimens avaient le tractus intestinal vide, soit cinq chevaliers rouges (tous capturés le 30 octobre) et deux chevaliers de rivière (un capturé le 24 septembre et l'autre le 7 octobre). Les chevaliers rouges présentent le régime alimentaire le plus diversifié, avec 37 catégories d'organismes répertoriées, et les chevaliers cuivrés le moins diversifié avec 24 catégories d'organismes. Comparativement, nous avons trouvé 34 catégories chez les chevaliers de rivière, 33 chez les jaunes et 30 chez les blancs. Nous avons dénombré, en moyenne, au-delà de 500 proies par tractus digestif chez les chevaliers blanc et de rivière, alors que les chevaliers cuivrés n'avaient, en moyenne, que 151 proies dans leur tractus digestif. Les autres espèces avaient un nombre moyen de proies de 342 pour les rouges et 291 pour les jaunes (Tableau 1.7).

Le régime alimentaire moyen des juvéniles 0+ des différentes espèces de chevalier est composé de microcrustacés à plus de 50 % (cladocères, copépodes et ostracodes) (sauf pour le chevalier de rivière où la proportion moyenne est de 47 %). Dans le cas des chevaliers blancs, la proportion de microcrustacés atteint 70 %. La très grande majorité des microcrustacés consommés par les chevaliers 0+ sont des cladocères, plus particulièrement, de la famille des chydoridés; cette dernière constitue d'ailleurs, pour toutes les espèces, la principale proie. À elle seule, cette famille compte pour 38,9 % du régime des chevaliers rouges, environ 32,8 % pour les chevaliers blancs et jaunes, 28,4 % pour les chevaliers cuivrés et 21,6 % pour les chevaliers de rivière. Les fréquences d'occurrence des chydoridés sont également les plus élevées parmi tous les types de proies; elles varient de 96,2 % (chez le chevalier blanc) à 100,0 % pour les chevaliers cuivrés et de rivière. Des fréquences d'occurrence de 98,0 % ont été enregistrées pour les chevaliers rouge et jaune (Tableau 1.7).

Tableau 1.7. Pourcentages moyens en nombre (% Nbre) et fréquences d'occurrence (% Occ) des catégories d'organismes composant le régime alimentaire des juvéniles 0+ des cinq espèces de chevalier du secteur de Saint-Marc capturés du 12 août au 5 novembre 1997. Pour chacune des espèces, on présente également les longueurs totales (LT) et les poids (moyens, minimum et maximum) des spécimens dont le tractus digestif contenait des proies. Non id : non identifiés.

Espèce		Rouge	Blanc	Jaune	Rivière	Cuivré					
Effectif		55	26	56	31	13					
LT moyenne (mm)		64,5	67,5	53,3	49,3	41,0					
LT (mm) min - max		36,0-77,0	41,0-78,0	38,0 - 63,0	32,0 - 63,0	37,5 - 48,5					
Poids moyen (g)		2,99	3,65	1,82	1,33	0,80					
Poids (g) min - max		0,50 - 5,69	0,75 - 5,24	0,58 - 3,07	0,37 - 2,80	0,59 - 1,29					
Nombre de tractus digestifs vides		5	0	0	2	0					
Catégorie d'organismes		% Nbre	% Occ	% Nbre	% Occ	% Nbre	% Occ	% Nbre	% Occ		
Microcrustacés											
Cladocères	Chydoridés	38,9	98,0	32,87	96,2	32,75	98,2	21,63	100,0	28,40	100,0
	Bosminidés	0,17	22,0	0,11	11,5	0,23	25,0	0,23	13,8	0,38	23,1
	Sididés	0,04	8,0	0,07	11,5	0,03	8,9	0,04	10,3		
	Macrothricidés			0,02	7,7	0,19	14,3	0,07	24,1	1,68	7,7
	Non identifiés	3,80	68,0	0,93	53,8	2,97	50,0	1,95	51,7	5,58	76,9
Copépodes	Cyclopoïdes	1,87	64,0	3,53	76,9	6,68	85,7	0,83	65,5	0,60	38,5
	Calanoïdes	0,01	4,0			0,004	1,8				
	Harpacticoïdes	2,70	50,0	15,41	96,2	12,46	87,5	12,05	86,2	8,01	61,5
	Nauplii	2,26	68,0	0,70	42,3	3,90	73,2	1,84	69,0	3,45	53,8
	Non identifiés	1,32	44,0	7,34	42,3	4,16	66,1	3,84	44,8	0,70	46,2
Ostracodes		1,71	56,0	8,57	80,8	2,65	55,4	3,76	75,9	1,45	38,5
Amphipodes		0,01	6,0	0,01	3,8			0,001	3,4		
Crustacés non id.		0,06	8,0	0,28	11,5	0,13	19,6	0,37	55,2	0,31	15,4
Larves d'insectes											
Diptères	Chironomides (larves)	35,34	92,0	3,97	88,5	4,17	78,6	4,00	82,8	4,63	76,9
	Chironomides (pupes)	0,16	26,0	0,01	7,7	0,007	3,6	0,02	6,9		
	Autres larves	0,04	10,0					0,01	3,4		
Trichoptères		0,07	10,0	0,02	7,7	0,08	16,1	0,17	24,1	0,10	7,7
Coléoptères		0,84	62,0	0,003	3,8	0,1	16,1	0,13	20,7		
Plécoptères		0,002	2,0								
Ephéméroptères		0,002	2,0								
Odonates		0,01	4,0			0,01	1,8				
Collemboles								0,007	3,4		
Larves non id.		0,08	20,0	0,02	7,7	0,08	16,1	0,008	3,4	0,03	7,7
Adultes non id.		0,01	4,0			0,003	1,8	0,004	3,4		
Vers											
	Nématodes	3,63	50,0	13,16	96,2	6,08	78,6	14,89	86,2	22,47	92,3
	Plathelminthes	0,007	2,0	0,06	15,4			0,02	3,4		
	Annélides	0,01	2,0								
Autres proies											
	Protozoaires	0,99	36,0	5,93	53,8	6,00	46,4	5,82	72,4	0,84	38,5
	Bryozoaires (statoblastes)	2,07	56,0	0,37	38,5	0,69	42,9	0,93	44,8	0,17	15,4
	Rotifères	0,18	22,0	0,09	3,8	0,56	42,9	0,45	48,3	0,61	38,5
	Tardigrades	0,13	10,0	0,12	26,9	0,80	28,6	0,49	34,5	2,44	23,1
	Hydracariens	0,35	26,0	0,02	11,5	0,06	12,5	0,06	27,6	0,04	7,7
	Arachnides	0,002	2,0			0,01	1,8	0,01	3,4		
	Hydres	1,1	8,0	0,02	7,7	0,003	1,8	0,02	6,9		
	Arthropodes non id.					0,004	1,8				
	Non identifiées	0,16	6,0	0,01	3,8	0,16	12,5	0,25	27,6	0,17	15,4
Algues											
	Diatomées	0,43	44,0	4,59	46,2	7,50	58,9	20,46	75,9	4,64	61,5
	Desmidiées	1,44	64,0	1,44	69,2	5,25	78,6	4,74	82,8	11,85	92,3
	Ulothricidées	0,24	34,0	0,05	3,8	0,11	16,1	0,06	17,2	0,63	30,8
	Autres	0,62	30,0	0,27	11,5	2,14	26,8	0,80	62,1	0,82	38,5
	Sable (cote moyenne)	0,06	6,0	0,54	90,9	0,32	28,6	1,14	62,1	0,69	46,2
	Débris végétaux (cote moyenne)	0,40	34,0	0,46	100,0	0,48	35,7	0,97	65,5	0,31	23,1
	Nombre moyen de proies / tractus digestif	342,4		523,4		291,1		516,0		150,6	
	Nombre de catégories d'organismes utilisées	37		30		33		34		24	

Dans l'ensemble, les copépodes, à l'exception des calanoïdes qui ne sont consommés que très occasionnellement par les chevaliers rouge et jaune, présentent, le plus souvent, des fréquences d'occurrence supérieures à 50 % pour l'ensemble des espèces. Globalement les copépodes comptent environ pour 27 % des proies ingérées par les chevaliers blanc et jaune, 18,6 %, 12,8 % et 8,1 % des diètes respectives des chevaliers de rivière, cuivré et rouge. Au sein des copépodes, les harpacticoïdes sont les plus utilisés par les chevaliers 0+ et ce particulièrement par les chevaliers blanc et jaune pour lesquels ils constituent la deuxième catégorie de proies en importance avec des pourcentages en nombre et des fréquences d'occurrence de 15,4 % (% Occ de 96,2 %) chez les blancs et de 12,5 % (% Occ de 87,5 %) chez les jaunes. Notons que les copépodes harpacticoïdes représentent la quatrième catégorie de proies en importance numérique pour les chevaliers de rivière, cuivré et rouge. Les copépodes cyclopoïdes sont ingérés plus fréquemment et en plus grand nombre par les chevaliers jaune (% en nombre de 6,7 %) et blanc (% en nombre de 3,5 %); ce type de proie compte pour près de 2 % du régime des chevaliers rouges et moins de 1 % pour les chevaliers de rivière et cuivré (Tableau 1.7).

Les ostracodes sont la troisième proie en importance des chevaliers blancs avec un pourcentage en nombre de 8,6 % et une fréquence d'occurrence de 80,8 %. Pour toutes les autres espèces, cette proie représente des pourcentages en nombre inférieurs à 4 % même si leur fréquence d'occurrence est supérieure à 50 % dans tous les cas, sauf pour le chevalier cuivré où ils ont été trouvés dans 38,5 % des tractus digestifs (Tableau 1.7).

Le régime alimentaire des chevaliers rouges est composé à 36,6 % (% en nombre) de larves d'insectes alors que chez les autres espèces, la proportion varie de 4 % à 4,8 %, ce qui distingue nettement le chevalier rouge par rapport aux autres. Pour toutes les espèces, les larves de chironomides comptent pour plus de 90 % des larves d'insectes et les fréquences d'occurrence varient de 76,9 % à 92 %. Les autres types de larves d'insectes sont toujours très peu représentés (% en nombre inférieurs à 1 %) et ce, pour tous les chevaliers. Les larves de chironomides constituent 35,3 % (deuxième proie en importance) des organismes ingérés par les chevaliers rouges (% d'occurrence de 92 %) alors qu'elles ne comptent que pour 4,6 % (% d'occurrence de 76,9 %) chez les cuivrés; 4,2 % (% d'occurrence de 78,6 %) chez les jaunes; 4 % chez les chevaliers de rivière (% d'occurrence de 82,8 %) et blanc (% d'occurrence de 88,5 %). Les larves de trichoptères représentent le deuxième type de larves d'insectes le plus consommé par les chevaliers sauf en ce qui concerne les chevaliers rouges pour lesquels les larves de coléoptères sont trouvées dans 62 % des tractus digestifs et sont ingérées en plus grande quantité que les larves de trichoptères (pourcentage en nombre de 0,84 %). Seulement trois

catégories d'insectes ont été répertoriées chez les chevaliers cuivrés alors que nous en avons trouvé sept chez les chevaliers jaune et de rivière, cinq chez les blancs et 10 chez les rouges. Ces derniers sont d'ailleurs les seuls à consommer des larves de plécoptères et d'éphéméroptères (Tableau 1.7).

Une part relativement importante du régime alimentaire des chevaliers cuivré, blanc et de rivière est composée de vers, qui sont représentés à plus de 99 % par des nématodes. Ces derniers sont la deuxième proie, en importance, des chevaliers cuivrés et représentent 22,5 % en nombre de leur régime. Chez les chevaliers de rivière, blanc et rouge, les nématodes occupent la troisième place en importance dans le régime alimentaire avec des pourcentages en nombre respectifs de 14,9 %, 13,2 % et 3,6 %. En ce qui concerne les chevaliers jaunes, 6,1 % de leur diète est composée de nématodes (cinquième rang); par contre, ils ont été trouvés dans 78,6 % des tractus digestifs de cette espèce. Pour toutes les espèces, les fréquences d'occurrence des nématodes sont élevées soit de 96,2 % chez les blancs, 92,3 % chez les cuivrés, 78,6 % pour les chevaliers de rivière et 50 % pour les chevaliers rouges (Tableau 1.7).

De façon générale, des pourcentages inférieurs à 1 % ont été enregistrés pour les autres catégories de proies animales rencontrées chez les chevaliers telles les protozoaires, statoblastes de bryozoaires, rotifères, tardigrades, hydracariens, arachnides, hydres et arthropodes non identifiés. Les chevaliers blanc, jaune et de rivière consomment des protozoaires en quantité plus grande que les autres espèces avec des valeurs de près de 6 % (% en nombre). La consommation de protozoaires, assez fréquente chez les chevaliers 0+, est plus élevée chez les chevaliers de rivière (% d'occurrence de 72,4 %) que pour les autres espèces, les fréquences d'occurrence variant de 36 % à 53,8 % chez ces dernières. Soulignons également les proportions légèrement plus élevées de statoblastes de bryozoaires chez les chevaliers rouges (2,1 %) et de tardigrades chez les chevaliers cuivrés (2,4 %) par rapport aux autres espèces (Tableau 1.7).

Des quantités importantes d'algues (% en nombre) ont été trouvées dans les tractus digestifs des chevaliers de rivière (26 %), cuivré (18 %) et jaune (15 %). Comparativement, à peine 6,4 % et 2,8 % des régimes alimentaires des chevaliers blanc et rouge sont composés d'algues et, chez ces deux espèces, les fréquences d'occurrence des algues sont aussi plus faibles. Les trois principales catégories répertoriées sont : les desmidiées (plus fréquentes), les diatomées et les ulothricidées (moins fréquentes). Même si les fréquences d'occurrence sont plus faibles pour les diatomées par rapport aux desmidiées, la plupart des espèces (sauf les chevaliers rouge et cuivré) consomment davantage de diatomées que de desmidiées. Les diatomées représentent une proportion considérable de la diète des chevaliers de rivière

(% en nombre de 20,5 % et % d'occurrence de 75,9 %); d'ailleurs il s'agit de la deuxième proie en importance numérique pour cette espèce. Chez les chevaliers jaunes, 7,5 % de leur régime est composé de diatomées (3^{ième} proie en importance). Les chevaliers rouge et cuivré ingèrent davantage les desmidées que les diatomées. Chez les cuivrés cette dernière proie constitue la 3^{ième} en importance avec un pourcentage moyen en nombre de 11,9 % et une fréquence d'occurrence très élevée, soit de 92,3 % (Tableau 1.7).

Globalement, peu de sable et de débris végétaux (cote moyenne rarement supérieure à 1, qui signifie faible) ont été trouvés dans les tractus digestifs des chevaliers 0+. Chez les chevaliers de rivière, de plus grandes quantités de sable (cote moyenne de 1,14) et de débris végétaux (cote moyenne de 0,97) ont été observées et ce, de façon relativement fréquente (% d'occurrence supérieur à 60 % dans les deux cas). Les cotes moyennes de sable calculées pour les autres espèces sont inférieures à 1, la plus faible étant de 0,06 combinée à une fréquence d'occurrence également très faible de 6 % chez les chevaliers rouges. Comparativement aux autres espèces, moins de débris végétaux ont été trouvés dans le tractus digestif des chevaliers cuivrés (cote moyenne de 0,31 et % d'occurrence le plus faible soit de 23,1 %). Le sable et les débris végétaux sont présents en faible quantité chez les chevaliers blancs, par contre, leurs fréquences d'occurrence sont très élevées (Tableau 1.7).

1.3.3.2 Évolution temporelle des régimes alimentaires des chevaliers 0+

Afin d'étudier l'évolution des régimes alimentaires des différentes espèces de chevaliers, la saison a été séparée en deux (été = mois d'août et septembre, automne = mois d'octobre et novembre) de façon à conserver des effectifs raisonnables pour mener des comparaisons. Il faut cependant être prudents car surtout pour les chevaliers blanc, jaune et cuivré les effectifs sont inégaux entre les saisons et ce particulièrement pour le chevalier cuivré pour lequel nous disposons de très peu de spécimens à l'été (deux) comparativement à l'automne (n = 11).

Les juvéniles 0+ de toutes les espèces de chevalier ont une alimentation plus diversifiée (sauf le chevalier cuivré) et consomment un plus grand nombre de proies l'été (mois d'août et septembre) que l'automne (mois d'octobre et novembre). À l'été, les chevaliers de rivière avaient, en moyenne, un nombre très élevé de proies dans leur tractus digestif soit, 702,8. À la même période, nous en avons trouvé en moyenne pour les autres espèces : 680,9 (chevalier blanc), 514,8 (chevalier jaune), 445,2 (chevalier rouge) et 208,5 chez les chevaliers cuivrés. Comparativement, à l'automne, nous avons

répertorié moins de 250 proies chez toutes les espèces (Tableaux 1.8 et 1.9). Le nombre moyen de proies répertoriées dans les tractus digestifs accuse généralement une baisse constante au fil de la saison pour toutes les espèces (Figure 1.8).

À l'été, les chydoridés sont les proies les plus utilisées par les chevaliers blanc et jaune (% en nombre de 36,4 % et de 24,2 % respectivement) alors que le régime alimentaire des chevaliers rouge et cuivré est dominé par les larves de chironomides (40,7 % et 23,5 % respectivement) et celui des chevaliers de rivière par les diatomées avec près de 30 % en nombre (Tableaux 1.8 et 1.9). À l'automne, toutes les espèces de chevalier consomment davantage de microcrustacés, en particulier les cladocères de la famille des chydoridés. On note une augmentation de la proportion des cladocères (sauf pour le chevalier blanc où il y a une diminution) et des copépodes (sauf pour le chevalier cuivré où elle est stable) comparativement à l'été. Notons cependant que seules les hausses des copépodes et des cladocères consommés par les chevaliers jaune ainsi que des copépodes consommés par les chevaliers blancs se sont avérées significatives (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) (Figure 1.9).

En ce qui concerne les copépodes, nous observons, pour l'ensemble des espèces, une hausse de la consommation des nauplii et des copépodes cyclopoïdes, toutefois plus marquée et significative chez les chevaliers blanc et jaune (pour les copépodes cyclopoïdes) (Figure 1.10). Pour ces deux dernières espèces, en été, les copépodes cyclopoïdes comptent pour environ 1 % de leurs régimes alors qu'à l'automne, la contribution de cette proie dépasse légèrement 8 % (Tableaux 1.8 et 1.9). Quant aux copépodes harpacticoïdes, les fréquences d'occurrence sont généralement à la baisse à l'automne. Par contre, les chevaliers rouge et de rivière en ingèrent plus alors que l'on enregistre une baisse chez les chevaliers jaune (significative) et cuivré à mesure que la saison avance. Soulignons que près de 15 % du régime alimentaire des chevaliers blancs est composé de copépodes harpacticoïdes quelle que soit la saison (Figure 1.10, Tableaux 1.8 et 1.9).

Au cours de la saison, on note une baisse significative (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) au niveau des autres microcrustacés (groupe constitué principalement d'ostracodes) pour toutes les espèces (Figure 1.9). En effet, pour les ostracodes, nous observons une tendance significative à la baisse (% en nombre) pour toutes les espèces (sauf le cuivré) de même qu'une chute radicale des fréquences d'occurrence à l'automne (Figure 1.10, Tableaux 1.8 et 1.9).

Tableau 1.8. Pourcentages moyens en nombre (% Nbre) et fréquences d'occurrence (% Occ) des catégories d'organismes composant le régime alimentaire estival (mois d'août et septembre) des juvéniles 0+ des cinq espèces de chevalier du secteur de Saint-Marc capturés du 12 août au 24 septembre 1997 (n= 74) et le 21 septembre 1998 (n = 1 chevalier cuivré). Pour chacune des espèces, on présente également les longueurs totales (LT) et les poids (moyens, minimum et maximum) des spécimens dont le tractus digestif contenait des proies. Non id : non identifiés.

Espèce		Rouge	Blanc	Jaune	Rivière	Cuivré					
Effectif		24	17	14	19	2					
LT moyenne (mm)		61,2	66,5	54,8	47,1	48,3					
LT (mm) min - max		36,0 - 77,0	41,0 - 78,0	47,0 - 63,0	32,0 - 59,0	48,0 - 48,5					
Poids moyen (g)		2,67	3,42	1,89	1,12	1,21					
Poids (g) min - max		0,50 - 5,69	0,75 - 5,24	1,16 - 2,73	0,37 - 1,82	1,13 - 1,29					
Nombre de tractus digestifs vides		0	0	0	1	0					
Catégorie d'organismes		% Nbre	% Occ	% Nbre	% Occ	% Nbre	% Occ	% Nbre	% Occ	% Nbre	% Occ
Microcrustacés											
Cladocères	Chydoridés	38,51	100,0	36,40	100,0	24,15	100,0	15,13	100,0	19,94	100,0
	Bosminidés	0,10	25,0			0,008	7,1	0,03	11,1		
	Sididés	0,005	4,2	0,11	17,6	0,09	28,6	0,06	16,7		
	Macrothricidés			0,03	11,8	0,65	35,7	0,07	27,8	10,91	50,0
	Non identifiés	1,09	70,8	0,30	58,8	0,54	42,9	0,58	55,6	3,18	50,0
Copépodes	Cyclopoïdes	0,49	62,5	1,05	82,4	1,09	85,7	0,55	72,2		
	Calanoïdes	0,03	8,3								
	Harpacticoïdes	1,91	70,8	15,74	100,0	17,51	100,0	9,96	100,0	10,0	50,0
	Nauplii	1,69	79,2	0,14	47,1	0,84	64,3	1,06	88,9	2,57	100,0
	Non identifiés	0,14	20,8	0,02	17,6	0,03	7,1	0,04	22,2		
Ostracodes		2,70	87,5	10,67	94,1	7,25	92,9	5,67	100,0	3,10	50,0
Amphipodes				0,02	5,9			0,002	5,6		
Crustacés non id.				0,43	17,6	0,31	28,6	0,61	83,3	1,82	50,0
Larves d'insectes											
Diptères	Chironomides (larves)	40,67	100,0	5,06	100,0	10,15	100,0	5,40	94,4	23,48	100,0
	Chironomides (pupes)	0,28	41,2	0,02	11,8	0,03	14,3	0,03	11,1		
	Autres larves	0,04	12,5					0,02	5,6		
Trichoptères		0,13	12,5	0,005	5,9	0,19	35,7	0,28	38,4	0,65	50,0
Coléoptères		0,97	75,0	0,004	5,9	0,15	21,4	0,19	27,8		
Plécoptères		0,005	4,2								
Ephéméroptères		0,005	4,2								
Odonates		0,02	12,5			0,04	7,1				
Collemboles								0,01	5,6		
Larves non id.		0,05	25,0	0,009	5,9	0,11	21,4	0,01	5,6	0,16	50,0
Adultes non id.		0,01	4,2				7,1	0,007	5,6		
Vers											
	Nématodes	2,76	70,8	15,23	100,0	3,27	100,0	17,07	100,0	10,33	100,0
	Plathelminthes			0,07	17,6			0,04	5,6		
	Annélides										
Autres proies											
Protozoaires		1,91	50,0	9,07	82,4	22,77	100,0	9,23	88,9	3,61	100,0
Bryozoaires (statoblastes)		3,19	91,7	0,54	58,8	1,49	78,6	1,42	61,1		
Rotifères		0,05	8,3			0,07	28,6	0,28	55,6	0,17	50,0
Tardigrades		0,05	8,3	0,18	41,2	0,09	28,6	0,44	33,3	0,17	50,0
Hydracariens		0,74	54,2	0,03	17,6	0,14	28,6	0,10	44,4		
Arachnides		0,005	4,2								
Hydres		0,005	4,2	0,007	5,9	0,01	7,1	0,02	5,6		
Arthropodes non id.											
Non identifiées		0,005	4,2			0,01	7,1	0,1	22,2		
Algues											
	Diatomées	0,64	50,0	4,02	58,8	8,37	92,9	29,97	100,0	2,47	100,0
	Desmidiées	1,35	66,7	0,35	58,8	0,29	57,1	0,92	94,4	6,84	50,0
	Ulothricidées	0,25	45,8	0,08	11,8	0,11	28,6	0,1	27,8	0,17	50,0
	Autres	0,19	20,8	0,41	17,6	0,21	28,6	0,57	77,8	0,45	50,0
Sable (cote moyenne)		0,04	4,2	0,65	47,1	0,57	50,0	1,28	72,2	1,5	50,0
Débris végétaux (cote moyenne)		0,5	41,7	0,41	41,2	0,50	42,9	1,11	72,2	0	
Nombre moyen de proies / tractus digestif		445,2		680,9		514,8		702,8		208,5	
Nombre de catégories d'organismes utilisées		33		27		30		33		17	

Tableau 1.9. Pourcentages moyens en nombre (% Nbre) et fréquences d'occurrence (% Occ) des catégories d'organismes composant le régime alimentaire automnal (mois d'octobre et novembre) des juvéniles 0+ des cinq espèces de chevalier du secteur de Saint-Marc capturés du 7 octobre au 5 novembre 1997 (n= 99). Pour chacune des espèces, on présente également les longueurs totales (LT) et les poids (moyens, minimum et maximum) des spécimens dont le tractus digestif contenait des proies. Non id : non identifiés.

Espèce	Rouge		Blanc		Jaune		Rivière		Cuivré		
Effectif	31		9		42		12		11		
LT moyenne (mm)	67,6		69,5		52,8		52,9		39,7		
LT (mm) min - max	60,0 - 77,0		60,5 - 74,0		38,0 - 63,0		48,0 - 63,0		37,5 - 42,0		
Poids moyen (g)	3,30		4,10		1,80		1,67		0,73		
Poids (g) min - max	2,19 - 4,97		3,00 - 5,10		0,58 - 3,07		1,22 - 2,80		0,59 - 0,87		
Nombre de tractus digestifs vides	5		0		0		1		0		
Catégorie d'organismes		% Nbre	% Occ	% Nbre	% Occ	% Nbre	% Occ	% Nbre	% Occ	% Nbre	% Occ
Microcrustacés											
Cladocères											
	Chydoridés	37,70	96,2	26,18	88,9	35,61	97,6	32,25	100,0	29,94	100,0
	Bosminidés	0,23	19,2	0,33	33,3	0,30	31,0	0,56	18,2	0,44	27,3
	Sididés	0,08	11,5			0,006	2,4				
	Macrothricidés					0,03	7,1	0,07	18,2		
	Non identifiés	6,31	65,4	2,13	44,4	3,79	50,0	4,19	45,5	6,02	81,8
Copépodes											
	Cyclopoïdes	3,14	65,4	8,22	77,8	8,55	85,7	1,28	45,5	0,71	45,5
	Calanoïdes					0,006	2,4				
	Harpacticoidés	3,43	30,8	14,80	88,9	10,78	83,3	15,48	63,6	7,65	63,6
	Nauplii	2,78	57,7	1,76	33,3	4,93	76,2	3,13	54,6	3,61	45,5
	Non identifiés	2,40	65,4	21,15	88,9	5,54	85,7	10,07	81,8	0,83	54,6
Ostracodes		0,79	26,9	4,60	55,6	1,12	42,9	0,63	36,4	1,15	36,4
Amphipodes		0,03	11,5								
Crustacés non id.		0,12	15,4			0,07	16,7	0,01	9,1	0,03	9,1
Larves d'insectes											
Diptères											
	Chironomides (larves)	30,44	76,9	1,91	66,7	2,18	69,0	1,74	54,6	1,20	72,7
	Chironomides (pupes)	0,05	11,5								
	Autres larves	0,04	11,5								
Trichoptères		0,02	3,8	0,05	11,1	0,05	9,5				
Coléoptères		0,73	50,0			0,08	14,3	0,02	9,1		
Plécoptères											
Ephéméroptères											
Odonates											
Collemboles											
Larves non id.		0,1	15,4	0,04	11,1	0,07	14,3				
Adultes non id.		0,008	3,8								
Vers											
Nématodes		4,43	30,8	9,25	66,7	7,02	71,4	11,31	54,6	24,67	90,9
Plathelminthes		0,01	3,8	0,03	11,1						
Annélides		0,02	3,8								
Autres proies											
Protozoaires		0,14	23,1			0,42	28,6	0,24	27,3	0,34	27,3
Bryozoaires (statoblastes)		1,03	23,1	0,04	22,2	0,43	31,0	0,12	18,2	0,20	18,2
Rotifères		0,29	34,6	0,25	11,1	0,72	47,6	0,72	36,4	0,69	36,4
Tardigrades		0,19	11,5			1,04	28,6	0,57	36,4	2,85	18,2
Hydracariens						0,04	7,1			0,05	9,1
Arachnides						0,01	2,4	0,04	9,1		
Hydres		2,11	11,5	0,05	11,1			0,03	9,1		
Arthropodes non id.						0,006	2,4				
Non identifiées		0,31	7,7	0,04	11,1	0,21	14,3	0,50	36,4	0,2	18,2
Algues											
Diatomées		0,23	38,5	5,66	33,3	7,20	45,2	4,89	36,4	5,04	54,6
Desmidiées		1,52	61,5	3,51	88,9	6,90	85,7	10,99	63,6	12,77	100,0
Ulothricidées		0,29	23,1			0,11	11,9			0,72	27,3
Autres		1,02	34,6			2,79	26,2	1,16	27,3	0,89	36,4
Sable (cote moyenne)		0,08	7,7	0,33	22,2	0,24	21,4	0,91	45,5	0,55	45,5
Débris végétaux (cote moyenne)		0,31	26,9	0,56	44,4	0,48	33,3	0,73	54,5	0,36	27,3
Nombre moyen de proies / tractus digestif		247,5		226,7		216,5		210,5		140,1	
Nombre de catégories d'organismes utilisées		31		19		29		23		21	

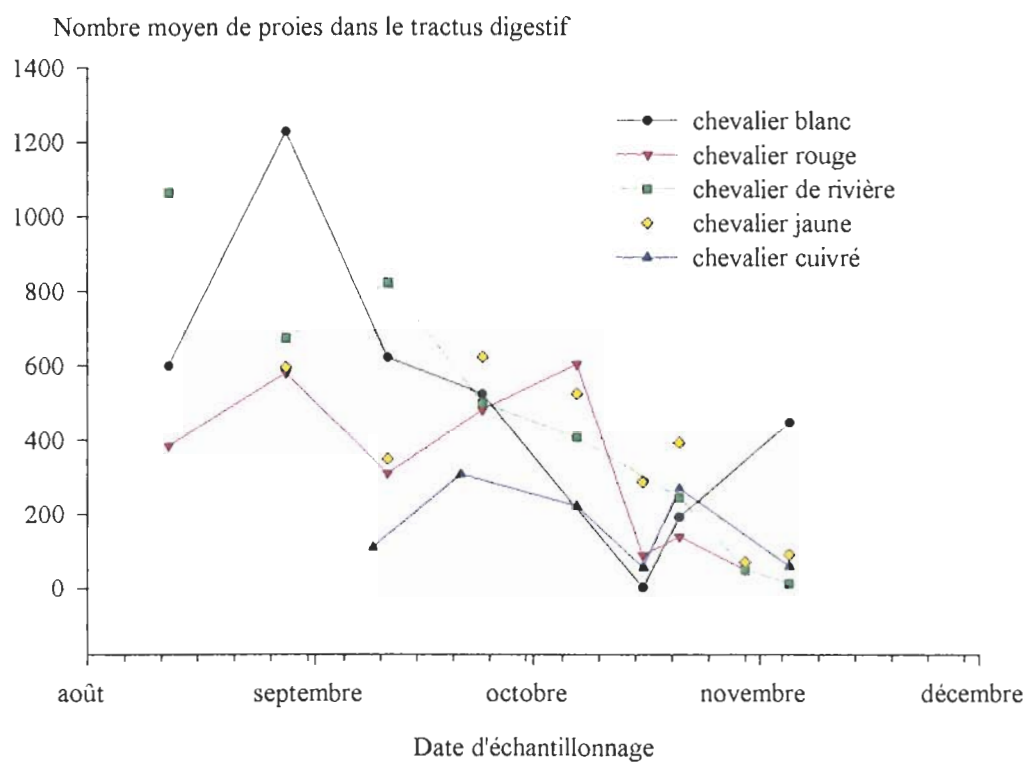


Figure 1.8. Évolution temporelle du nombre moyen de proies répertoriées dans les tractus digestifs des juvéniles 0+ des cinq espèces de chevalier capturés dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu du 12 août au 5 novembre 1997.

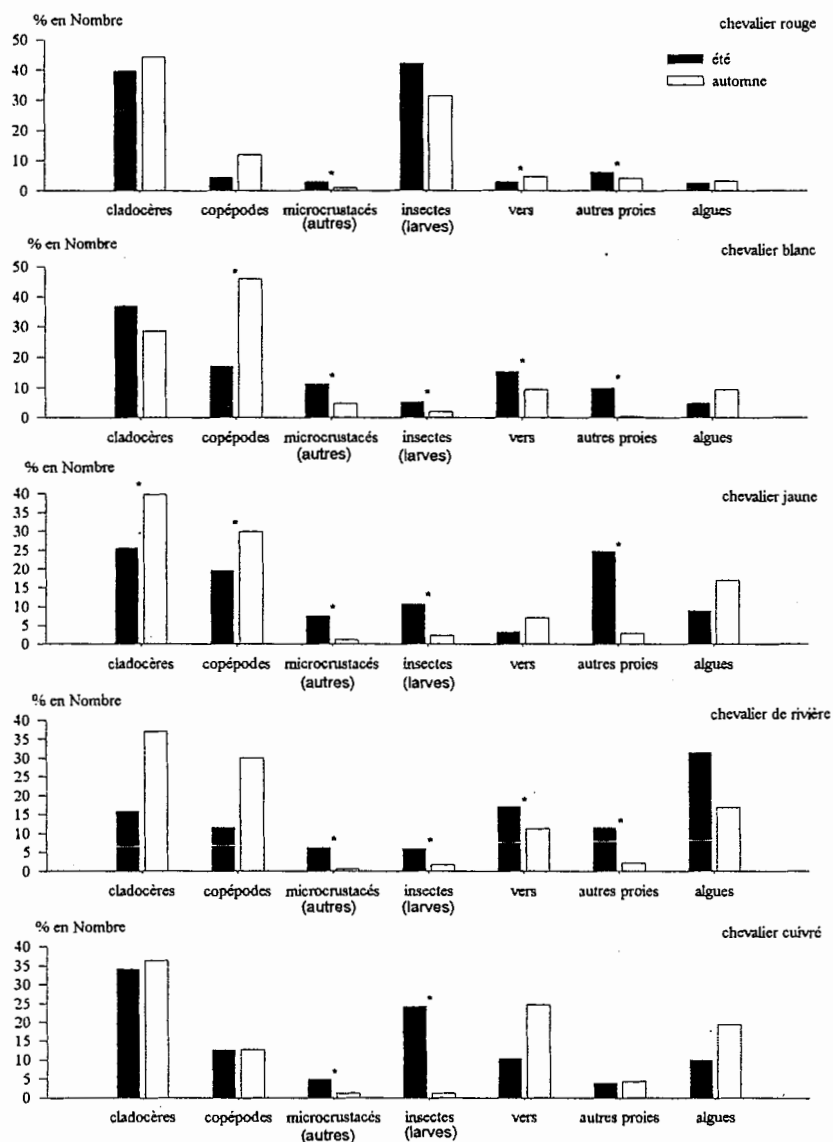


Figure 1.9. Comparaison des pourcentages moyens (% en Nombre) des sept grands groupes de proies dans le régime alimentaire de l'été (mois d'août et septembre) et de l'automne (mois d'octobre et novembre) des juvéniles 0+ de chacune des espèces de chevalier. Les astérisques indiquent les différences significatives, pour un groupe donné, entre les saisons (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$).

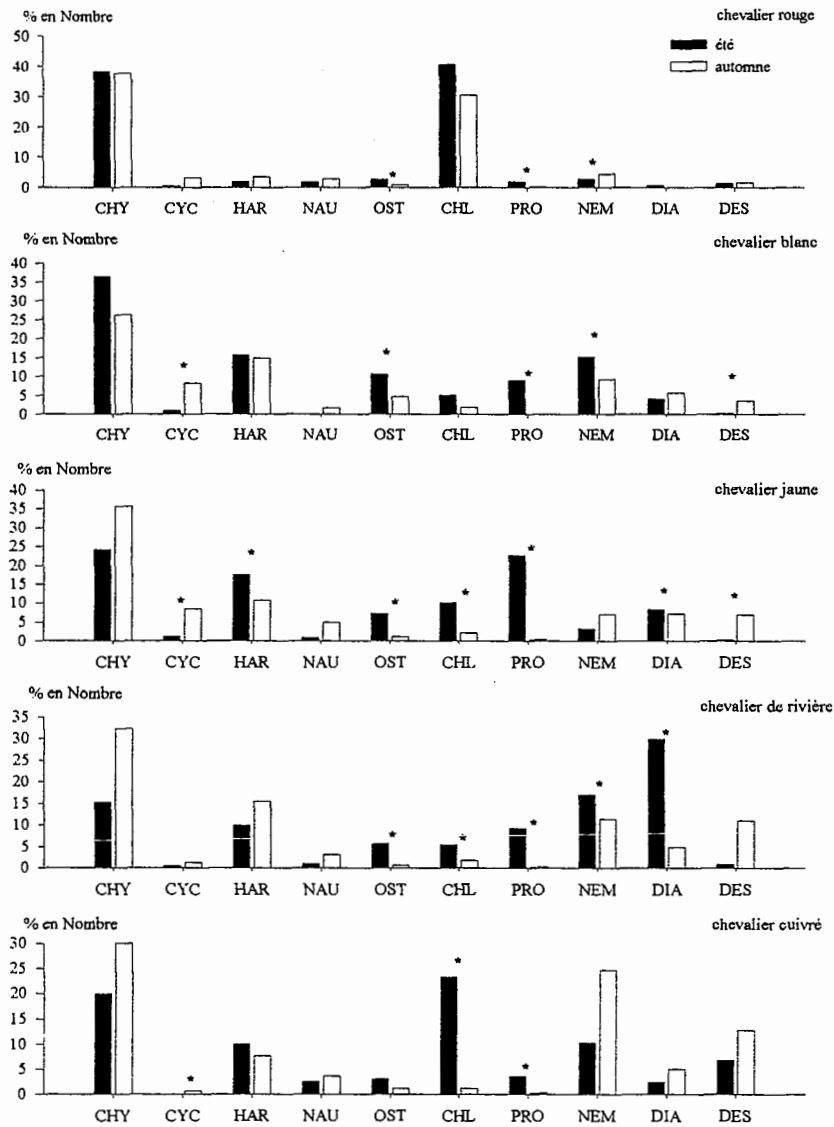


Figure 1.10. Comparaison des pourcentages moyens en nombre (% en Nombre) des principales catégories de proies dans le régime alimentaire de l'été (mois d'août et septembre) et de l'automne (mois d'octobre et novembre) des juvéniles 0+ de chacune des espèces de chevalier. Les astérisques indiquent les différences significatives pour un type de proie entre les saisons (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). CHY : chydoridés; CYC : copépodes cyclopoïdes; HAR : copépodes harpacticoïdes; NAU : nauplii de copépodes; OST : ostracodes; CHL : larves de chironomides; DIA : diatomées; DES : desmidées.

Globalement, la diversité des larves d'insectes utilisées par les chevaliers est plus faible à l'automne (Tableaux 1.8 et 1.9). Au fil de la saison on note également une baisse significative (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) au niveau de la proportion des larves d'insectes dans la diète de toutes les espèces à l'exception du chevalier rouge chez lequel elle n'est pas significative (Figure 1.9). Plus spécifiquement, on remarque une moins grande utilisation (significative pour les chevaliers jaune, de rivière et cuivré) des larves de chironomides par les jeunes chevaliers à l'automne (Figure 1.10). Dans le cas du chevalier cuivré, la baisse est draconienne passant de 23,5 % à l'été à 1,2 % en automne. Cependant, même si la consommation de larves de chironomides diminue à l'automne, les fréquences d'occurrence demeurent relativement élevées et supérieures à 50 % pour toutes les espèces (Tableaux 1.8 et 1.9). Ces baisses pourraient résulter d'une diminution au niveau de la disponibilité de la ressource.

Au cours de l'été, toutes les espèces affichaient des fréquences d'occurrence de 100 % pour les nématodes à l'exception du chevalier rouge où elle était de 70,8 %. Aux mois d'octobre et de novembre on trouve des fréquences d'occurrence plus faibles (Tableaux 1.8 et 1.9). Chez les chevaliers blanc et de rivière, des diminutions significatives (test de Tukey-Kramer, $p < 0,05$) au niveau du pourcentage en nombre des nématodes ont été relevées au cours de l'automne alors que pour les autres espèces, on note plutôt une augmentation (Figure 1.10). En été, la proportion du régime alimentaire des chevaliers blanc et de rivière constituée par les nématodes est importante et s'élève à 15,2 % pour la première espèce (3^{ième} proie en importance) et à 17,1 % pour la seconde (2^{ième} proie en importance) (Tableau 1.8). La fréquence d'occurrence des nématodes demeure très élevée à l'automne chez les chevaliers cuivrés. Chez cette espèce, nous observons une consommation nettement plus élevée de cette proie à l'automne où la proportion (% en nombre) atteint 24,7 % (2^{ième} proie en importance), comparativement à 10,3 % en été (Tableaux 1.8 et 1.9).

Des différences significatives (test de Tukey-Kramer, $p < 0,05$) entre les saisons sont apparues, pour toutes les espèces sauf le cuivré, au niveau de la catégorie « autres proies » qui regroupe les protozoaires, statoblastes de bryozoaires, rotifères, tardigrades, hydracariens, arachnides, hydres, arthropodes non identifiés et proies non identifiées. Ces dernières sont, en général, plus abondantes dans la diète à l'été qu'à l'automne (Figure 1.9). Ces différences sont principalement attribuables à la consommation des protozoaires qui chute à l'automne (différences significatives pour toutes les espèces) (Figure 1.10). Pour les chevaliers jaunes, les protozoaires constituent 22,8 % (% en nombre) de la diète aux mois d'août et septembre (2^{ième} proie en importance) mais ne comptent que pour 0,42 % en automne. De même, en automne, le régime alimentaire des chevaliers blancs ne présente pas de

protozoaires et celui des chevaliers de rivière en contient très peu soit 0,24 %. Comparativement, à l'été cette proie constituait environ 9 % de leurs diètes. On remarque également des fréquences d'occurrence moins élevées à l'automne (variant grossièrement de 23 % à 29 %) par rapport à l'été (50 % chez le chevalier rouge, mais variant de 82,4 à 100 % pour les autres espèces). À mesure que la saison avance, les statoblastes de bryozoaires sont également à la baisse (% en nombre et fréquence d'occurrence) chez toutes les espèces mais plus particulièrement chez le rouge (Tableaux 1.8 et 1.9).

Au cours de la saison, la consommation d'algues par les chevaliers rouges demeure faible; par contre elle augmente chez toutes les autres espèces à l'exception du chevalier de rivière où l'on observe une baisse de 31,6 % en été à 17 % en automne (Figure 1.9). À l'automne les desmidées sont ingérées en plus grand nombre (différence significative dans le cas des chevaliers blanc et jaune) et plus fréquemment sauf chez les chevaliers rouge et de rivière pour lesquels on décèle une diminution de la fréquence d'utilisation de cette proie. Bien que les fréquences d'occurrence des diatomées soient plus faibles à l'automne, la quantité ingérée (% en nombre) diffère entre les espèces à cette période. Les chevaliers rouge, jaune et de rivière en ingèrent moins à l'automne, alors que l'inverse est observé pour les chevaliers blanc et cuivré. Dans le cas des chevaliers de rivière, la baisse des diatomées est extrêmement importante passant de près de 30 % à l'été à 4,9 % en automne. Pour cette espèce, il semble que la baisse des diatomées se fasse au profit des desmidées qui, pour la même période varient de 0,92 % (été) à 11 % en automne (Figure 1.10, Tableaux 1.8 et 1.9).

Enfin chez les chevaliers de rivière, le sable et les débris végétaux ont été trouvés plus fréquemment et en plus grande abondance à l'été. Dans le cas du cuivré, la cote moyenne du sable est également plus élevée à l'été et des débris végétaux, non répertoriés à l'été, ont été trouvés dans leur tractus digestif à l'automne (Tableaux 1.8 et 1.9).

Même si certaines différences ont été relevées au fil de la saison au niveau du régime alimentaire des chevaliers 0+, il appert que les diètes évoluent peu au cours de la première année et que ces différences pourraient être davantage reliées aux fluctuations spatiales et temporelles des ressources alimentaires, non quantifiées dans la présente étude.

1.3.3.3 Alimentation des chevaliers 1+ et du chevalier de rivière âgé de 2 ans

En premier lieu, il convient de signaler qu'il s'agit de spécimens capturés au mois de juin. Les résultats décrivent donc l'alimentation printanière des chevaliers 1+. Ceci pourrait peut-être expliquer la diversité moins grande des régimes alimentaires (14 à 21 catégories d'organismes) de même que les nombres moyens de proies plus faibles rencontrés chez les chevaliers 1+ comparativement aux 0+ (Tableau 1.10).

Les juvéniles 1+ de toutes les espèces de chevalier, sauf le chevalier rouge, ont un régime alimentaire dominé par les cladocères, plus particulièrement de la famille des chydoridés, qui constitue la première proie en importance numérique et en fréquence d'occurrence. Des pourcentages moyens en nombre de 53,1 % (jaune), 47,6 % (cuivré), 45 % (blanc) et de 35 % (rivière) combinés à des fréquences d'occurrence de 100 % ont été enregistrés. Même si tous les chevaliers rouges ont consommé des chydoridés, ces derniers constituent 27,1 % de leur diète (2^{ième} proie en importance), leur régime étant dominé par les larves de chironomides avec 58,1 % en nombre. Ces deux dernières proies comptent, à elles deux, pour 85,2 % de la diète des chevaliers rouges; il s'agit d'une tendance similaire à celle observée chez les juvéniles 0+. Les larves de chironomides sont très fréquentes dans l'alimentation des chevaliers 1+; elles ont été répertoriées dans 90 % des tractus digestifs des chevaliers blancs et chez tous les spécimens des autres espèces. Par contre leur importance numérique est nettement inférieure par rapport à celle observée chez les chevaliers rouges. Cette proie représente respectivement la deuxième et la troisième plus utilisée par les chevaliers jaune et de rivière avec un pourcentage moyen en nombre d'environ 12 %, mais se retrouve au 4^{ième} rang chez les cuivrés (5,6 %) et au 6^{ième} rang chez les chevaliers blancs (2,7 %). Les chevaliers blanc et rouge sont les seules espèces à avoir ingéré d'autres types de larves d'insectes (coléoptères, trichoptères et autres diptères) que les larves de chironomides (Tableau 1.10).

Toutes les espèces ont consommé des copépodes; cependant, la proportion est très faible chez les chevaliers rouges avec seulement 1,6 % en nombre. Les copépodes harpacticoïdes semblent être plus utilisés que les copépodes cyclopoïdes, ces derniers ne faisant pas partie de la diète des chevaliers rouge et cuivré. Toutefois, chez le chevalier jaune, il ne semble pas y avoir d'utilisation différentielle entre ces deux types de copépodes; les deux se retrouvent dans des proportions avoisinant 5 % et des fréquences d'occurrence similaires de 80 % (cyclopoïdes) et de 90 % (harpacticoïdes).

Tableau 1.10. Pourcentages moyens en nombre (% Nbre) et fréquences d'occurrence (% Occ) des catégories d'organismes composant le régime alimentaire des juvéniles 1+ des cinq espèces de chevalier du secteur de Saint-Marc capturés les 8 et 9 juin 1998 (n= 46) et le 12 juin 1997 (n = 1 chevalier cuivré). Pour chacune des espèces, on présente également les longueurs totales (LT) et les poids (moyens, minimum et maximum) des spécimens dont le tractus digestif contenait des proies. Non id : non identifiés.

Espèce	Rouge	Blanc	Jaune	Rivière	Cuivré						
Effectif	12	11	10	11	3						
LT moyenne (mm)	77,0	73,8	57,1	57,3	45,7						
LT (mm) min - max	69,0- 82,0	71,0 - 79,0	52,5 - 65,0	48,0 - 72,0	36,0 - 53,5						
Poids moyen (g)	4,65	4,34	2,15	1,88	1,02						
Poids (g) min - max	3,18 - 5,97	3,86 - 5,27	1,69 - 3,02	1,16 - 3,45	0,57 - 1,50						
Nombre de tractus digestifs vides	0	1	0	0	0						
Catégorie d'organismes		% Nbre	% Occ	% Nbre	% Occ	% Nbre	% Occ	% Nbre	% Occ	% Nbre	% Occ
Microcrustacés											
Cladocères	Chydoridés	27,09	100,0	45,03	100,0	53,14	100,0	34,97	100,0	47,59	100,0
	Bosminidés							0,21	9,0		
	Sididés										
	Macrothricidés			1,24	80,0	3,23	80,0	1,02	45,0	0,17	33,3
	Non identifiés					0,17	10,0	0,08	18,0		
Copépodes	Cyclopoïdes			1,13	80,0	4,78	80,0	0,03	9,0		
	Calanoïdes			0,02	10,0						
	Harpacticoïdes	1,57	67,0	12,22	100,0	5,04	90,0	5,39	82,0	4,72	33,3
	Nauplii			0,02	10,0	0,06	10,0			0,17	33,3
	Non identifiés					0,26	20,0				
Ostracodes	1,38	67,0	18,56	90,0	2,91	80,0	3,64	64,0	3,23	66,7	
Amphipodes					0,05	10,0					
Crustacés non id.	0,06	8,0							1,47	33,3	
Larves d'insectes											
Diptères	Chironomides (larves)	58,14	100,0	2,70	90,0	12,27	100,0	11,96	100,0	5,60	100,0
	Chironomides (pupes)	0,13	33,0	0,05	10,0						
	Autres larves			0,12	10,0						
Trichoptères	0,02	8,0	0,02	10,0							
Coléoptères	0,10	25,0	0,37	20,0							
Plécoptères											
Ephéméroptères											
Odonates					0,11	10,0					
Collemboles											
Larves non id.											
Adultes non id.			0,05	10,0							
Vers											
Nématodes		6,59	83,0	7,27	100,0	7,32	70,0	24,06	91,0	8,32	100,0
	Plathelminthes										
	Annélides			0,08	10,0						
Autres proies											
Protozoaires	1,46	58,0	5,61	90,0	4,47	80,0	2,75	73,0	4,45	100,0	
Bryozoaires (statoblastes)	0,02	8,0					0,06	9,0	0,73	66,7	
Rotifères	0,05	8,0			0,20	20,0					
Tardigrades	0,52	33,0	1,96	70,0	1,08	70,0	1,41	55,0	2,31	33,3	
Hydracariens	0,04	17,0	1,49	20,0	1,14	60,0	0,07	9,0			
Arachnides											
Hydres											
Arthropodes non id.											
Non identifiées							0,06	18,0			
Algues											
Diatomées		2,04	75,0	1,50	70,0	1,44	70,0	7,37	82,0	2,75	100,0
	Desmidiées	0,56	58,0	0,49	20,0	2,01	50,0	2,83	64,0	3,31	66,7
	Ulothricidées	0,09	25,0	0,07	10,0	0,17	20,0	2,07	27,0		
	Autres	0,14	33,0			0,15	20,0	2,01	27,0	15,18	100,0
Sable (cote moyenne)											
	1,00	58,0	1,10	20,0	0,70	50,0	1,09	82,0	1,67	100,0	
Débris végétaux (cote moyenne)											
	0,58	50,0	0,90	70,0	1,30	90,0	1,18	82,0	2,33	100,0	
Nombre moyen de proies / tractus digestif	246,2		252,2		129,2		137,3		130,3		
Nombre de catégories d'organismes utilisées	18		21		20		18		14		

Chez les chevaliers blancs, les copépodes harpacticoïdes représentent la 3^{ième} proie en importance avec un pourcentage moyen de 12,2 % et une fréquence d'occurrence de 100 %; chez les autres espèces ils représentent 4 à 5 % du régime et se classent au 4^{ième} rang chez les chevaliers jaunes et au 5^{ième} pour les chevaliers de rivière et cuivré (Tableau 1.10).

Les ostracodes occupent une place importante (2^{ième} proie en importance) dans le régime alimentaire des chevaliers blancs avec 18,6 % en nombre et 90 % d'occurrence. Comparativement, des pourcentages inférieurs à 4 % ont été trouvés chez les autres espèces. Les nématodes sont très fréquents dans l'alimentation des chevaliers 1+ (% d'occurrence variant de 83 à 100 %). Ils arrivent au 3^{ième} rang en importance pour les chevaliers rouge, jaune et cuivré et au 4^{ième} chez les blancs avec des pourcentages en nombre variant de 6 à 8 %. Par contre, chez les chevaliers de rivière, ils constituent la 2^{ième} proie en importance avec 24,1 %. Parmi toutes les autres proies (protozoaires, statoblastes de bryozoaires, rotifères, tardigrades, hydracariens, arachnides, hydres, arthropodes non identifiés et proies non identifiées), ce sont les protozoaires qui sont ingérés en plus grand nombre et le plus fréquemment. Des quantités légèrement plus grandes de protozoaires sont ingérées par les chevaliers blanc, jaune et cuivré (4,5 à 5,6 %) alors que chez les chevaliers de rivière et rouge cette catégorie de proies contribue respectivement à 2,8 % et 1,5 % de leur diète (Tableau 1.10).

Une part importante du régime alimentaire des chevaliers de rivière et cuivré est constituée d'algues, soit respectivement 14,3 % et 21,2 %. Comparativement, des pourcentages variant de 2 % à environ 4 % ont été relevés pour les autres espèces. Les chevaliers de rivière et cuivré présentent également les fréquences d'occurrence les plus élevées pour les deux principales catégories d'algues répertoriées dans la diète des chevaliers 1+ (diatomées et desmidées). Chez les chevaliers de rivière, la proportion des diatomées (2,8 %) est inférieure à celle des desmidées (7,4 %); ces dernières constituent d'ailleurs la 4^{ième} proie en importance pour cette espèce. Des pourcentages en nombre de 2,8 % (diatomées), de 3,3 % (desmidées) de même que de 15,2 % (algues non identifiées) ont été observés chez les chevaliers cuivrés. Les autres espèces présentaient des pourcentages en nombre le plus souvent inférieurs à 2 % pour toutes les catégories d'algues. Enfin, les cotes moyennes et les fréquences d'occurrence du sable (cote moyenne de 1,67) et des débris végétaux (cote moyenne de 2,33) trouvés dans les tractus digestifs des chevaliers cuivrés sont les plus élevées. Les chevaliers jaune et de rivière présentent également des quantités non négligeables de débris végétaux avec des cotes moyennes respectives de 1,30 et 1,18 (Tableau 1.10).

Le régime alimentaire du chevalier de rivière âgé de deux ans comporte les mêmes catégories d'organismes que celles rencontrées chez les chevaliers 0+ et 1+ et est dominé, en nombre, par les trois proies suivantes : les larves de chironomides (57,1 %), les cladocères de la famille des chydoridés (26,1 %) et les diatomées (13,9 %). Les pourcentages enregistrés pour les autres proies sont tous inférieurs à 1 %. Comme pour les chevaliers de rivière 0+ et 1+, les diatomées occupent une place importante du contenu de son tractus digestif (Tableau 1.11).

1.3.3.4 Recouvrement des régimes alimentaires

Bien que les régimes alimentaires des différentes espèces de chevaliers 0+ et 1+ se distinguent au niveau des pourcentages en nombre et des fréquences d'occurrence de certaines proies, les comparaisons de leurs régimes moyens par le biais d'analyses de corrélation de Spearman révèlent un degré élevé de similitude entre eux. En effet, les corrélations de Spearman se sont toutes avérées très significatives entre les régimes alimentaires moyens de chacune des espèces chez les 0+ ($p < 0,0001$; $0,7382 \leq r_s \leq 0,9427$) de même que chez les 1+ ($p < 0,0001$; $0,5957 \leq r_s \leq 0,7903$). Des résultats similaires ont été obtenus entre les régimes alimentaires moyens des juvéniles des cinq espèces de chevalier de l'été et de l'automne, de même qu'entre le régime alimentaire moyen d'individus, d'une espèce donnée, capturés à l'été et à l'automne.

L'évaluation du recouvrement du régime alimentaire entre les espèces de chevalier par le biais de l'indice de Schoener met en évidence quelques aspects intéressants. Les juvéniles 0+ et 1+ de toutes les espèces de chevalier présentent un degré plus ou moins élevé de recouvrement au niveau de leurs régimes alimentaires (Tableau 1.12). Notons que plusieurs indices, même s'il ne sont pas considérés significatifs (i.e. supérieurs à 0,6), sont très voisins de cette valeur critique. Globalement, si on considère l'ensemble des chevaliers 0+, des indices significatifs ont été obtenus entre toutes les espèces à l'exception du chevalier rouge qui ne présente jamais de recouvrement alimentaire significatif avec les autres espèces et ce, tout au long de la saison (sauf avec le chevalier jaune, à l'automne, où l'indice est de 0,63). Le plus faible recouvrement alimentaire a été enregistré entre les chevaliers rouge et de rivière avec un indice de Schoener de 0,45 (Tableau 1.12).

Tableau 1.11. Composition du régime alimentaire (nombre et pourcentage relatif des proies) d'un chevalier de rivière âgé de deux ans capturé dans le secteur de Saint-Marc (rivière Richelieu) le 10 juin 1998. Non id : non identifiés.

		Chevalier de rivière	
Age (an)		2+	
Longueur totale (mm)		140,5	
Poids (g)		29,95	
Catégorie d'organismes		Nombre	% Nbre
Microcrustacés			
Cladocères	Chydoridés	940	26,08
	Bosminidés	5	0,14
	Sididés		
	Macrothricidés	1	0,03
Copépodes	Non identifiés	9	0,25
	Cyclopoïdes		
	Calanoïdes		
	Harpacticoides	13	0,36
	Nauplii		
Ostracodes		15	0,42
Amphipodes		1	0,03
Crustacés non id.		3	0,08
Larves d'insectes			
Diptères	Chironomides (larves)	2057	57,07
	Chironomides (pupes)	10	0,28
	Autres larves		
Trichoptères		2	0,06
Coléoptères		1	0,03
Plécoptères			
Ephéméroptères			
Odonates			
Collemboles			
Larves non id.			
Adultes non id.			
Vers	Nématodes	11	0,31
	Plathelminthes	2	0,06
	Annélides		
Autres proies			
Protozoaires		15	0,42
Bryozoaires (statoblastes)		2	0,06
Rotifères			
Tardigrades			
Hydracariens		7	0,19
Arachnides			
Hydres			
Arthropodes non id.			
Non identifiées		3	0,08
Algues	Diatomées	500	13,87
	Desmidiées		
	Ulothricidées	3	0,08
	Autres	4	0,11
Sable (cote)		2	
Débris végétaux (cote)		1	
Nombre total de proies		3604	
Nombre de catégories d'organismes utilisées		21	

Tableau 1.12. Comparaison des indices de Schoener (recouvrement alimentaire) entre les espèces pour l'ensemble des chevaliers 0+ capturés du 12 août au 5 novembre 1997 et le 21 septembre 1998 (n = 1 chevalier cuivré), pour les chevaliers 0+ de la saison estivale (mois d'août et septembre) et automnale (mois d'octobre et novembre) et pour les chevaliers 1+ capturés le 12 juin 1997 (n = 1 chevalier cuivré) et les 8 et 9 juin 1998. Les astérisques indiquent les recouvrements significatifs entre les espèces (significatif si > 0,6).

Couple d'espèces	Chevaliers 0+			Chevaliers 1+
	Total	Été	Automne	
Blanc-rivière	0,74*	0,67*	0,77*	0,61*
Blanc-cuivré	0,66*	0,56	0,60*	0,72*
Blanc-rouge	0,54	0,54	0,49	0,44
Blanc-jaune	0,80*	0,72*	0,75*	0,74*
Rivière-cuivré	0,68*	0,54	0,79*	0,69*
Rivière-rouge	0,45	0,36	0,57	0,53
Rivière-jaune	0,76*	0,62*	0,81*	0,71*
Cuivré-rouge	0,53	0,58	0,54	0,47
Cuivré-jaune	0,70*	0,56	0,72*	0,77*
Rouge-jaune	0,59	0,49	0,63	0,53

Au cours de la saison estivale, seuls les chevaliers blanc, jaune et de rivière présentent un recouvrement alimentaire significatif. Par contre à l'été, même s'ils ne sont pas significatifs, on note des indices relativement élevés entre le chevalier cuivré et les autres espèces (indice de Schoener variant de 0,54 à 0,56). Plus la saison avance, plus le recouvrement alimentaire entre les différentes espèces de chevaliers s'accroît. De façon générale, les indices de Schoener sont plus élevés et ils sont significatifs en plus grand nombre à l'automne. À cette période, le recouvrement alimentaire est significatif entre les chevaliers blanc, jaune, de rivière et cuivré à l'exception des chevaliers blanc et cuivré où l'indice de Schoener est à la limite de la valeur critique (0,60). Les mêmes tendances se dégagent au niveau du recouvrement alimentaire des chevaliers 1+. Les indices de Schoener sont tous significatifs sauf lorsque le chevalier rouge est concerné (Tableau 1.12). Ces résultats sont probablement le reflet de la consommation plus élevée des larves d'insectes (surtout des larves de chironomides) par les chevaliers rouges 0+ et 1+ comparativement aux autres espèces.

1.3.3.5 Taille des proies

La taille moyenne (longueur totale moyenne) des proies ingérées par les chevaliers 0+ et 1+ est inférieure à 1 mm. Il apparaît que certaines espèces de chevalier exercent une sélection en fonction de la taille pour quelques types de proies. Chez les chevaliers 0+, les blancs consomment des chydoridés de plus grandes tailles (longueur totale moyenne de 594 μm) alors que les plus petits sont trouvés chez les chevaliers jaune et cuivré (longueurs totales moyennes respectives de 475 et 446 μm) (test de Tukey-Kramer, $p < 0,05$) (Figure 1.11). Les plus grandes larves de chironomides ont été trouvées dans les tractus digestifs des chevaliers rouges (longueur totale moyenne calculée à partir de la dimension de la capsule céphalique de 1101 μm) et les plus petites chez les chevaliers cuivré et de rivière (longueurs totales moyennes respectives de 838 et 696 μm) (Figure 1.11). La taille maximale des larves de chironomides ingérées par les chevaliers rouges est d'environ 3 mm alors que pour toutes les autres espèces, aucune larve de chironomides de taille supérieure à 2,4 mm n'a été répertoriée. La taille moyenne des copépodes harpacticoïdes composant la diète des chevaliers cuivrés (662 μm) est nettement supérieure et s'est avérée statistiquement différente par rapport celles des copépodes harpacticoïdes consommés par toutes les autres espèces où ils mesuraient entre 516 et 538 μm (test de Tukey-Kramer, $p < 0,05$).

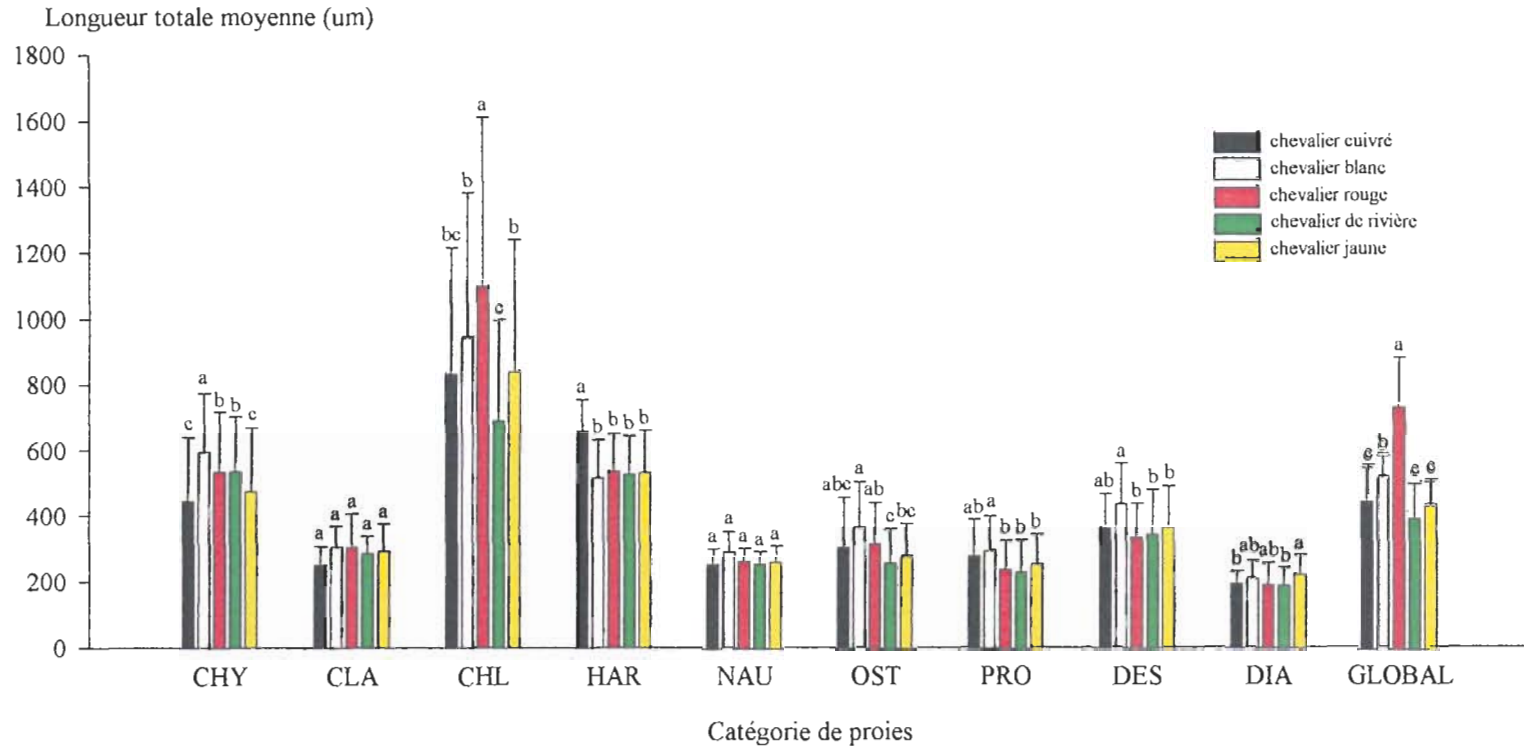


Figure 1.11. Comparaison de la taille moyenne (micromètres) de certaines catégories et de l'ensemble de ces proies (global) recensées dans les tractus digestifs des juvéniles 0+ des cinq espèces de chevalier. Pour une proie donnée, des lettres identiques indiquent que la taille moyenne ne diffère pas entre les espèces (test de Tukey-Kramer, $p > 0,05$). Pour chacune des espèces, la proportion de la diète représentée par ces proies est de : 68,9 % (cuivré), 77,4 % (blanc), 76,3 % (rivière), 79,1 % (jaune) et 86,8 % (rouge). CHY : chydoridés; CLA : cladocères non identifiés; CHL : larves de chironomides; HAR : copépodes harpacticoides; NAU : nauplii de copépodes; OST : ostracodes; PRO : protozoaires; DES : desmidiées; DIA : diatomées; GLOBAL : ensemble de ces proies. Les barres représentent les écarts types.

Pour toutes les autres proies, bien que le plus souvent leurs tailles moyennes soient plus élevées chez les chevaliers blancs, aucune différence statistique n'a été décelée entre les espèces de chevalier pour les cladocères non identifiés et les nauplii alors que quelques différences, moins évidentes que celles mentionnées précédemment, ont été trouvées au niveau des ostracodes, protozoaires, desmidées et diatomées (Figure 1.11). L'indice composite, qui reconstitue la taille moyenne des proies d'une espèce donnée à partir de plusieurs types de proies en tenant compte du nombre de proies répertoriées par spécimen, donne un portrait plus global des tendances pouvant être observées chez les chevaliers 0+ : la taille moyenne des proies est d'environ 734 μm chez le chevalier rouge, 518 μm chez le blanc, 446 μm chez le cuivré, 434 μm chez le jaune et de 395 μm chez le chevalier de rivière. Le test de Tukey-Kramer ($p < 0,05$) indique que, pour la taille moyenne des proies, les chevaliers rouges se classent en premier, suivis par les blancs puis par les trois autres espèces (Figure 1.11). L'écart plus grand entre la taille moyenne des proies (calculée à partir de l'indice composite) des chevaliers rouges par rapport aux autres espèces résulte de leur plus grande consommation de larves de chironomides qui, en général, sont de plus grande taille que les autres types de proies. L'examen de l'évolution temporelle (du 12 août au 5 novembre) de la longueur totale moyenne (calculée à partir de l'indice composite) des proies ingérées par les juvéniles 0+ révèle que la taille moyenne des proies tend à augmenter jusque vers la mi-septembre (sauf pour les cuivrés, faute d'effectif) puis se stabilise chez les chevaliers blancs et subit quelques fluctuations à la baisse et à la hausse pour les autres espèces (Figure 1.12).

Des tendances similaires ont été observées chez les chevaliers 1+. Les chevaliers blancs consomment des chydoridés et des ostracodes de plus grandes tailles (différences significatives) que les autres espèces (test de Tukey-Kramer, $p < 0,05$) (Figure 1.13). Comme chez les 0+, les chevaliers cuivrés ingèrent les copépodes harpacticoïdes les plus longs mais cette fois, leur taille moyenne ne diffère pas de ceux trouvés chez les chevaliers blancs. En ce qui concerne les larves de chironomides, les tailles moyennes de celles répertoriées chez les chevaliers rouge (969 μm), blanc (996 μm) et jaune (882 μm) sont plus élevées que celles rencontrées chez les chevaliers de rivière (797 μm) et cuivré (537 μm), mais la différence n'est pas statistiquement significative (Figure 1.13). Aucune différence statistique n'a été décelée pour les protozoaires et les desmidées alors que pour les diatomées, bien que quelques différences se soient manifestées, aucune tendance claire ne se dégage (Figure 1.13). La comparaison des tailles moyennes des proies par l'indice composite révèle que les chevaliers rouges 1+ consomment les proies de plus grande taille (longueur totale moyenne de 759 μm) (test de Tukey-Kramer, $p < 0,05$) alors que pour les autres espèces aucune différence statistique n'a été relevée, la taille moyenne de leurs proies variant de 503 μm (chez le chevalier cuivré) à 591 μm (chez le chevalier blanc) (Figure 1.13).

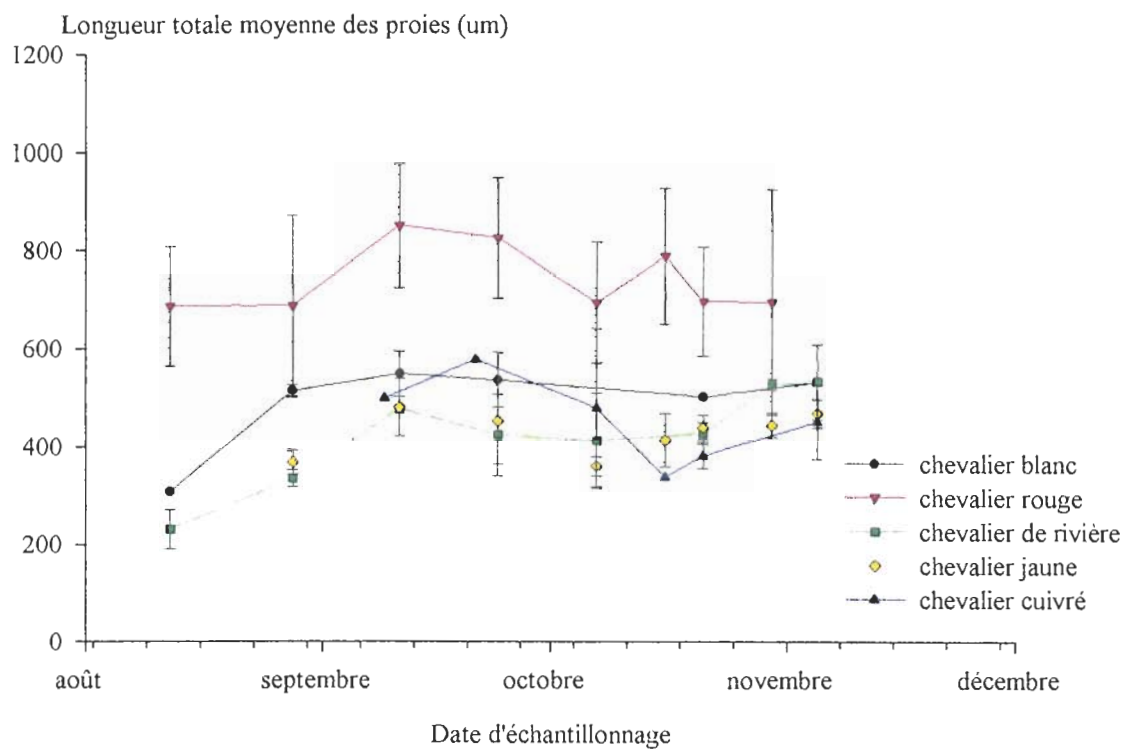


Figure 1.12. Évolution temporelle de la longueur totale moyenne des proies (calculée à partir de l'indice composite) ingérées par les juvéniles 0+ des cinq espèces de chevalier capturés dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu du 12 août au 5 novembre 1997. Les barres représentent les écarts types.

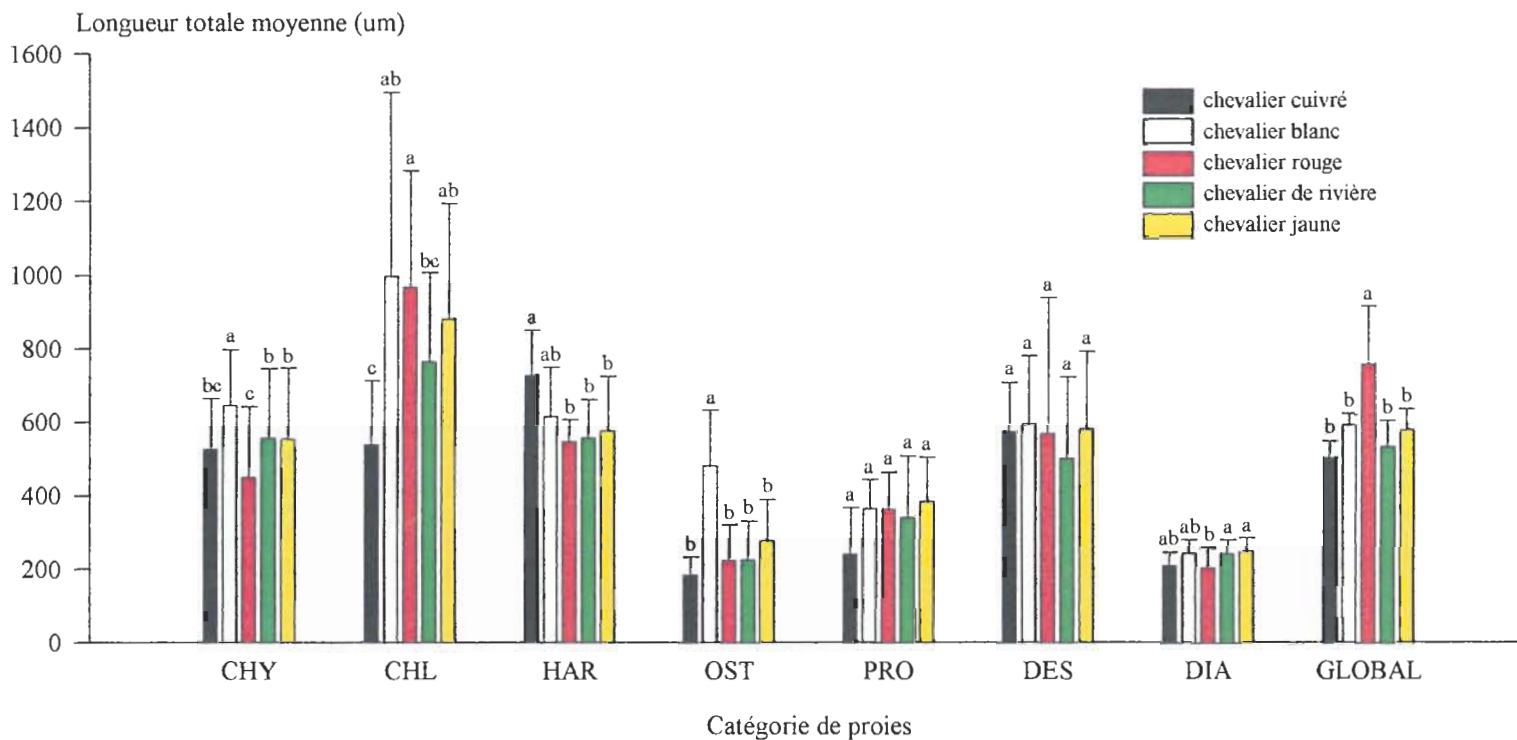


Figure 1.13. Comparaison de la taille moyenne (micromètres) de certaines catégories et de l'ensemble de ces proies (global) recensées dans les tractus digestifs des juvéniles 1+ des cinq espèces de chevalier. Pour une proie donnée, des lettres identiques indiquent que la taille moyenne ne diffère pas entre les espèces (test de Tukey-Kramer, $p > 0,05$). Pour chacune des espèces, la proportion de la diète représentée par ces proies est de : 71,7 % (cuivré), 86,1 % (blanc), 68,9 % (rivière), 81,3 % (jaune) et 92,2 % (rouge). CHY : chydoridés; CHL : larves de chironomides; HAR : copépodes harpacticoïdes; OST : ostracodes; PRO : protozoaires; DES : desmidiées, DIA : diatomées; GLOBAL : ensemble de ces proies. Les barres représentent les écarts types.

Certes ces tendances entre les espèces concernant la sélection de proies en fonction de leur taille peuvent être également reliées à la taille du prédateur et il est difficile d'isoler ces deux aspects. En effet, la taille moyenne (longueur totale) des spécimens dont le tractus digestif a été examiné varie beaucoup entre les espèces. Pour les chevaliers 0+ et 1+, trois groupes ont été mis en évidence (test de Tukey-Kramer, $p < 0,05$) suite à la comparaison de la taille moyenne des spécimens entre les espèces. Le premier est formé par les chevaliers rouge et blanc dont les tailles moyennes sont supérieures à 60 mm (0+) et à 70 mm (1+); le second comprend les chevaliers jaune et de rivière avec des tailles moyennes respectives de 53,3 mm et 49,3 mm chez les 0+ et d'environ 57 mm chez les 1+ (pour les deux espèces); le troisième correspond aux chevaliers cuivrés qui présentent des longueurs totales moyennes de 41 mm (0+) et 45,7 mm (1+) (Tableaux 1.7 et 1.10).

Quelques corrélations significatives (corrélation de Spearman, $p < 0,05$), mais faibles, ont été relevées entre la taille de certaines proies et la taille des prédateurs chez les chevaliers 0+ et 1+ et ce, globalement (toutes espèces confondues) et à l'occasion pour une espèce en particulier. Chez les chevaliers 0+, sans faire de distinction des espèces, les corrélations entre la taille des spécimens et la taille moyenne des proies se sont avérées significatives pour les chydoridés ($r_s = 0,21$ et $p = 0,0064$) et très significatives pour les ostracodes ($r_s = 0,38$ et $p < 0,0001$), les larves de chironomides (longueur totale calculée) ($r_s = 0,46$ et $p < 0,0001$) et l'ensemble des proies (calculée grâce à l'indice composite) ($r_s = 0,62$ et $p < 0,0001$). Par espèce, seules les corrélations entre la taille des chevaliers jaunes et celle des chydoridés ($r_s = 0,31$ et $p = 0,0215$), la taille des chevaliers blancs et celle des ostracodes ($r_s = 0,51$ et $p = 0,0176$), la taille des chevaliers de rivière et celle des ostracodes ($r_s = 0,61$ et $p = 0,0046$) et de l'ensemble des proies (indice composite) ($r_s = 0,66$ et $p = 0,0001$) ont été mises en évidence.

Chez les chevaliers 1+, moins de corrélations se sont avérées significatives que chez les 0+, probablement dû aux faibles effectifs. La corrélation entre la taille des spécimens 1+ et la taille moyenne des larves de chironomides (longueur totale calculée) est significative ($r_s = 0,44$ et $p = 0,0041$) alors que celle avec la taille moyenne des proies (calculée grâce à l'indice composite) est très significative ($r_s = 0,53$ et $p < 0,0001$). Par espèce, une corrélation négative a été calculée entre la taille moyenne des larves de chironomides et celle des chevaliers rouges 1+ ($r_s = -0,71$ et $p = 0,0095$).

1.4 Discussion

1.4.1 Identification des spécimens

Les critères d'identification développés dans le cadre de la présente étude permettent d'identifier plus facilement les juvéniles de chevalier par des caractéristiques morphologiques externes. Même si certains de ces critères reposent sur la pigmentation, ils se sont avérés relativement constants entre les deux cohortes de chevalier de 1997 et de 1998. Soulignons que les patrons de coloration sont plus accentués si les spécimens ont été mis à la noirceur avant et après les avoir sacrifiés. Cependant, la dissection de l'appareil pharyngien demeurera toujours un outil essentiel pour confirmer certaines identifications notamment lorsque le chevalier cuivré est en cause. Les particularités au niveau des appareils pharyngiens des juvéniles 0+ des différentes espèces de chevalier sont discutées dans le cadre du volet alimentation.

À l'été 1997, à partir du 26 août, tous les jeunes chevaliers 0+ capturés ont pu être identifiés à l'espèce. Plus tôt en saison, l'identification est possible mais beaucoup plus difficile. Seulement 42 % des spécimens capturés le 12 août ont pu être identifiés; seulement 7 % de ceux capturés le 5 août et aucun de ceux récoltés le 29 juillet n'a été identifié. Pour chacune des espèces, les plus petits spécimens identifiés mesuraient (longueur totale) : 24 mm (chevalier jaune), 32 mm (chevalier de rivière), 36 mm (chevalier cuivré), 30 mm (chevalier rouge) et 40 mm (chevalier blanc).

Ces critères d'identification ont cependant leurs limites. Les jeunes chevaliers sont d'autant plus difficiles à identifier qu'ils sont petits. Ces critères peuvent être considérés comme fiables pour des spécimens de 35 mm (longueur totale) et plus. L'identification de jeunes chevaliers de plus petite taille (< 35 mm) requiert plus d'expérience. À un certain moment, il devient difficile de compter les rangées d'écaillés autour du pédoncule caudal (squamation incomplète). En outre, les canaux supraorbitaux et la pigmentation caractéristique ne sont pas encore assez développés. À ce moment, la dissection de l'appareil pharyngien est souvent nécessaire pour confirmer l'identification ou, du moins, pour parvenir à discriminer s'il s'agit de l'une ou l'autre des espèces dont l'appareil pharyngien est pourvu de dents « molariformes » (chevalier cuivré ou de rivière). À titre d'exemple, dans le cadre de la présente étude, le plus petit spécimen identifié est un chevalier jaune de 24 mm (longueur totale). L'examen de caractères morphologiques externes avait confirmé son appartenance au sous-genre *Mégapharynx* et la dissection de son appareil pharyngien a permis de l'identifier à l'espèce mais cela a été assez difficile.

D'autres travaux sont nécessaires pour arriver à déterminer s'il est possible d'identifier les jeunes chevaliers uniquement par les caractéristiques de leur appareil pharyngien et, si tel est le cas, déterminer jusqu'à quelle taille l'identification est fiable par ce critère. La recherche de caractéristiques morphologiques externes permettant de distinguer les différentes espèces devrait toutefois être préconisée puisque la dissection et le nettoyage de l'appareil pharyngien chez les jeunes de l'année requiert une certaine dextérité. Actuellement, l'identification des très jeunes stades de chevalier repose sur la génétique (l'analyse de l'ADN mitochondrial). La méthode de Bernatchez *et al.* (1992) a déjà été utilisée pour extraire l'ADN et les enzymes de restriction Alu I et Hpa II ont été identifiées par Branchaud *et al.* (1996) comme étant adéquates pour discriminer les cinq espèces du genre *Moxostoma* du Québec.

Avec un peu plus de temps, il serait probablement possible de clarifier et de trouver d'autres critères morphologiques externes permettant de distinguer les espèces afin de pouvoir les utiliser de façon fiable pour des spécimens de 30 mm (longueur totale) et moins. L'identification des juvéniles est extrêmement importante puisqu'elle constitue la première étape de toutes les études subséquentes. Des travaux visant à générer une clé d'identification des jeunes *Moxostoma* du Québec devraient être considérés comme prioritaires.

1.4.2 Croissance des chevaliers juvéniles 0+ et 1+

Au cours de leurs première et deuxième année de vie, la taille moyenne des juvéniles des différentes espèces de chevalier reflète leur séquence temporelle de fraie dans la rivière Richelieu. En effet, les chevaliers rouge et blanc sont les premiers à frayer (vers la fin de mai) suivis par les chevaliers jaune et de rivière (vers les deuxième et troisième semaines de juin) et enfin, par le chevalier cuivré (dernière semaine de juin, pouvant se poursuivre jusqu'à la première semaine de juillet) (Boulet *et al.* 1995, La Haye *et al.* 1992, Mongeau *et al.* 1986, 1992).

De façon générale, même si les chevaliers juvéniles (0+ et 1+) rouge et blanc sont de taille comparable (pas de différence significative), la taille moyenne des chevaliers rouges tend à être légèrement supérieure à celle des chevaliers blancs (différences variant de 0,1 mm à 2,9 mm) sauf pour les spécimens 0+ récoltés en août 1997 où la taille moyenne des chevaliers blancs ($n = 51$) a été supérieure de 4,1 mm (différence significative) à celle des chevaliers rouges 0+ récoltés à la même période ($n = 386$). Le fait qu'au mois d'août, la taille moyenne des jeunes chevaliers blancs de l'année soit

supérieure à celle des chevaliers rouges pourrait résulter d'un biais inhérent à la différence au niveau des effectifs des échantillons comparés (51 chevaliers blancs versus 386 chevaliers rouges) ou refléter les différences de taille des larves de chacune de ces espèces durant les premiers stades de l'ontogénie. En effet, à l'éclosion, les larves de chevaliers rouge et blanc sont de taille comparable mais après la résorption du sac vitellin, les larves du chevalier rouge mesurent en moyenne 13,9 mm (Fuiman 1979) et celles du chevalier blanc, de 16 mm à 16,5 mm (Buynak et Mohr 1979, Fuiman 1979, Kay *et al.* 1994). Comme ces deux espèces frayent à la même période dans la rivière Richelieu et qu'à la résorption du sac vitellin les larves du chevalier blanc sont de plus grande taille que celles du chevalier rouge, la croissance des chevaliers rouges 0+ se doit d'être plus rapide que celle des chevaliers blancs afin de permettre de les rattraper et éventuellement de les surpasser. Les résultats concernant le taux de croissance journalier en longueur des juvéniles 0+ des différentes espèces permettent de confirmer cette hypothèse. Chez le chevalier rouge, le taux de croissance a été nettement plus élevé (0,34 mm / jour) que chez le chevalier blanc (0,24 mm / jour).

Dans la rivière Richelieu, il semble que la période de croissance en longueur des chevaliers 0+ et 1+ tende à se terminer au plus tard vers la fin du mois de septembre et ce même lors d'une année où l'automne a été tardif comme cela a été le cas en 1997. L'évolution des longueurs totales des chevaliers 0+ de 1997 indique qu'au cours de la période échantillonnée (5 août au 5 novembre), la majeure partie de la croissance en longueur des chevaliers s'est déroulée du mois d'août au 15 septembre pour toutes les espèces sauf pour les chevaliers rouge et blanc pour lesquels elle s'est poursuivie jusque vers la fin de septembre. Ces résultats sont comparables à ceux de Meyer (1962) obtenus pour des chevaliers rouge et blanc de même que pour le chevalier doré (*Moxostoma erythrurum*) de l'Iowa pour lesquels la majeure partie de la croissance a eu lieu de la fin de juillet au début de septembre. Bien que nous disposions d'un moins grand nombre de spécimens de chevaliers 1+ de 1997 et de 1998 et que les pêches n'aient pas été menées aussi tardivement en 1998 qu'en 1997, cette stabilisation de la croissance en longueur a également été observée dès le début d'octobre pour les chevaliers 1+ capturés en 1998. En outre, la comparaison des tailles moyennes des chevaliers 1+ récoltés du 25 mai au 12 juin 1998 révèle que la croissance en était probablement à ses débuts au cours de cette période puisque seule la taille moyenne des chevaliers rouges capturés au mois de mai différait statistiquement de celle des spécimens capturés en juin.

En moyenne, les chevaliers 1+ de la rivière Richelieu ont bénéficié, en 1998, d'une saison de croissance d'environ quatre mois. Une saison de croissance similaire (en longueur) a été observée par Verdon et

Magnin (1977) chez les plus jeunes juvéniles (moins de 2 ans) de meunier noir (*Catostomus commersoni*) d'un lac de la région des Laurentides (Québec). Ces derniers mentionnent que la croissance des plus jeunes individus s'amorce plus tôt en saison et se poursuit plus tard comparativement aux individus plus âgés. La saison de croissance des chevaliers de l'année (0+) varie selon les espèces car elle est tributaire de la date de fraie de chacune. À cet effet, le chevalier cuivré est désavantagé par rapport aux autres puisqu'il fraie plus tardivement. Ainsi, comparativement aux chevaliers rouge et blanc, la saison de croissance des chevaliers cuivrés de l'année se trouve écourtée d'environ un mois ce qui est non négligeable.

Le taux de croissance journalier en longueur et en poids des chevaliers 0+ varie selon les espèces. Ces taux sont plus élevés chez les juvéniles des premières espèces à frayer (chevaliers rouge et blanc) et sont d'autant plus faibles chez les juvéniles 0+ des différentes espèces, que ces dernières se reproduisent tardivement. Meyer (1962) a fait la même constatation en comparant la croissance en Iowa de jeunes de l'année des chevaliers rouge, blanc et doré. Il a remarqué que la croissance était plus lente chez les juvéniles 0+ de chevalier doré, la dernière espèce à frayer. L'accroissement en longueur était plus important avant la formation du premier annulus chez les chevaliers rouge et blanc comparativement au chevalier doré et il suggère que cela est attribuable à la saison plus tardive de reproduction de cette dernière espèce. Le taux de croissance en longueur des chevaliers rouges 0+ est le plus élevé de toutes les espèces et il est supérieur à celui des chevaliers blancs et ce, même si les deux espèces frayent au même moment dans la rivière Richelieu (Mongeau *et al.* 1986, 1992). En Iowa, Meyer (1962) mentionne également que la croissance est la plus rapide chez le chevalier rouge comparativement aux deux autres espèces (chevaliers blanc et doré) et ce, même si la fraie des chevaliers rouge et blanc se déroule au même moment comme c'est le cas dans la rivière Richelieu. La croissance plus rapide des chevaliers rouges 0+ pourrait s'expliquer par le fait qu'ils se distinguent nettement des autres espèces au niveau de leur consommation plus élevée de larves d'insectes. Ces points seront présentés ultérieurement lorsque nous discuterons de l'alimentation. Du côté de l'accroissement pondéral journalier des chevaliers 0+, les différences interspécifiques sont très frappantes : ceux calculés pour les chevaliers rouge et blanc sont deux fois plus élevés que celui des chevaliers de rivière et quatre fois plus élevés que celui des chevaliers jaunes. L'accroissement pondéral journalier des chevaliers rouges (38 mg / jour) ne s'est pas avéré statistiquement différent de celui des blancs (33 mg / jour) bien qu'il soit numériquement plus élevé (pentes identiques).

Aucune différence statistique au niveau des pentes et des ordonnées à l'origine n'a été mise en évidence lors de la comparaison des relations longueur-poids entre les juvéniles des différentes espèces de chevalier. Ainsi, à une taille donnée, les poids des jeunes chevaliers seraient équivalents entre les espèces. Les valeurs des pentes des relations obtenues pour chacune des espèces ne différeraient pas de trois (cette valeur « 3 » étant comprise dans l'intervalle de confiance à 95 % de chacune des pentes), ce qui suggère une croissance isométrique (c'est-à-dire que la forme du poisson ne change pas au cours de sa croissance) pour l'étendue des tailles considérées (Anderson et Gutreuter 1983).

Des différences significatives ont été relevées entre les espèces au niveau de l'indice de condition de Fulton. Chez les chevaliers 0+ de 1997, l'analyse a mis en évidence deux groupes : le premier formé par les chevaliers jaune, cuivré et blanc et le second formé par les chevaliers rouge et de rivière (test de Tukey-Kramer, $p < 0,05$). Ces résultats qui, à prime abord, semblent aller à l'encontre de ceux concernant la comparaison des relations longueur-poids, pourraient être expliqués par les différences au niveau des étendues de tailles entre les juvéniles 0+ et 1+ des différentes espèces de chevalier pour lesquels l'indice de condition de Fulton a été calculé. Les indices moyens plus élevés calculés pour les chevaliers jaune, cuivré et blanc refléteraient leur forme plus trapue comparativement aux chevaliers rouge et de rivière, plus longilignes.

La différence statistiquement significative observée entre les indices de condition de Fulton moyens obtenus pour l'ensemble des chevaliers 0+ capturés dans le secteur de Saint-Ours (1,10) comparativement à ceux capturés à la même période dans le secteur de Saint-Marc (1,08) est très faible et est difficile à interpréter biologiquement, d'autant plus que les différences ne sont pas avérées significatives lorsque nous avons comparé les indices moyens par espèce. Enfin, la comparaison des relations longueur-poids et des indices de condition de Fulton obtenus au cours de la présente étude avec certaines données de la littérature est peu pertinente car ils ont été calculés pour des juvéniles 0+ et 1+ alors que, dans la littérature, ils ont été calculés, le plus souvent, avec des individus faisant partie d'une plus grande étendue de taille (spécimens adultes et juvéniles). En outre, il est connu que le coefficient de condition de Fulton varie non seulement avec l'espèce mais également avec le sexe, l'état de la maturité sexuelle, la saison et le milieu.

Aucune donnée concernant la croissance des jeunes chevaliers de l'année (0+) de la rivière Richelieu n'est disponible à l'exception de quelques-unes concernant les chevaliers cuivrés. En outre, les seules données disponibles concernant la croissance des juvéniles âgés de un an et plus ont été obtenues par

rétrocalcul (Mongeau *et al.* 1986). La comparaison des tailles rétrocalculées à un an par Mongeau *et al.* (1986) pour les différentes espèces de chevalier avec celles des juvéniles 1+ capturés au printemps au cours de la présente étude est pertinente car ces derniers en étaient au tout début de leur saison de croissance (voir discussion plus haut). Cette comparaison révèle que les tailles calculées par Mongeau *et al.* (1986) pour les chevaliers jaune, de rivière et cuivré âgés de un an (tailles calculées respectives de 75,6 mm, 72,4 mm et de 60 mm) pourraient être surestimées. En effet, les tailles moyennes des chevaliers jaune, de rivière et cuivré 1+ capturés au printemps 1997 et 1998 étaient nettement inférieures soit respectivement de 56,8 mm, 57,1 mm et de 45,7 mm. Cependant, les tailles calculées par Mongeau *et al.* (1986) pour les chevaliers rouge (76,9 mm) et blanc (71 mm) âgés de un an, correspondent aux tailles des plus grands jeunes de l'année (0+) d'automne et aux tailles moyennes des chevaliers 1+ de ces deux espèces capturés au printemps (rouge : 74,8 mm, blanc : 73 mm). En ce qui concerne le poids moyen calculé à un an par Mongeau *et al.* (1986) pour les différentes espèces, il est de 7 g pour le rouge, 2 g pour le blanc, 17 g pour le jaune, 13 g pour le chevalier de rivière et de 2 g pour le chevalier cuivré. De ces valeurs, seule celle calculée pour le chevalier cuivré est compatible avec l'équation de la relation longueur-poids obtenue dans le cadre de la présente étude. Les valeurs calculées pour les autres espèces sont nettement surestimées. Par exemple, un chevalier de rivière et un chevalier jaune mesurant respectivement 72,4 et 75,6 mm pèseraient 3,87 et 5 g en utilisant les équations des relations longueur-poids obtenues en 1997. Ces écarts sont probablement reliés au fait que les équations des relations longueur-poids utilisées par Mongeau *et al.* (1986) ont été calculées à partir d'échantillons qui ne comprenaient pas de spécimens âgés de moins de cinq ans (à l'exception du chevalier cuivré).

La croissance des chevaliers varie selon les endroits. De façon générale, la croissance des jeunes chevaliers de la rivière Richelieu est plus lente comparativement à la plupart des populations des Etats-Unis, notamment de l'Ohio et du Wisconsin, mais les différences sont très frappantes par rapport à celles de l'Iowa, de l'Alabama et du Tennessee (Becker 1983, Hackney *et al.* 1968, Hackney *et al.* 1971, Meyer 1962, Tatum et Hackney 1970, Trautman 1981). Ces différences sont principalement attribuables au fait que plus au sud, la saison de fraie des chevaliers débute souvent plus tôt comparativement à ceux de la rivière Richelieu. Les juvéniles bénéficient donc d'une saison de croissance plus longue que ceux du Québec. Les tailles moyennes rétrocalculées à un an en Iowa pour des chevaliers rouge (115,6 mm) et blanc (109,2 mm) (Meyer 1962) sont beaucoup plus élevées que celles de spécimens du même âge capturés au printemps dans la rivière Richelieu soit 74,9 mm (rouge) et 73 mm (blanc). En Alabama, les chevaliers blancs peuvent atteindre 171 mm à un an (longueur totale

calculée) (Hackney *et al.* 1971). En Alabama et au Tennessee, les tailles calculées à un an (longueur totale) pour des chevaliers de rivière sont de 279 mm et 188 mm respectivement (Tatum et Hackney 1970) alors que dans la rivière Richelieu, la taille moyenne de ceux du même âge capturés au printemps est de 45,3 mm. Des tendances tout à fait similaires ont été mises en évidence pour les chevaliers jaunes. En août, la taille moyenne des jeunes chevaliers jaunes de l'année de la rivière Richelieu (43,1 mm, étendue : 24 mm à 52,5 mm) est légèrement plus faible que celle des individus de l'Ohio (38 à 76 mm) et du Wisconsin (37 à 50 mm) (Becker 1983, Trautman 1981).

Même si la croissance des jeunes chevaliers de la rivière Richelieu tend à être plus lente que celle de populations plus méridionales, par rapport à des individus du Wisconsin, les écarts sont généralement moins grands comparativement aux autres régions des Etats-Unis (Becker 1983). À quelques endroits au Wisconsin, leur croissance est même plus lente qu'au Québec. Par exemple, au mois de septembre les jeunes de l'année capturés dans certaines régions du Wisconsin affichaient une longueur totale moyenne de 50 mm (chevalier blanc) et de 43 à 52 mm (chevalier rouge) (Becker 1983) alors qu'au Québec, à la même période, les tailles moyennes sont plus élevées soit 60,4 mm (blanc) et de 61,8 mm (rouge). Toujours au Wisconsin, la longueur totale calculée à un et deux ans chez le chevalier de rivière est de 40 mm et de 121 mm (Becker 1983). Comparativement, au Québec, à un an les spécimens mesuraient en moyenne 57,1 mm et le chevalier de rivière 2+ capturé au printemps 1998 mesurait 140,5 mm.

La comparaison de la croissance des jeunes chevaliers de la rivière Richelieu par rapport à d'autres régions du Canada révèle que celle du chevalier rouge est nettement plus rapide au Québec qu'en Saskatchewan, certains spécimens n'atteignant que 44 mm au début de la deuxième année dans cette province (Scott et Crossman 1974). D'autre part, il semble que la croissance du chevalier de rivière soit plus lente au Québec qu'en Ontario. La longueur standard moyenne calculée à un an par McAllister *et al.* (1985) pour des spécimens en Ontario est de 60 mm alors que pour les chevaliers de rivière 1+ capturés au printemps dans la rivière Richelieu elle était de 45,3 mm. Certes la latitude influence la croissance des différentes populations de chevaliers mais il existe probablement d'autres facteurs.

Les seules données disponibles concernant la croissance des très jeunes stades du chevalier cuivré proviennent des essais de reproduction artificielle de l'espèce effectués durant les étés 1990, 1994, 1995 et 1996. En 1990, le taux de croissance des chevaliers cuivrés élevés en laboratoire a été relativement constant et leur taille moyenne (longueur totale moyenne de 79,3 mm après 295 jours) (Branchaud et Gendron 1993) était supérieure à celle des spécimens capturés en milieu naturel dans le cadre de la

présente étude soit 45,7 mm à un an (variant de 36 mm à 53,5 mm). En 1994, des chevaliers cuivrés élevés en étang et à la pisciculture de Tadoussac affichaient des longueurs totales moyennes respectives de 22,1 et 22,8 mm après environ 90 jours d'élevage, ce qui est nettement inférieur à la croissance en milieu naturel. Pour ces deux types d'élevage, Branchaud *et al.* (1995) estiment le taux d'accroissement en longueur à 0,12 mm / jour et le taux instantané d'accroissement pondéral à 3,2 % / jour. L'élevage de jeunes chevaliers cuivrés en étang à Baldwin Mills en 1995 et en 1996 a permis de produire (pour fin d'ensemencement) des fretins d'automne dont la taille moyenne était de 42 mm (Dumont *et al.* 1997, Pierre Dumont, Gouvernement du Québec, Faune et Parcs, communication personnelle) ce qui est tout à fait comparable à la taille moyenne des chevaliers cuivrés 0+ capturés en 1997 (du 9 septembre au 5 novembre) qui est de 40,4 mm. Dans l'ensemble, les données concernant la taille des juvéniles 0+ et 1+ du chevalier cuivré obtenues dans le cadre de la présente étude sont également comparables à celles résultant des échantillonnages de 1993 et de 1994 et d'autres inventaires réalisés dans la rivière Richelieu. En effet, des jeunes chevaliers cuivrés de l'année dont la taille variait de 34,3 à 57 mm ont été capturés en 1993 et en 1994. De même, deux chevaliers cuivrés âgés de un an dont les longueurs totales sont de 46,5 mm et 48 mm ont été capturés dans le Bassin de Chambly le 31 mai 1965 (Boulet *et al.* 1995, Gouvernement du Québec, Faune et Parcs, données non publiées).

La mortalité sélective hivernale selon la taille affecte plus souvent les plus petits individus d'une espèce (Sogard 1997). Une mortalité plus élevée chez les individus de plus petite taille a déjà été documentée chez plusieurs espèces dont, en autres, l'achigan à petite bouche (*Micropterus dolomieu*), la perchaude (*Perca flavescens*), le baret (*Morone americana*), la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) et *Atherina boyeri* (Henderson *et al.* 1988, Johnson et Evans 1990, 1991, Oliver *et al.* 1979, Post et Evans 1989, Smith et Griffith 1994, Sogard 1997). Au cours de l'hiver, les plus petits individus seraient plus susceptibles de souffrir de famine dû au fait que leur métabolisme est plus élevé et qu'ils ont moins de réserves énergétiques que les plus gros (Oliver *et al.* 1979, Sogard 1997). Également, d'autres facteurs tels le fait que les plus petits individus soient plus susceptibles de développer des défaillances au niveau de leur mécanismes d'osmorégulation à de faibles températures et qu'ils soient plus vulnérables à la prédation favorisent une mortalité sélective hivernale chez ces individus (Johnson et Evans 1996, Sogard 1997). La mortalité hivernale des jeunes de l'année peut également varier selon les espèces. Johnson et Evans (1991) ont mis en évidence que les différences au niveau de la mortalité hivernale des jeunes de l'année de perchaude (*Perca flavescens*) et de baret (*Morone americana*) étaient reliées à des différences au niveau de leur métabolisme et de leur comportement durant l'hiver. D'autres facteurs, tels la durée et la température moyenne de l'hiver ainsi que la disponibilité des ressources alimentaires,

affectent la survie hivernale des jeunes de l'année, les plus petits étant souvent les plus vulnérables (Hunt 1969, Johnson et Evans 1990,1991,1996, Post et Evans 1989).

Chez les chevaliers juvéniles, il appert que les différences entre les tailles moyennes des jeunes de l'année et celles des spécimens âgés de un an au printemps seraient en plus grande partie attribuables à la croissance des individus qu'à une mortalité sélective hivernale chez les individus de plus petite taille. Le fait que la mortalité sélective hivernale selon la taille n'ait pas été observée chez les chevaliers rouge, blanc et de rivière ne signifie pas nécessairement que le phénomène n'existe pas chez les jeunes chevaliers de l'année. Les faibles effectifs à partir desquels les analyses ont été effectuées pourraient en effet limiter leur puissance. Même si les résultats obtenus avec les chevaliers rouges peuvent être considérés plus fiables dû aux plus grands effectifs, leur extrapolation aux autres espèces est inappropriée. S'il survient réellement une mortalité sélective hivernale chez les plus petites classes de tailles des jeunes chevaliers de l'année, les chevaliers jaune, de rivière et cuivré pourraient être plus affectés car les plus petits individus appartiennent à ces espèces. Bien que quelques études aient démontré que chez certaines espèces, il n'existe pas de relation entre la taille de l'individu et la mortalité hivernale, aucune étude n'a encore mis en évidence que le taux de survie hivernal était plus élevé chez plus petits individus par rapport à ceux de plus grande taille (Sogard 1997). La mortalité pourrait varier selon les espèces et les données recueillies dans le cadre de cette étude sont insuffisantes pour évaluer son impact sur chacune d'elles. Certaines espèces pourraient être plus résistantes que d'autres. Par exemple, le chevalier rouge pourrait être mieux adapté pour faire face aux conditions hivernales puisque son aire de répartition est la plus étendue et répartie la plus au nord comparativement autres espèces du Canada (Scott et Crossman 1974).

En outre, la comparaison des CPUE moyennes entre les différentes espèces de jeunes chevaliers de l'année capturés à l'automne 1997 (du 7 octobre au 5 novembre) et celles de chevaliers 1+ capturés dans l'ensemble de la campagne printanière de 1998 (25 mai au 12 juin), révèle qu'elles sont plus faibles au printemps (chevaliers 1+) comparativement à l'automne (chevaliers 0+) et ce, pour toutes les espèces. Les baisses sont toutefois beaucoup plus importantes chez les chevaliers jaune et cuivré. Chez ce dernier, les CPUE moyennes passent de 0,44 (chevalier cuivré 0+ par coup de seine) à l'automne à 0,01 au printemps. Ces baisses plus marquées des CPUE moyennes pourraient résulter d'une mortalité hivernale plus élevée chez certaines espèces. Il est donc possible que certaines soient plus affectées que d'autres en ce qui a trait à une mortalité hivernale et que les individus appartenant aux espèces frayant plus tardivement (telles les chevaliers jaunes, de rivière et cuivré), qui sont également de plus petites

taillées à l'automne, soient plus vulnérables. Cargnelli et Gross (1996) et Henderson *et al.* (1988) ont d'ailleurs observé, chez le crapet arlequin (*Lepomis macrochirus*) et *Atherina boyeri*, dont la période de fraie est très longue, que le taux de survie hivernale des jeunes de l'année nés plus tôt en saison (donc également de plus grande taille) était plus élevé que celui des individus nés plus tard en saison. Ces derniers ne bénéficient pas d'une saison de croissance aussi longue que les autres et ont par conséquent moins de temps pour accumuler les réserves lipidiques nécessaires pour affronter leur premier hiver. Ces auteurs soulignent l'avantage de frayer plus tôt en saison (la taille des jeunes de l'année à l'automne étant déterminée par la durée de la période de croissance) et l'impact négatif sur le recrutement de tout facteur retardant la fraie. Thompson *et al.* (1991) en arrivent à des conclusions similaires. La mortalité hivernale des jeunes de l'année de plus petite taille de la sauvagesse du Colorado (*Ptychocheilus lucius*) est plus élevée. Cela se produit en particulier lorsque le printemps est tardif et que la fraie est retardée (Thompson *et al.* 1991).

Des observations en apnée réalisées sur la frayère à chevalier cuivré du Bassin de Chambly ont révélé que les géniteurs étaient effrayés durant leur période de reproduction par les nombreuses activités des plaisanciers au voisinage de la frayère (Gendron et Branchaud 1998). Ces auteurs mentionnent que ces activités peuvent non seulement perturber et retarder les activités de fraie du chevalier cuivré mais également les inhiber. Un retard au niveau de la fraie du chevalier cuivré pourrait entraîner une réduction de la période d'alimentation des juvéniles et les placer davantage en position d'infériorité pour affronter leur premier hiver comparativement aux autres espèces (Gendron et Branchaud 1998).

Bien que nous n'ayons pas pu démontrer l'existence d'une mortalité hivernale sélective selon la taille chez les jeunes chevaliers, le phénomène demeure plausible et mérite un examen plus approfondi puisque l'ensemencement de juvéniles de chevalier cuivré de trop petite taille pourrait s'avérer inutile. Si la vérification de cette hypothèse était mise de l'avant, il serait nécessaire de quantifier les réserves énergétiques (lipidiques) des individus à l'automne et au printemps pour vérifier s'il existe des différences interspécifiques. En outre, les échantillonnages printaniers devraient être réalisés plus tôt en saison.

1.4.3 Alimentation des chevaliers juvéniles 0+ et 1+

1.4.3.1 Caractéristiques générales de l'alimentation des chevaliers 0+ et 1+

Les chevaliers juvéniles 0+ et 1+ examinés dans le cadre de la présente étude sont en grande partie benthonophages mais la composition de leur régime alimentaire suggère qu'ils ne sont pas autant associés au substrat que le sont les adultes. Même si les cladocères constituent la plus grande proportion (en nombre) de la diète des jeunes chevaliers, la plupart de ceux qu'ils ont ingérés (familles des chydoridés, des macrothricidés et sididés) sont benthiques et vivent à la surface des sédiments, de macrophytes ou de débris végétaux et ne se déplacent que sur de courtes distances (Dodson et Frey 1991). Rappelons que les cladocères de la famille des chydoridés constituent la première proie en importance des chevaliers 0+ et des juvéniles 1+ de toutes les espèces à l'exception du chevalier rouge où elle se classe au second rang. D'autres proies également considérées comme benthiques, telles les copépodes harpacticoïdes, les larves d'insectes (principalement les larves de chironomides), les ostracodes et les nématodes (Delorme 1991, Dodson et Frey 1991, Poinar 1991, Wallace et Snell 1991, Williams et Feltmate 1992, Williamson 1991) ont été fréquemment ingérées par les jeunes chevaliers. Il importe cependant de souligner que les larves de chironomides nouvellement écloses demeurent planctoniques pendant un certain temps (Oliver 1971); aussi, comme les larves de chironomides ingérées par les jeunes chevaliers sont de très petites tailles, certaines d'entre elles peuvent être planctoniques plutôt que benthiques. Enfin, quelques proies zooplanctoniques telles les cladocères de la famille des bosminidés, les copépodes cyclopoïdes et calanoïdes, les nauplii et les rotifères (Dodson et Frey 1991, Wallace et Snell 1991, Williamson 1991) ont été trouvées dans le tractus digestif des jeunes chevaliers.

Ce comportement qui consiste à s'alimenter au niveau du substrat (« bottom feeder ») résulte, chez les Catostomidés, d'une migration de la bouche en position ventrale au stade juvénile (Macphee 1960, Stewart 1926). Ces derniers auteurs mentionnent également que ce changement de comportement survient à la suite de modifications au niveau de leur vessie natatoire et de leur intestin. Auparavant certains auteurs associaient le comportement de s'alimenter au niveau du substrat à une alimentation moins sélective (« indiscriminant feeding »), notamment chez le meunier à grandes écailles (*Catostomus macrocheilus*) et le meunier noir (*Catostomus commersoni*) (Macphee 1960, Stewart 1926). Des études plus récentes tendent de plus en plus à démontrer que plusieurs espèces de la famille des Catostomidés

seraient beaucoup plus sélectives qu'on ne le croit dans leur quête de nourriture (Ahlgren 1990b, Lalancette 1977, Scopettone *et al.* 1986).

Les microcrustacés (principalement les cladocères de la famille des chydoridés) représentent une proportion très importante du régime alimentaire des juvéniles 0+ et 1+ de chevalier de la rivière Richelieu. Toutefois, quelques différences interspécifiques ont pu être mises en évidence au niveau de leur diète. Le régime alimentaire des chevaliers rouges diffère davantage de ceux des autres espèces. En effet, les larves d'insectes (principalement de chironomides) occupent une place nettement plus importante dans leur diète et ce, particulièrement chez les juvéniles 1+. Des régimes alimentaires à prédominance de larves d'insectes (surtout de chironomides) ont déjà été observés chez des juvéniles de chevaliers rouges. Meyer (1962) mentionne que des chevaliers rouges (taille supérieure à 100 mm) de l'Iowa s'alimentent surtout de larves d'insectes dont principalement (en termes de fréquence d'occurrence) les chironomides (91 %), les éphéméroptères (62 %) et les trichoptères (18 %). Nurnberger (1930) rapporte que les larves de chironomides et les cladocères sont les première et seconde proie (importance numérique) de chevaliers rouges dont la taille varie de 90 à 125 mm.

Cette particularité au niveau de la diète des juvéniles de chevalier rouge pourrait expliquer en partie leur taux de croissance en longueur et en poids plus élevé comparativement aux autres espèces. L'analyse de nos résultats par les méthodes gravimétrique ou volumétrique aurait probablement permis de mettre en évidence plus clairement cette observation en permettant la comparaison de la valeur énergétique de chacun des types de proies (Wallace 1981). En effet, la biomasse moyenne d'une larve de chironomide est, en général, beaucoup plus élevée que celle de la plupart des autres proies (Saint-Jacques 1996, Strayer 1994). D'autre part, la croissance plus rapide des chevaliers rouges 0+ pourrait également être expliquée par le fait que la proportion d'algues dans leur diète est beaucoup plus faible comparativement aux autres espèces. Chez les poissons, les proies d'origine animale sont digérées et assimilées plus facilement que celles d'origine végétale et ce, particulièrement chez ceux appartenant à la famille des Catostomidés (Ahlgren 1990a, Vaughan 1978).

Le régime alimentaire des juvéniles 0+ et 1+ de chevalier blanc diffère quelque peu de celui des chevaliers rouges du même âge. Comparativement à toutes les autres espèces, les juvéniles de chevalier blanc 0+ et 1+ de la rivière Richelieu consomment plus de microcrustacés dont principalement de chydoridés et de copépodes harpacticoïdes. Ces résultats diffèrent de ceux de Meyer (1962) qui n'avait pas relevé de différence entre les régimes alimentaires des chevaliers rouge et blanc (taille supérieure à

100 mm) qui utilisaient principalement les larves d'insectes surtout de chironomides. Il convient toutefois de souligner que même si, en nombre, les larves de chironomides n'occupent pas une place importante dans le régime alimentaire des chevaliers blancs 0+ et 1+ de la rivière Richelieu, leur fréquence d'occurrence a été très élevée soit de 88,5 % et 90 % respectivement pour ces deux groupes d'âges. De même, Brown (1984) a trouvé qu'en Indiana, l'alimentation de juvéniles 0+, 1+ et 2+ de chevalier blanc est dominée (en termes de fréquences d'occurrence et de % en volume) par les larves d'insectes (principalement de chironomides) et les copépodes (surtout les cyclopoïdes). En outre, contrairement à ce que nous avons observé dans la rivière Richelieu, les cladocères ont été ingérés beaucoup moins fréquemment et ne représentent qu'une fraction minime des proies, soit 2,4 % (% en volume) et moins, selon l'âge. Cependant, la tendance à l'effet que les chevaliers blancs 1+ de la rivière Richelieu consomment davantage d'ostracodes comparativement aux jeunes de l'année a également été observée par Brown (1984). Les différences entre la composition du régime alimentaire des juvéniles de chevaliers blancs de l'Indiana et ceux de la rivière Richelieu pourraient être attribuables à des variations géographiques et environnementales qui entraînent des différences au niveau de la composition et de l'abondance des ressources alimentaires. Macphee (1960) a déjà émis cette hypothèse après avoir constaté des différences entre les régimes alimentaires de juvéniles de meunier à grandes écailles (*Catostomus macrocheilus*) de l'Idaho et d'autres capturés en Colombie Britannique. Plusieurs auteurs ont également mis en évidence des différences intraspécifiques au niveau des diètes de juvéniles et d'adultes d'autres espèces de Catostomidés en provenance de plusieurs endroits (Bowman 1970, Brown 1984, Lalancette 1977). Ces observations laissent sous-entendre que les jeunes chevaliers blancs et possiblement les autres espèces également, pourraient faire preuve d'opportunisme lorsqu'ils sont en quête de nourriture.

En ce qui concerne les chevaliers cuivrés 0+ et 1+, au moins la moitié de leur régime alimentaire est composée de microcrustacés (surtout de chydoridés et de copépodes harpacticoïdes) mais les nématodes et les algues (desmidées) occupent une place très importante. Ces données doivent cependant être abordées avec prudence étant donné les faibles effectifs. De même, la comparaison du régime alimentaire des juvéniles 0+ et 1+ des chevaliers cuivrés du milieu naturel avec celui des individus élevés en étang (seules données disponibles) est peu pertinente puisqu'ils ne sont pas de même taille. En étang, les larves et les juvéniles de chevalier cuivré de 13 à 22,1 mm (n = 54) ont consommé principalement des larves de chironomides et secondairement, des copépodes cyclopoïdes, de très jeunes stades de larves d'éphéméroptères et des pupes de chironomides. Leur diète a été beaucoup moins diversifiée qu'en milieu naturel (Branchaud *et al.* 1995). L'examen des échantillons de plancton

et de benthos de l'étang a d'ailleurs révélé que la diversité était très faible (Branchaud *et al.* 1995). La faible diversité et possiblement la faible densité de même que l'absence vraisemblablement des proies les plus utilisées par les chevaliers cuivrés en milieu naturel (par exemple les cladocères, nématodes), pourraient expliquer, du moins en partie, la faible croissance des larves en étang. Leurs taille et poids moyens n'étaient que de 22,1 mm et de 119 mg le 5 octobre après 100 jours de croissance (Branchaud *et al.* 1995) alors que ceux capturés à l'automne 1997 (n = 12) mesuraient en moyenne 40,4 mm et pesaient 0,76 g. A cet effet, Papoulias et Minckley (1992) ont constaté que la survie et la croissance des larves de meunier du Colorado (*Xyrauchen texanus*) élevées en étang étaient statistiquement plus élevées dans les étangs ayant été moyennement et hautement fertilisés comparativement aux étangs n'ayant pas bénéficié d'un tel traitement.

Pratiquement aucune information n'est disponible concernant l'alimentation des juvéniles de chevalier jaune. La seule mention est celle de Rimsky-Korsakoff (1930) in Becker (1983) qui a trouvé des larves de chironomides, de petits crustacés, des mollusques et des débris végétaux chez un juvénile de chevalier jaune dont la taille est de 240 mm. Il en est de même pour les données concernant l'alimentation des juvéniles de chevaliers de rivière; tout ce qui est connu est que des spécimens de l'Ontario dont la taille variait de 100 à 150 mm se sont alimenté principalement de larves et de pupes de chironomides et ajoutent à leur diète des crustacés de même que des larves de trichoptères et de coléoptères lorsqu'ils atteignent 200 à 250 mm (Parker 1988). Ces résultats sont semblables à ce qui a été observé dans le tractus digestif du chevalier de rivière âgé de deux ans (longueur totale de 140,5 mm) qui a consommé principalement des larves de chironomides.

Comparativement aux autres espèces, les juvéniles 0+ de chevaliers jaune, de rivière et cuivré ont consommé des quantités beaucoup plus importantes d'algues. Au printemps, la proportion des algues dans la diète des chevaliers jaunes 1+ a cependant diminué alors que chez les chevaliers cuivré et de rivière, les proportions sont demeurées encore très élevées. Il est possible que, par exemple, la contribution des diatomées dans les diètes des jeunes chevaliers ait été surestimée par rapport aux autres proies et ce, pour deux raisons : d'une part, il est connu que la méthode des pourcentages en nombre a tendance à accorder plus d'importance aux proies de petites tailles (Hyslop 1980, Wallace 1981) et, d'autre part, dû au fait que l'assimilation des diatomées est faible chez les Catostomidés (Ahlgren 1990a). La présence d'algues a déjà été observée en quantité importante dans les tractus digestifs de juvéniles d'autres espèces de Catostomidés telles le chevalier noir (*Moxostoma duquesnei*), le meunier rouge (*Catostomus catostomus*), le meunier noir (*Catostomus commersoni*) et le meunier des

montagnes (*Catostomus platyrhynchus*) (Brown et Graham 1954, Bowman 1970, Hauser 1969, Stewart 1926).

Eder et Carlson (1977) ont relié l'ingestion de plus grande quantités d'algues, de sable et de détritiques par les carpes (*Cyprinus carpio*) et les meuniers noirs (*Catostomus commersoni*) de deux rivières du Colorado au fait que les densités d'invertébrés benthiques étaient faibles dans ces milieux. Ahlgren (1990b) a démontré (en laboratoire et avec des données de terrain) que lorsque les proies invertébrées préférées sont rares, les juvéniles de meuniers noirs ingèrent intentionnellement des détritiques et que ces derniers fournissent une certaine quantité d'énergie qui complète l'apport limité en protéines lorsque les invertébrés se font rares (Ahlgren 1990a). Chez les juvéniles de chevalier 0+ et 1+ ces différences interspécifiques au niveau de la consommation d'algues (particulièrement de diatomées et de desmidées) sont difficiles à interpréter.

Enfin, les régimes alimentaires des chevaliers juvéniles 0+ et 1+ de la rivière Richelieu sont relativement similaires à ceux de juvéniles d'autres espèces de la même famille (Catostomidés) en milieu naturel telles le chevalier noir (*Moxostoma duquesnei*), le chevalier doré (*Moxostoma erythrurum*), le meunier noir (*Catostomus commersoni*), le meunier rouge (*Catostomus catostomus*), le meunier à grandes écailles (*Catostomus macrocheilus*), le meunier des montagnes (*Catostomus platyrhynchus*) et le Cui-oui (*Chasmistes cujus*) (Ahlgren 1990b, Bowman 1970, Brown et Graham 1954, Brown 1984, Eder et Carlson 1977, Hauser 1969, Lalancette 1977, Macphee 1960, Meyer 1962, Scoppettone *et al.* 1986, Siefert 1972, Stewart 1926). Certes les comparaisons interspécifiques des régimes alimentaires des juvéniles 0+ et 1+ de chevalier de la rivière Richelieu de même que celles faites avec des juvéniles de ces mêmes espèces provenant d'autres régions auraient été beaucoup plus pertinentes si nous avions disposé des données concernant la disponibilité des ressources alimentaires. Ces comparaisons permettent néanmoins de mettre en évidence l'éventail des différents types de proies utilisées par les jeunes chevaliers.

1.4.3.2 Évolution temporelle des régimes alimentaires

Globalement, les régimes alimentaires des chevaliers 0+ évoluent peu au cours de la première saison et les variations pourraient être davantage reliées aux fluctuations spatiales et temporelles des ressources alimentaires. Quelques différences ont cependant été perçues au niveau des régimes alimentaires des chevaliers 0+ entre les saisons estivale et automnale. En été, leur régime est beaucoup plus diversifié et

ils ingèrent un plus grand nombre de proies. Chez la plupart des juvéniles 0+ des différentes espèces de chevalier, les larves d'insectes, les protozoaires et les ostracodes sont moins consommés à l'automne, et ce, au profit des cladocères et des copépodes. La plus faible diversité des larves d'insectes de même que les baisses des pourcentages en nombre et des fréquences d'occurrence des larves de chironomides, des ostracodes et des protozoaires enregistrées dans la diète de la plupart des espèces à l'automne, suggèrent une baisse au niveau de la disponibilité de certaines proies à cette période. En outre, le fait que la taille moyenne des proies ingérées par les jeunes chevaliers à l'automne tende plutôt vers une stabilisation suggère que le moins grand nombre de proies répertoriées dans leur tractus digestif à cette période serait davantage attribuable à une baisse au niveau de la disponibilité des ressources alimentaires plutôt qu'à l'ingestion de proies de plus grande taille. Chez de jeunes chevaliers noirs, des variations saisonnières similaires ont été observées dans la diète de spécimens capturés aux mois d'août à novembre. À l'automne, leur diète était beaucoup moins diversifiée. Les fréquences d'occurrence des cladocères et des copépodes étaient généralement en hausse, celle des ostracodes à la baisse et celle des larves de diptères, relativement stable (Bowman 1970). Pour la même période, Lalancette (1977) a enregistré une augmentation du pourcentage en nombre des crustacés et une diminution des insectes dans la diète de meuniers noirs adultes de même qu'une proportion plus élevée de tractus digestifs vides à l'automne et à l'hiver. Enfin, il est possible que les jeunes chevaliers diminuent leur taux d'alimentation en automne puis se déplacent vers des régions plus profondes. Le 30 octobre 1997, cinq des 12 chevaliers rouges examinés avaient le tractus digestif vide (sur un total de 14 captures). Par la suite, soit les 5 et 21 novembre, aucun chevalier rouge n'a été capturé. Bowman (1970) évoque également la possibilité que les chevaliers noirs (adultes) se déplaceraient vers des secteurs plus profonds en octobre et novembre à mesure que la température de l'eau diminue.

En ce qui concerne le régime alimentaire des jeunes chevaliers 1+ capturés en juin, celui-ci s'est également avéré moins diversifié et un moins grand nombre de proies ont été répertoriées dans leur tractus digestif. Les principales proies consommées à cette période de l'année par les juvéniles 1+ sont les cladocères (chydoridés) et les larves de chironomides. Les autres, dont l'importance est non négligeable sont les nématodes, les copépodes harpacticoïdes et les ostracodes. Comparativement aux jeunes chevaliers de l'année de l'été et de l'automne, la consommation des chydoridés et des larves de chironomides est généralement beaucoup plus élevée chez la plupart des juvéniles 1+ des différentes espèces de chevalier capturés au printemps. Ces différences pourraient résulter de variations saisonnières au niveau de la composition des ressources alimentaires. Bowman (1970) a également mis en évidence que la diète des chevaliers noirs était moins diversifiée en juin par rapport à d'autres

périodes de l'année. Hauser (1969), mentionne que les meuniers des montagnes ingèrent moins de proies tôt au printemps comparativement à plus tard en saison. Ces observations mettent en évidence l'influence des variations saisonnières de la ressource alimentaire au niveau de leur diète.

1.4.3.3 Recouvrement des régimes alimentaires

Chez les chevaliers juvéniles 0+ et 1+ de la rivière Richelieu, le recouvrement alimentaire est généralement élevé entre les espèces (variant entre 0,36 et 0,81) et il a été significatif dans tous les cas sauf lorsque le chevalier rouge est impliqué. En comparaison, il est beaucoup plus faible chez les chevaliers adultes du système Saint-Laurent, les valeurs étant inférieures à 0,31, sauf entre les chevaliers rouge et de rivière où il est de 0,71 (Mongeau *et al.* 1986, 1992). L'absence de recouvrement entre les régimes alimentaires des juvéniles 0+ et 1+ de chevaliers rouges et ceux des autres espèces met en évidence leur plus grande consommation de larves d'insectes, principalement les larves de chironomides qui représentent entre 35,3 % et 58,1 % de leur diète comparativement à moins de 12 % pour les autres espèces. La prédominance d'insectes a également été mise en évidence dans la diète des chevaliers rouges adultes par Mongeau *et al.* (1986, 1992); 91,4 % de leur régime était constitué d'insectes.

Chez les juvéniles, le recouvrement alimentaire a été le plus élevé entre les chevaliers blanc et jaune soit de 0,80 (chez les 0+) et le deuxième plus élevé chez ceux âgés de un an avec 0,74. Ces résultats reflètent en fait leur plus grande consommation de microcrustacés comparativement aux juvéniles des autres espèces. Chez les adultes de ces deux mêmes espèces, les régimes alimentaires diffèrent davantage et le recouvrement est faible soit de 0,14. Les chevaliers blancs adultes consomment principalement les larves de chironomides (78 %) et les pélicypodes sphaeriidés (11 %) alors que les proies les plus utilisées par les chevaliers jaunes adultes sont les crustacés amphipodes (60 %), les larves d'éphéméroptères (22 %), de trichoptères (15 %) et de diptères (7 %) (Mongeau *et al.* 1986, 1992).

1.4.3.4 Quelques mots sur la compétition interspécifique chez les juvéniles de chevalier de la rivière Richelieu

Les taux de croissance plus élevés observés chez les juvéniles 0+ des premières espèces à frayer (chevaliers rouge et blanc) pourraient résulter de l'avantage dont ils bénéficient d'arriver plus tôt sur les sites d'alevinage, leur permettant ainsi d'exploiter certaines ressources alimentaires avant les autres espèces. D'ailleurs, en été, les indices de Schoener calculés pour les jeunes chevaliers de l'année sont

généralement plus faibles qu'à l'automne et moins d'espèces présentent un recouvrement au niveau de leur régimes alimentaires. Les jeunes meuniers noirs et chevaliers noirs de l'année ont tendance à se regrouper en banc lorsqu'ils s'alimentent (Ahlgren 1990a, Bowman 1970 et Stewart 1926). Il est donc plausible de penser que les jeunes chevaliers de la rivière Richelieu aient le même comportement. Par conséquent, les juvéniles des espèces frayant plus tardivement telles les chevaliers de rivière, jaune et cuivré, pourraient être désavantagés par rapport aux autres en ce qui concerne la compétition pour les ressources alimentaires. La comparaison des types et de la taille des proies consommées par les jeunes chevaliers avec la composition, la densité et la taille des organismes planctoniques et benthiques à différents sites et dates d'échantillonnage aurait peut-être permis d'apporter quelques précisions sur l'utilisation des ressources alimentaires par les juvéniles des différentes espèces de chevalier et possiblement de mieux comprendre les interactions entre elles.

1.4.3.5 Ségrégation spatiale chez les chevaliers juvéniles 0+ et 1+ en période d'alimentation

Suite à la comparaison du matériel autre qu'animal dans les tractus digestifs des chevaliers adultes, Mongeau *et al.* (1986,1992) suggèrent qu'il existerait une ségrégation spatiale entre les espèces lorsqu'elles s'alimentent. Les chevaliers cuivré et jaune s'alimenteraient sur des fonds durs, les chevaliers de rivière sur des fonds graveleux et les chevaliers rouge et blanc s'alimenteraient à l'intérieur ou à proximité des herbiers. Chez les chevaliers juvéniles 0+ et 1+, la présence de sable et de débris végétaux dans leur tractus digestif est vraisemblablement reliée aux types de proies qu'ils consomment. Par exemple, les chydoridés sont souvent plus associés aux macrophytes, les ostracodes aux débris organiques et aux macrophytes alors que certains copépodes harpacticoïdes et larves de chironomides peuvent être également associés aux substrats sablonneux et aux macrophytes (Delorme 1991, Dodson et Frey 1991, Edmondson 1959, Pinder 1986, Williams et Feltmate 1992). Certes, les juvéniles de chevalier doivent être associés aux végétaux lorsqu'ils s'alimentent si l'on considère les types de proies ingérées et la présence de débris végétaux dans leur tractus digestifs et ce, plus particulièrement chez les chevaliers blanc et de rivière 0+ pour lesquels les cotes moyennes et les fréquences d'occurrence des débris végétaux sont souvent les plus élevées. Chez les chevaliers 1+ du printemps, les débris végétaux ont été répertoriés en plus grande quantité. Lalancette (1977) a également observé des quantités plus importantes de débris organiques dans la diète de meuniers noirs durant l'hiver et au début du printemps. Parmi toutes les espèces, les chevaliers rouges seraient les moins associés à la végétation si l'on en juge par leur plus faible consommation de copépodes harpacticoïdes et d'ostracodes de même que par les cotes moyennes et les fréquences d'occurrence plus faibles de débris végétaux dans leur

diète. En outre, ces tendances se manifestent à la fois chez les jeunes chevaliers rouges de l'année de même que chez ceux âgés de un an. En ce qui concerne les chevaliers cuivrés, il est difficile de dégager des tendances étant donné les faibles effectifs. S'il existe une certaine ségrégation spatiale entre les juvéniles 0+ et 1+ des différentes espèces de chevalier en période d'alimentation, cette dernière est beaucoup plus subtile et pourrait s'installer un peu plus tard au cours des premières années de vie. L'identification des proies des jeunes chevaliers à des niveaux taxinomiques plus précis aurait peut-être permis d'explorer plus en détail cette possibilité.

1.4.3.6 Taille des proies

Taille des proies versus taille des jeunes chevaliers

Chez les larves et les juvéniles, la taille des proies est souvent plus étroitement reliée à la taille des prédateurs que chez les adultes. Papoulias et Minckley (1992) mentionnent qu'à mesure que les larves du meunier du Colorado (*Xyrauchen texanus*) croissent, ces dernières ont tendance à ingérer des proies de plus grande taille plutôt que de continuer à consommer de petites proies en plus grand nombre. De même, Keast (1980) souligne que les larves et les juvéniles de plusieurs espèces de poissons changent rapidement leur diète au fur et à mesure de leur croissance en la diversifiant et en consommant des proies de plus grande taille ce qui atténuerait la compétition pour les ressources alimentaires. Cette sélection de proies de plus grande taille implique souvent, pour les larves et les plus petits juvéniles, des coûts énergétiques plus élevés reliés à l'augmentation du temps alloué à la recherche et à la manipulation de telles proies car la taille de leur bouche limite la préhension de certaines proies. La sélectivité des proies en fonction de leur taille est donc un compromis et, à cet effet, les juvéniles de plus grande taille sont avantagés par rapport aux autres puisqu'ils peuvent utiliser et manipuler à moindre coûts (énergétiques) une plus grande gamme de tailles de proies (Werner 1974).

La taille des chevaliers influence probablement leur sélection de certaines proies (en fonction de la taille) puisque plusieurs corrélations significatives et positives ont été mises en évidence entre la taille des chevaliers et celle de quelques proies et ce, à la fois chez les juvéniles 0+ et 1+. Au début de la phase juvénile, il est possible que cette influence soit plus marquée, la taille de leur bouche pouvant être un facteur limitant. D'ailleurs, chez les chevaliers 1+ les différences entre les tailles moyennes des proies ingérées par les différentes espèces semblent s'atténuer. La seule corrélation négative trouvée (celle reliant la taille des larves de chironomides à celle des chevaliers rouges âgés de un an) est difficile à

expliquer; il est possible qu'elle résulte d'un artefact. En effet, pour les chevaliers 1+, le nombre de spécimens ayant fait l'objet de l'étude de l'alimentation est beaucoup plus faible, seulement 12 chevaliers rouges ont été examinés. Par ailleurs, pour certains types de proies (larves de chironomides, chydoridés, ostracodes et copépodes harpacticoïdes), la possibilité d'une sélectivité différentielle en fonction de leur taille entre les espèces de chevalier peut difficilement être exclue. Des différences interspécifiques significatives ont été mises en évidence au niveau de la taille moyenne des proies consommées par les jeunes chevaliers. Par exemple, les chevaliers cuivrés 0+ et 1+ ont consommé les plus grands copépodes harpacticoïdes, les chevaliers blancs ont tendance à consommer les chydoridés et les ostracodes de plus grande taille alors que les plus longues larves de chironomides ont été ingérées par les chevaliers rouges. Cette « sélectivité différentielle » est toutefois difficile à interpréter puisque les comparaisons n'ont pas été faites avec la ressource alimentaire. Il est possible que les chevaliers blancs préfèrent certains genres de chydoridés qui sont de plus grande taille ou que ces différences résultent d'autres facteurs qui n'ont pu être mis en évidence dans le cadre de cette étude. D'autres travaux sont nécessaires pour approfondir cette question. À notre connaissance, aucune étude ne fait mention de la taille des proies consommées par les jeunes chevaliers en milieu naturel.

Taille des proies versus les branchicténies

Le nombre, la forme et l'espacement des branchicténies sont d'autres facteurs qui influencent la sélectivité des proies en fonction de leur taille en modulant leur rétention et leur ingestion. Chez les poissons piscivores, les branchicténies sont plus fermes, courtes et espacées alors que chez les poissons planctonophages, on observe le contraire (Drenner *et al.* 1978, Dunham *et al.* 1979, Moyle et Cech 1996, O'Brien 1979, Wankowski 1979). Le nombre de branchicténies de spécimens d'une même espèce peut varier d'un endroit à l'autre et peut même être influencé par une sélection résultant de la compétition interspécifique pour les ressources alimentaires. Un tel phénomène a été mis en évidence chez certaines espèces de la famille des Catostomidés vivant en sympatrie (Dunham *et al.* 1979).

Chez les juvéniles 0+ de chevalier, l'écart moyen entre les quatre premières branchicténies varie légèrement selon les espèces. Il est de 32 μm chez les chevaliers blancs, 34 μm pour les chevaliers rouge et de rivière et de 60 μm chez les chevaliers cuivré et jaune (les deux dernières valeurs se sont avérées statistiquement différentes des précédentes) (Beauchard 1998). Ces résultats expliquent pourquoi des proies aussi petites que des diatomées, des protozoaires, des rotifères et certains très petits ostracodes ont pu être ingérées par les jeunes chevaliers puisque les tailles minimales enregistrées

pour ces types de proies sont supérieures à l'écart moyen entre leurs branchicténies soit de 90 μm (diatomées), 80 μm (protozoaires et rotifères) et de 126 μm (ostracodes).

Parmi toutes les espèces, les juvéniles 0+ de chevalier blanc présentent, sur leur premier arc branchial, les branchicténies les plus nombreuses (moyenne de 21,5), les plus rapprochées (32 μm) et les plus longues (730 μm) (sauf chez les cuivrés où la longueur moyenne est de 750 μm) (Beauchard 1998). Ces résultats laissent croire que la capacité de rétention de plus petites proies serait plus élevée chez les chevaliers blancs. Pourtant, la taille moyenne des proies ingérées par les jeunes chevaliers blancs 0+ est supérieure à celle enregistrée notamment pour les chevaliers cuivré et jaune. Chez ces deux dernières espèces, les branchicténies sont moins nombreuses et l'écart moyen entre les branchicténies est nettement supérieur (60 μm) comparativement aux chevaliers blancs (Beauchard 1998). Même si quelques différences morphologiques ont été mises en évidence au niveau du premier arc branchial des jeunes de l'année de certaines espèces de chevalier de la rivière Richelieu (Beauchard 1998), il appert que ces structures n'induisent pas une sélectivité différentielle de leurs proies en fonction de la taille de ces dernières. En somme, il semble que les différences répertoriées au niveau de la taille des proies consommées par les juvéniles 0+ des différentes espèces de chevalier seraient plutôt reliées à la taille des prédateurs et possiblement à un phénomène de sélectivité différentielle de certaines proies entre les espèces.

1.4.3.7 Facteurs susceptibles d'influencer le choix des proies par les jeunes chevaliers

La composition et la densité de la ressource alimentaire ne sont pas les seules à intervenir dans le processus de sélection des proies par les poissons. Le choix des proies est modulé par plusieurs facteurs qui interagissent de façon complexe où sont impliquées, entre autres, aussi bien les caractéristiques des prédateurs (morphologie, physiologie, taille et comportement) que des proies (espèce, taille, distribution spatiale et densité) (Drenner *et al.* 1978, Drost 1987, Dunham *et al.* 1979, Keast et Webb 1966, Li *et al.* 1985, Mathias et Li 1982, Moyle et Cech 1996, Northcote 1954, O'Brien 1979, Wankowski 1979, Werner 1974). En théorie, la sélection des proies devrait se faire de façon à optimiser le gain en biomasse et diminuer les coûts énergétiques inhérents à la quête de nourriture (théorie de la quête optimale de nourriture) (MacArthur et Pianka 1966). Pour ce faire, différentes stratégies alimentaires peuvent être utilisées par les poissons comme par exemple : maximiser le nombre de proies, sélectionner les proies de plus grande taille, sélectionner les proies les moins évasives (Dill 1983, Vinyard 1980 Werner et Hall 1974). Différentes stratégies peuvent être utilisées par deux espèces d'un même genre

vivant en sympatrie et par des individus d'une même espèce, mais à différents stades de leur ontogénie (Rakocinski 1991). Enfin, des différences au niveau de la diète de certains individus d'une même population peuvent tout simplement être attribuables au fait que certains poissons préfèrent consommer le type de proie le plus récemment ingéré (Dill 1983, Vinyard 1980).

Comme Lalancette (1977) l'a mis en évidence pour des jeunes meuniers noirs, les jeunes chevaliers de la rivière Richelieu consomment en plus grande abondance (en nombre) les cladocères comparativement aux copépodes. Il est possible que cette « préférence » résulte du fait que la taille de la bouche des jeunes chevaliers ne soit pas assez grande pour permettre l'ingestion des plus gros copépodes, leur taille étant généralement plus grande que celle des cladocères (Dumont *et al.* 1975). D'autre part cette « préférence » pourrait être reliée aux caractéristiques de ces proies. Les cladocères seraient plus vulnérables que les copépodes car ils sont moins rapides (accélération plus lente) et parcourent de moins grandes distances lorsqu'ils s'échappent (Drost 1987, Kerfoot *et al.* 1980, O'Brien 1979, Vinyard 1980). Chez le crapet arlequin (*Lepomis macrochirus*), Vinyard (1980) a mis en évidence que cette espèce choisissait les proies les moins évasives (cladocères) comparativement aux copépodes et que cette sélectivité résulterait probablement du fait que les poissons ont appris les différences d'aptitudes à l'évasion de ces proies et ont traduit cette connaissance en sélectivité différentielle. Drenner *et al.* (1978) et Vinyard (1980) ont remarqué que les poissons pouvaient modifier leur technique de capture selon le type de proies en présence suite à l'expérience et à l'apprentissage. Dill (1983) souligne également que l'apprentissage peut induire des changements au niveau du comportement alimentaire des poissons et qu'il conduit à une augmentation du taux d'alimentation. D'autres facteurs tels : le degré de satiété, les risques de prédation, la menace de compétition, la structure et la complexité de l'environnement entraînent des changements au niveau du comportement alimentaire chez les poissons (Dill 1983, Ware 1972, Werner et Hall 1974).

1.4.3.8 L'appareil pharyngien et l'alimentation chez les Catostomidés. À quand la spécialisation?

D'autres caractéristiques morphologiques des prédateurs peuvent être déterminantes pour moduler la sélection de certains types de proies. Chez les Cyprinidés et les Catostomidés, le cinquième arc branchial est modifié en appareil pharyngien. Des différences morphologiques au niveau des arcs et des dents ainsi que le nombre de dents permettent de distinguer au moins les genres et parfois certaines espèces chez les Catostomidés (Eastman 1977, Mongeau *et al.* 1986). La conformation de l'appareil pharyngien est en relation directe avec l'alimentation (Eastman 1977). Parmi toutes les espèces vivant

dans la rivière Richelieu, en ce qui concerne les adultes, le chevalier cuivré est celui dont l'alimentation est la plus spécialisée et la moins diversifiée, ses proies préférées étant les mollusques. Son appareil pharyngien est, en effet, le plus adapté pour le broyage de ce type de proies puisqu'il est plus robuste et pourvu de dents molariformes (Eastman 1977, Jenkins 1970, Mongeau *et al.* 1986, 1992). Les chevaliers de rivière adultes (dont les dents pharyngiennes sont également molariformes) s'alimentent principalement de mollusques mais consomment plus fréquemment des insectes que le chevalier cuivré (Hakney *et al.* 1968, Mongeau *et al.* 1986, 1992). En ce qui concerne les chevaliers rouge, blanc et jaune, leur appareil pharyngien est pourvu de dents plus petites et plus nombreuses. Chez les adultes de ces espèces, la consommation de mollusques est très faible, leur régime alimentaire étant constitué principalement de larves d'insectes et de crustacés (Eastman 1977, Mongeau *et al.* 1986, 1992).

Dans le cadre de la présente étude, nous avons observé que la conformation de l'appareil pharyngien s'effectue très tôt chez les jeunes chevaliers. Pareilles observations ont déjà été mises en évidence chez des juvéniles de chevalier de rivière et cuivré (Branchaud et Gendron 1993, Hackney *et al.* 1968) de même que chez de très jeunes stades de meunier rouge et de meunier à grandes écailles (Weisel 1967). Pour chacune des espèces, les plus petits juvéniles ayant fait l'objet d'une dissection pour en retirer l'appareil pharyngien mesuraient 24 mm (chevalier jaune), 34 mm (chevalier de rivière), 35 mm (chevalier rouge), 48,5 mm (chevalier blanc) et, bien entendu, tous les chevaliers cuivrés dont les tailles variaient de 36 mm à 53,5 mm. Chez tous ces spécimens, les appareils pharyngiens étaient ossifiés et surmontés de plusieurs dents. En outre, chez les chevaliers cuivré et de rivière, le nombre réduit de dents de même que leur aspect « molariforme » étaient déjà évidents et permettaient de les distinguer des autres espèces (Annexe 1, section 4). Les travaux de Beauchard (1998) confirment également que les juvéniles 0+ de chevalier de rivière et cuivré se distinguent déjà des autres espèces par la morphologie et la morphométrie de leur appareil pharyngien. Cependant, il importe de préciser que chez les jeunes chevaliers cuivré et de rivière, les dents dites molariformes n'ont pas le même aspect que chez les adultes. Chez les jeunes de l'année, les différences entre les dents « molariformes » et les autres types de dents sont beaucoup plus subtiles que chez les adultes et ce, d'autant plus que les spécimens sont de petites tailles (Annexe 1, section 4). Selon la définition de French (1997) (pour les dents du malachigan (*Aplodinotus grunniens*)), les mesures des premières dents calculées par Beauchard (1998) chez les chevaliers cuivré et de rivière, correspondent davantage à des dents villiformes dont le diamètre varie de 0,2 mm à 0,5 mm alors que chez les autres espèces, les dents correspondraient à des dents dites cardiformes dont le diamètre est inférieur à 0,2 mm.

Chez les chevaliers, la spécialisation de l'appareil pharyngien s'amorce donc très tôt durant la phase juvénile. Par contre, l'examen des contenus des tractus digestifs des jeunes chevaliers de l'année ne nous permet pas d'établir de liens entre leur régime alimentaire et la conformation particulière de leur appareil pharyngien comme Eastman (1977) l'a démontré chez les adultes puisque, dans l'ensemble les diètes des jeunes chevaliers de l'année sont relativement similaires. Plus particulièrement chez les chevaliers cuivré et de rivière, la spécialisation au niveau de leurs diètes n'est pas encore installée. En effet, comparativement aux adultes, l'absence de petits mollusques gastéropodes et pélecypodes (Sphaeriidés) est remarquable dans le régime alimentaire des chevaliers cuivré et de rivière 0+ et 1+ et ce, même si la conformation de leur appareil pharyngien démontre déjà que les dents « molariformes » sont assez développées. Les mollusques gastéropodes et pélecypodes (Sphaeriidés) constituaient respectivement les première et deuxième proies en importance numérique chez les chevaliers cuivrés adultes alors que les gastéropodes étaient la seconde proie en importance chez les chevaliers de rivière adultes (Mongeau *et al.* 1986, 1992). Puisque la taille moyenne des proies ingérées par les jeunes chevaliers 0+ et 1+ est inférieure à 1 mm, il est possible de penser que les jeunes chevaliers cuivré et de rivière puissent consommer des juvéniles de quelques mollusques car certains peuvent être de très petites tailles soit de 600 à 4150 μm (Sphaeriidae), de 40 à 70 μm chez la moule zébrée (*Dreissena polymorpha*) et de 50 à 400 μm (Unionacea) (McMahon 1991). L'absence de ces groupes de proies dans les régimes alimentaires des chevaliers de rivière et cuivré 0+ et 1+ de même que dans celui du chevalier de rivière âgé de deux ans pourrait être reliée à l'absence ou la faible abondance de ces proies dans le milieu. En effet, en laboratoire, des juvéniles de chevalier cuivré (longueur totale moyenne de 79,3 mm), mis en présence de gastéropodes de différentes tailles, ont consommé en une heure tous ceux dont la taille était inférieure à 4 mm alors que des spécimens plus âgés (taille moyenne de 108,4 mm) se sont alimentés de moules zébrées (*Dreissena polymorpha*) de longueur inférieure à 8 mm (Branchaud et Gendron 1993). Soulignons cependant qu'il est possible que l'appareil pharyngien de ces derniers spécimens (issus d'élevages artificiels) soit plus développé comparativement à celui d'individus du milieu naturel de tailles comparables puisqu'un tel phénomène a été observé entre des spécimens de chevaliers cuivrés élevés à la pisciculture de Tadoussac et ceux capturés dans le cadre de cette étude. D'autre part, il est également possible que la spécialisation de l'appareil pharyngien s'effectue plus rapidement et précocement que la spécialisation de leur régime alimentaire. Si l'on en juge par les résultats obtenus lors de l'examen des tractus digestifs des chevaliers cuivré et de rivière 1+ et de celui de chevalier de rivière âgé de deux ans, le processus de spécialisation au niveau de leur régime alimentaire serait beaucoup plus graduel.

Comme la spécialisation au niveau des régimes alimentaires chez les poissons peut résulter de l'exposition à certains types de proies, de l'expérience et de l'apprentissage (Dill 1983, French 1997), il est probable que ces mécanismes soient à la base de la spécialisation du régime alimentaire chez le chevalier cuirvé. Une telle spécialisation résultant d'une exposition à une proie particulière et à l'apprentissage a été observée chez des malachigans du lac Erié, un poisson présentant des dents molariformes à l'âge adulte. Avant l'invasion du lac Erié par la moule zébrée (*Dreissena polymorpha*), les malachigans consommaient rarement des mollusques. Au début des années 1990, certains ont remarqué que le volume de moules zébrées trouvé dans le tractus digestif des malachigans augmentait avec la taille de ces derniers. Les moules zébrées comptaient pour 19 à 91 % du régime alimentaire de malachigans dont la taille varie de 250 mm à 374 mm et pour 99 à 100 % chez ceux de plus grande taille (375 mm à 574 mm) (French 1997). À une taille de 128 mm (ce qui correspond, selon Scott et Crossman (1974) à un spécimen âgé de un an) un malachigan ne possède pas de dents molariformes alors qu'elles commencent à apparaître chez les spécimens de 173 mm (2 ans) (French 1997). Selon ce dernier, les malachigans seraient aptes à briser les coquilles de moules zébrées lorsqu'ils atteignent la taille de 265 mm (longueur totale), taille à partir de laquelle ils possèdent un nombre suffisant de dents molariformes. Ainsi, chez les juvéniles 0+ et 1+ de chevalier cuirvé et de rivière, même si l'examen de leur appareil pharyngien permet de les distinguer des autres espèces, leur plus petite taille combinée à « l'absence de vraies dents molariformes » sont deux facteurs (parmi d'autres) qui pourraient expliquer le fait que leurs régimes alimentaires ne diffèrent pas des autres espèces. Il serait fort intéressant d'examiner les appareils pharyngiens et le contenu de tractus digestifs de chevaliers cuirvé (si possible) et de rivière âgés de un an (capturés à l'automne) et de deux ans afin de vérifier comment s'installe la spécialisation au niveau de leur régime alimentaire. Par contre, l'évaluation de la densité et de la composition de la faune benthique devraient être menées parallèlement.

CHAPITRE II

DISTRIBUTION ET HABITAT DES JUVÉNILES 0+ ET 1+ DES CINQ ESPÈCES DE CHEVALIER DANS LA RIVIÈRE RICHELIEU

2.1 Introduction

Très peu de données sont disponibles concernant l'habitat des juvéniles 0+ et 1+ des différentes espèces de chevalier de la rivière Richelieu et ce, en dépit du fait que cette rivière soutienne la seule population de chevalier cuivré qui présente une activité de fraie encore décelable. D'ailleurs les deux seules frayères connues de chevalier cuivré sont localisées dans la rivière Richelieu (Boulet *et al.* 1995, Dumont *et al.* 1997, La Haye *et al.* 1992). En outre, plusieurs études confirment que le succès de reproduction du chevalier cuivré est faible et que sa survie dépendrait du maintien des conditions favorables pour sa reproduction dans la rivière Richelieu (Boulet *et al.* 1995, 1996, Dumont *et al.* 1997, Gendron et Branchaud 1998, La Haye *et al.* 1992). Toutefois, la survie des jeunes de l'année est primordiale pour assurer le succès de la reproduction. La recherche et la caractérisation de l'habitat des juvéniles de chevalier (particulièrement de chevalier cuivré) dans la rivière Richelieu en 1993 et en 1994 n'a pas conduit à l'acquisition de nouvelles connaissances sur le sujet étant donné les faibles effectifs de jeunes chevaliers (Boulet *et al.* 1995).

Cette étude vise à caractériser l'habitat, dans la rivière Richelieu, des juvéniles 0+ des cinq espèces de chevalier à l'été et à l'automne de même que de caractériser l'habitat des juvéniles 1+ au printemps. L'identification des habitats privilégiés par les juvéniles de chevalier cuivré est essentielle à la mise en place de mesures visant la sauvegarde de l'espèce. Par exemple, ces connaissances pourraient mener à la protection de certains habitats et guider d'éventuels ensemencements de repeuplement de chevalier cuivré dans des cours d'eau qu'il fréquentait auparavant. Enfin, l'acquisition de connaissances générales résultant de ces travaux pourrait en plus servir de base pour établir un indice d'abondance relative de l'espèce et orienter d'éventuelles campagnes d'échantillonnage en vue de faire un suivi du recrutement de l'espèce.

2.2 Matériel et méthodes

2.2.1 Échantillonnage 1997

Du 3 juin au 24 juillet des pêches exploratoires hebdomadaires à la seine de rivage (longueur : 12 m; hauteur aux extrémités : 1,5 m; hauteur au centre : 3,4 m; mailles étirées : 2 mm) ont été menées dans le Bassin de Chambly et le secteur de Saint-Marc en vue de surveiller l'apparition des chevaliers 0+ et de rechercher d'éventuels sites de concentration des chevaliers 1+. Après avoir localisé les chevaliers 0+ la caractérisation de l'habitat a été mise de l'avant. Deux secteurs de la rivière Richelieu ont été retenus pour la caractérisation de l'habitat des juvéniles 0+ de chevaliers. Le secteur de Saint-Marc, un tronçon d'environ 5,5 km, a été échantillonné du 29 juillet au 12 août et le secteur de Saint-Ours, depuis le barrage jusqu'à l'embouchure au Fleuve Saint-Laurent (tronçon d'environ 20 km) a été visité du 26 août au 15 septembre (Figure 1.1). Une stratégie d'échantillonnage systématique a été utilisée pour déterminer la position des transects.

Dans le secteur de Saint-Marc, 40 stations ont été échantillonnées et caractérisées (Figure 2.1). Ces stations ont été positionnées sur 16 transects distants de 350 mètres en moyenne (variant selon les obstacles) de façon à couvrir les rives gauche et droite (16 stations par rive) ainsi que les îles Jeannotte et aux Cerfs où quatre stations par île ont été établies. Dans le secteur de Saint-Ours, 20 transects disposés à tous les kilomètres ont permis de positionner 40 stations à raison de vingt à chacune des rives. En outre, trois stations supplémentaires ont été établies, à titre exploratoire, au niveau du bras d'eau de l'île Deschaillons dans ce dernier secteur. Les pêches ont été menées de façon hebdomadaire de 9:00 AM à 17:00 PM, à la seine de rivage (longueur : 12 m; hauteur aux extrémités : 1,5 m; hauteur au centre : 3,4 m; mailles étirées : 2 mm) et la caractérisation des stations a été faite le jour précédent ou suivant la pêche. Toutes les captures de poissons de la famille des Catostomidés (adultes et juvéniles âgés de 2 ans et plus) ont été enregistrées avant de relâcher les spécimens alors que tous les jeunes chevaliers 0+ et 1+ ont été préservés dans du formol tamponné 10 % (tampon phosphate) ou dans l'éthanol 95 % (les plus petits spécimens 0+ de 1997). Soulignons que certains spécimens plus âgés, dont l'identification nécessitait un examen plus approfondi au laboratoire ont été conservés dans le formol tamponné 10 %.

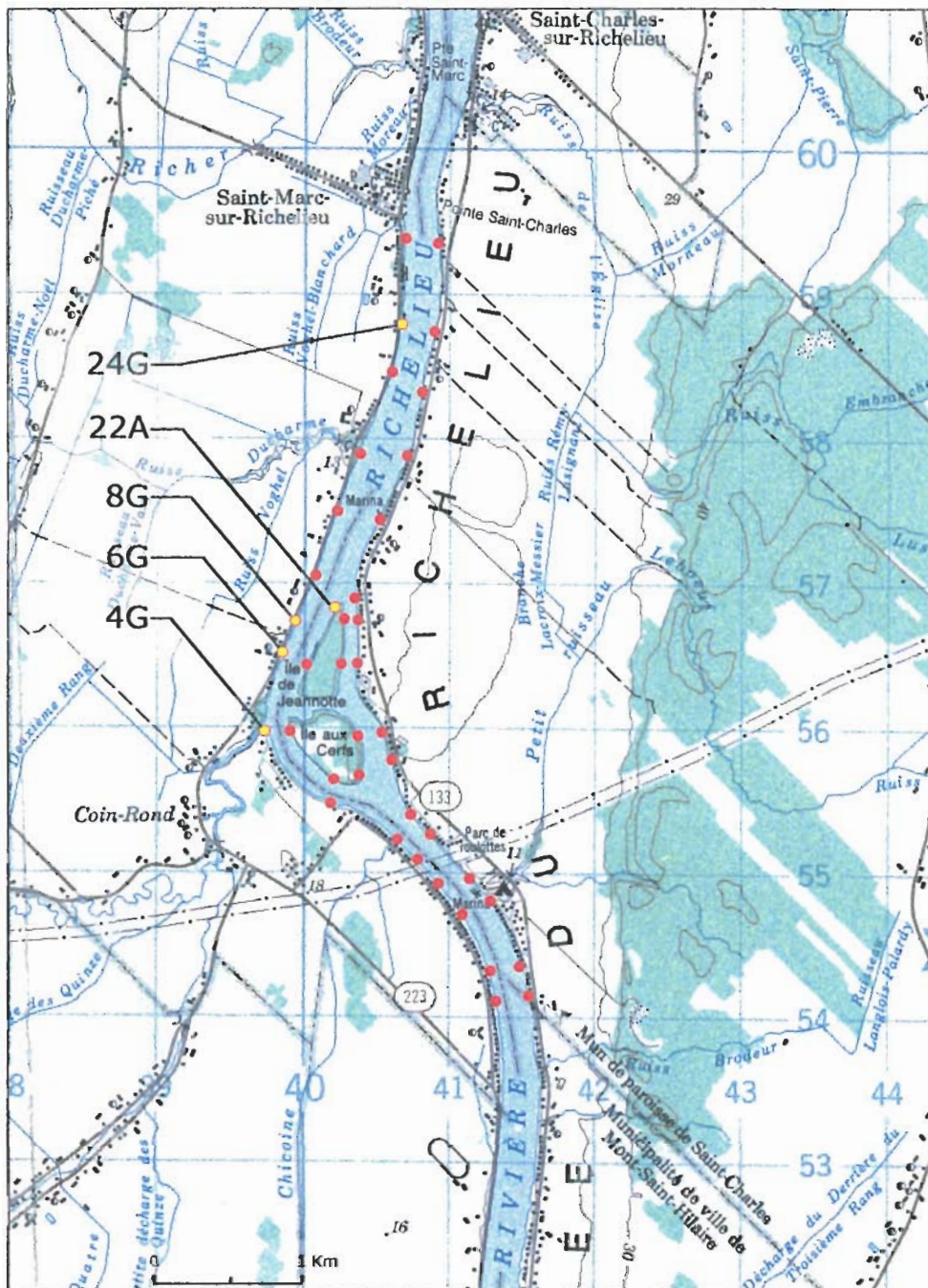


Figure 2.1. Répartition des stations d'échantillonnage (1997-1998) dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu. Les stations où des chevaliers cuivrés (0+ et 1+) ont été capturés sont en jaune et identifiées par leur numéro.

Toutes les stations (coups de seine) ont été systématiquement caractérisées. La prise de données s'est effectuée à partir de la fin du coup de seine jusqu'à une distance de 12 mètres le long d'un transect passant par son centre. Notons qu'en général, les coups de seine se terminaient sur la berge. Dans certains cas, la seine a été relevée à une certaine distance de la berge afin d'éviter des obstacles (végétation dense) ou pour éviter le colmatage par les sédiments fins. La transparence de l'eau (disque de Secchi) et la vitesse du courant (courantomètre Price-Gurley) ont été évaluées au centre du coup de seine soit à une distance de 6 m. Si la prise de ces données était entravée par les herbiers, nous nous éloignons jusqu'à l'obtention d'une lecture. La vitesse du courant a été mesurée à 0,5 fois la hauteur de la colonne d'eau si la profondeur était inférieure à 1 m et à 0,2; 0,6 et à 0,8 fois la hauteur de la colonne pour les profondeurs égales ou supérieures à 1 m. La vitesse moyenne du courant était par la suite calculée grâce à l'équation suivante :

$$\text{vitesse moyenne} = (V_{0,2} + 2 * V_{0,6} + V_{0,8}) * 0,25 \text{ (Bovee 1986)}$$

Afin de donner une idée du profil bathymétrique des stations, les profondeurs minimale (fin du coup de seine), au centre (à 6 m) et maximale (à 12 m) ont été mesurées à la perche graduée ou à l'échosondeur. Grâce à ces données, une pente a été calculée pour chacun des coups de seine en utilisant les profondeurs minimale et maximale.

La végétation a été évaluée à tous les 2 m (de 2 m à 12 m) en utilisant un quadrat de 0,5 m X 0,5 m et ce, en déterminant d'abord globalement l'abondance de la végétation en fonction du pourcentage de l'occupation en surface et de l'ensemble de la colonne d'eau puis en classant les espèces par ordre d'abondance par observation visuelle ou à l'aide d'un aquascope. Les cotes d'abondance (densité) de la végétation sont les suivantes : 0 = aucune plante, 1 = 1 à 10 % d'occupation, 2 = 11 à 25 %, 3 = 26 à 50 %, 4 = 51 à 75 %, 5 = 76 à 100 %. Pour chacun des quadrats, les plantes ont été identifiées à l'espèce ou au genre puis classées en rang décroissant selon leur importance. Pour les analyses statistiques, nous avons déterminé globalement la végétation pour une station donnée. Le recouvrement végétal moyen a été calculé en faisant la moyenne arithmétique des cotes trouvées pour les six quadrats. Le rang des plantes pour l'ensemble d'une station a été déterminé en compilant les données recueillies de façon à tenir compte du nombre de plantes et du rang attribué à chacune d'elles et de la cote d'abondance du recouvrement végétal à l'intérieur de chacun des quadrats de cette station et ce, en utilisant le tableau de conversion proposé à l'Annexe 4 (Richard Monfette, étudiant à la maîtrise, Université du Québec à Montréal, communication personnelle). Suite à cette compilation, pour une station donnée un rang de 5 était attribué à la plante dominante, 4 à la sous-dominante, 3 à la troisième

espèce en importance et ainsi de suite jusqu'à la cinquième plante et toutes les suivantes qui se voyaient attribuer le rang 1. Un tel classement permet de procéder ultérieurement à des analyses de corrélations. Consulter l'Annexe 4, pour avoir un exemple de calcul.

La nature du substrat a été déterminée à 2 m de la fin du coup de seine ainsi qu'au centre (à 6 m) par observation visuelle et tactile (benne Ponar). Les diverses composantes du substrat ont été évaluées grâce aux classes granulométriques présentées au Tableau 2.1. Une cote, établie en fonction de son abondance relative (pourcentage), a été attribuée à chacune des composantes du substrat (1 = 1 à 20 %, 2 = 21 à 40 %, 3 = 41 à 60 %, 4 = 61 à 80 %, 5 = 81 à 100 %). La présence de débris organiques a été quantifiée en utilisant les mêmes cotes et a été traitée comme une variable distincte dans les analyses. Pour procéder aux analyses statistiques du substrat, les données ont été synthétisées pour chacun des endroits où le substrat a été examiné soit à 2 m et à 6 m. Diverses catégories (n = 13 et trois sous-catégories) de substrat ont été établies en fonction de la nature de ses composantes et de la proportion relative (cote) attribuée à chacune. Si la proportion d'une composante était supérieure à 80 % (cote 5) celle-ci constituait une catégorie à elle seule et ce même s'il y avait une seconde composante dont la proportion variait de 1 à 10 % (cote 1). Par contre, si le substrat était formé de deux composantes dont la dominante présentait une proportion inférieure ou égale à 80 % nous formions autant de catégories que les diverses combinaisons trouvées en tenant compte de la nature et de la proportion de chacune des composantes. Si plus de deux composantes étaient répertoriées, seules la dominante et la sous-dominante étaient considérées. Les nouvelles catégories de substrat ainsi générées ont été par la suite classées par ordre croissant en tenant compte de la taille des particules qui les composent et nous avons attribué de nouvelles cotes pour chacune, la cote la plus faible (1) étant octroyée à la catégorie de substrat le plus fin et ainsi de suite (Tableau 2.2).

En caractérisant le substrat à 6 m, nous avons également procédé à l'échantillonnage du benthos pour comparer l'abondance de la ressource alimentaire avec les contenus stomacaux. Le substrat, récolté à la benne Ponar, a été tamisé sur une maille de 500 μm puis fixé dans le formol 10 %. Ces échantillons n'ont cependant pas pu être traités dans le cadre de cette étude. Enfin, un suivi des températures de l'eau au niveau des sites d'échantillonnage a été effectué.

Tableau 2.1. Composantes et classes granulométriques utilisées pour évaluer la nature du substrat lors des travaux sur le terrain.

Description des composantes	Classe granulométrique (mm)
Argile-limon	< 0,05
Sable fin à grossier	0,051 - 2,9
Gravier fin à grossier	3,0 - 64,9
Caillou	65,0 - 128,9
Roche moyenne à grosse	129,0 - 512,9
Bloc de pierre	> 513
Roche en place lisse	
Roche en place irrégulière	

Tableau 2.2. Catégories de substrat et cotes correspondantes utilisées pour les analyses statistiques.

Catégorie de substrat		Cote
Composante(s) dominante(s)	Composante(s) sous-dominante(s)	
Argile-limon	*	1
Argile-limon	Sable	2
Argile-limon = sable	Argile-limon = sable	2,5 ^a
Argile-limon	Sable + gravier	2,75
Sable	Argile-limon	3
Sable	*	4
Sable	Gravier	5
Sable	Caillou	6
Gravier	Sable	7
Gravier	*	8
Gravier	Caillou	9
Caillou	Gravier + argile-limon	9,5
Caillou	Gravier	10
Caillou	*	11
Roche moyenne à grosse	Caillou	12
Roche moyenne à grosse	*	13

* Pas de sous-dominante

^a Argile-limon et sable à part égale

D'autres pêches ont été réalisées de façon hebdomadaire du 24 septembre au 21 octobre conjointement dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours à 2 ou 3 stations choisies par secteur (stations les plus productives) en vue de se procurer des spécimens pour les études de la croissance et de l'alimentation. Lorsque que les captures ont diminué dans le secteur de Saint-Ours comparativement à Saint-Marc, nous avons concentré nos efforts dans ce dernier secteur et ce, jusqu'à l'obtention d'un coup blanc soit le 21 novembre.

2.2.2 Échantillonnage 1998

La plupart des spécimens récoltés au cours de l'échantillonnage et de la caractérisation de l'habitat dans le secteur de Saint-Marc (secteur le plus productif en termes de captures de chevaliers et surtout de chevalier cuivré) n'ont pu être identifiés à l'espèce car ils étaient de trop petites tailles. Considérant les résultats obtenus en 1997 et en vue de compléter certaines données concernant les chevaliers 0+ et 1+, des travaux se sont poursuivis sur le terrain (secteur de Saint-Marc seulement) au printemps (chevaliers 1+) ainsi qu'à l'automne (chevaliers 0+ et 1+) 1998. Au printemps, les travaux visaient à : vérifier s'il est possible de capturer des chevaliers 1+ en plus grand nombre plus tôt au printemps, augmenter l'effectif des chevaliers cuivrés pour l'étude de l'alimentation, explorer de nouveaux habitats en zone profonde, confirmer ou infirmer la fréquentation de l'île Jeannotte par les chevaliers juvéniles, caractériser leur habitat et décrire leur comportement au niveau de la fréquentation des rives l'après-midi versus le soir (le soir étant défini à partir de la brunante). À l'automne, les mêmes objectifs étaient poursuivis sauf l'exploration des habitats en zone profonde.

Printemps 1998

Du 25 au 28 mai, des pêches ont été menées aux 40 stations de l'échantillonnage systématique de 1997 de 13:00 PM à 21:00 PM à l'aide d'une seine de rivage (longueur : 16 m; hauteur aux extrémités : 3,7 m; hauteur au centre : 3,7 m; mailles étirées : 2 mm). Deux stations de référence, particulièrement productives en 1997, soit celles de l'île aux Cerfs (21A) et l'île Jeannotte (22A) ont été visitées à six reprises chacune au cours de cette phase d'échantillonnage et ce, autant en après-midi que le soir. À cette période de l'année, nous considérons la plage horaire de 19:00 PM à 21:00 PM comme étant le soir.

La vitesse du courant (courantomètre Price-Gurley) et la transparence de l'eau (disque de Secchi) ont été mesurées de la même façon qu'en 1997 après chacun des coups de seine. La végétation a été caractérisée différemment soit globalement pour chacun des coups de seine en évaluant le pourcentage de recouvrement végétal (sans attribuer de cotes) et en classant les espèces par ordre décroissant d'abondance. Afin de comparer l'abondance des chevaliers avec la densité et la composition des organismes benthiques à certaines stations, quelques échantillons de benthos ont été récoltés et ce, avec la même méthodologie qu'en 1997. Le dénombrement et l'identification des organismes de la faune benthique ont été réalisés sous la loupe binoculaire.

L'exploration des habitats en zone profonde s'est déroulée les 2, 3 et 4 juin à l'aide d'une seine coulissante (longueur : 61 m; hauteur aux extrémités : 3,7 m; hauteur au centre : 6,1 m; mailles étirées : de 25,4 mm, 19 mm et de 12,7 mm en partant des extrémités vers le centre). La localisation des stations a été établie en fonction du profil bathymétrique de la rivière et après avoir passé une corde plombée à l'endroit choisi afin de juger s'il était possible d'utiliser la seine compte tenu des obstacles. Les coups de seine étaient donnés et fermés au large dans des profondeurs de deux à quatre mètres de façon à ne pas couvrir les espaces déjà échantillonnés par la seine de rivage. La vitesse du courant ainsi que la transparence de l'eau ont été mesurées à chaque coup de seine.

Enfin, des pêches exploratoires aux stations les plus productives de même qu'à quelques nouvelles stations ont été menées du 8 au 12 juin avec une seine de rivage (longueur : 20 m; hauteur aux extrémités : 2,0 m; hauteur au centre : 2,25 m; mailles étirées : 6 mm). Ces pêches avaient pour objectif principal d'augmenter l'effectif de chevaliers cuivrés.

Automne 1998

Du 21 au 24 septembre nous avons utilisé la même stratégie d'échantillonnage et de caractérisation qu'au printemps. Les pêches ont été réalisées avec la même seine que celle utilisée en 1997, de 10:00 AM à 19:15 PM et les deux stations de référence (21A et 22A) ont été visitées à quatre reprises chacune (autant l'après-midi que le soir). À cette période de l'année, nous considérons la plage horaire de 18:15 PM à 19:15 PM comme étant le soir. Comme le profil bathymétrique des stations semblait influencer la distribution des juvéniles 0+ et 1+ de chevaliers, nous avons dressé le profil bathymétrique de toutes les stations au moyen d'un échosondeur graphique (Lowrance X - 16) en faisant une marque à tous les trois mètres sur le graphique. Ces données supplémentaires ont permis de calculer une

deuxième pente (de 12 m à 24 m de la rive) pour chacune des stations en utilisant les valeurs des profondeurs à 24 m de la rive obtenues grâce au tracé graphique. Comme en 1997, le suivi de la température de l'eau a été effectué à chacune des journées d'échantillonnage et toutes les captures de spécimens (adultes et juvéniles âgés de plus de deux ans) appartenant à la famille des Catostomidés ont été enregistrées. Enfin, nous avons fait une journée de pêche supplémentaire le 8 octobre aux stations les plus productives en vue d'augmenter l'effectif de chevaliers cuivrés.

2.2.3 Traitements statistiques

Renseignements généraux

Les captures moyennes de chevaliers 0+ par coup de seine (unité d'effort) (CPUE moyennes) ont été comparées entre les années 1997 et 1998 pour donner une idée des variations interannuelles du succès de reproduction (tests de Kruskal-Wallis). Au printemps 1998, deux seines de dimensions différentes (plus grandes qu'en 1997) ont été utilisées pour l'échantillonnage des chevaliers 1+. Pour uniformiser les données, les CPUE de chevaliers 1+ du printemps 1998 ont été corrigées de façon à ramener le nombre de spécimens capturés par coup de seine par rapport à la seine standard utilisée en 1997 et à l'automne 1998 et ce, en calculant la surface rectangulaire couverte par chacune des seines (en tenant compte de sa longueur et de la longueur des cordes utilisées au cours des échantillonnages). La relation entre les captures de chevaliers 0+ et 1+ (à différentes dates) et la température de l'eau a été explorée au moyen de corrélations de Spearman. De même, les CPUE de chevaliers 0+ (1997 et 1998) et 1+ du printemps 1998 ont été comparées entre différents moments de la journée (AM, PM et soir) afin d'explorer certains aspects du comportement des chevaliers juvéniles (tests de Kruskal-Wallis).

Enfin, pour étudier les variations au niveau de la distribution spatiale des chevaliers 0+ (1997 et 1998) et 1+, les CPUE moyennes aux différentes stations localisées en rives gauche et droite dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours ont été comparées statistiquement (tests de Kruskal-Wallis). En vue de déceler si les jeunes chevaliers ont tendance à être capturés en groupe, les distributions de fréquence des captures ont été examinées graphiquement au moyen d'histogrammes. Comme il était difficile de porter un jugement par le biais de ces graphiques, une méthode statistique proposée par M. Yves Prairie (professeur à l'Université du Québec à Montréal, communication personnelle) a été appliquée. Cette méthode consiste à vérifier indirectement si la distribution de fréquence des captures correspond à une distribution groupée (contagieuse) en examinant le rapport de la variance sur la moyenne du nombre de

captures par coup de seine. Si ce dernier est égal à un la distribution est conforme à une distribution de Poisson, s'il est inférieur à un il s'agit d'une distribution uniforme et s'il est supérieur à un la distribution est dite contagieuse. En vue d'appuyer statistiquement les résultats, la distribution empirique a été soumise à une épreuve de conformité avec des distributions de Poisson et uniforme par le test non paramétrique de Kolmogorov-Smirnov au moyen du logiciel SPSS version 6.1 procédure NPAR- K-S (Norusis 1993). En acceptant l'hypothèse que la distribution empirique ne correspond à aucune de ces distributions (Poisson ou uniforme), si le rapport variance/moyenne est supérieur à un, l'hypothèse d'une distribution contagieuse ne peut être rejetée. Cette méthode a été employée pour les chevaliers 0+ de 1997 (ensemble des spécimens et par secteur) et de 1998 de même que pour ceux âgés de un an capturés au printemps 1998.

Caractérisation de l'habitat

Dans un premier temps, des tests de comparaison de moyennes (tests de Kruskal-Wallis) ont été utilisés pour mettre en évidence les différences entre les variables environnementales des stations où les chevaliers 0+ de 1997 ont été capturés et celles où ils étaient absents pour l'ensemble des stations des secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours. Comme les CPUE moyennes de chevaliers 0+ et 1+ de 1997 et de 1998 étaient beaucoup plus élevées en rive gauche qu'en rive droite dans le secteur de Saint-Marc, les variables environnementales des stations ont été comparées entre les rives (tests de Kruskal-Wallis). De même, les relations entre les diverses variables environnementales et les captures par unité d'effort (CPUE) de chevaliers 0+ de 1997 (secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours conjointement puis séparément) ont été explorées au moyen de corrélations non paramétriques de Spearman. Les graphiques de dispersion de chacune des corrélations s'étant avérées significatives ont également été examinés en vue de déceler toute corrélation pouvant résulter d'un nombre restreint de points. De même, afin de réduire le risque que, compte tenu du grand nombre de variables considérées, certaines corrélations puissent être fortuites, la correction de Bonferroni a été appliquée. Des corrélations par espèce avec ces mêmes variables environnementales ont été calculées avec les spécimens capturés à Saint-Ours car ces derniers étaient tous identifiés. Les CPUE moyennes de chevaliers 0+ de 1997 ont été comparées statistiquement par des tests de Kruskal-Wallis ou ANOVA (selon la distribution des CPUE moyennes) entre différentes classes de certains descripteurs de l'habitat après avoir effectué une transformation logarithmique des CPUE ($\log_{10}(\text{CPUE moyennes} + 1)$) pour tenter de les normaliser (Sokal et Rohlf 1981). Les valeurs de profondeur à 24 m ainsi que de la pente 2 (12 à 24 m) obtenues

grâce au profil bathymétrique dressé en 1998 pour les stations du secteur de Saint-Marc ont été incluses dans les analyses statistiques pour les chevaliers 0+ capturés dans ce secteur en 1997.

Les CPUE moyennes de chevaliers 0+ en fonction des divers types de substrats ont été comparées. Comme plus de 80 % des stations présentaient des catégories de substrat fin dont la cote est inférieure ou égale à quatre (correspondant principalement à des mélanges d'argile-limon et de sable dans des proportions variables), les comparaisons n'ont porté que sur les mélanges constitués d'argile-limon et de sable (cotes 1, 2, 3 et 4). Les CPUE moyennes de chevaliers 0+ ont été comparées (test de Kruskal-Wallis) entre les stations où le substrat était à dominance argile-limon (constitué à plus de 60 % d'argile-limon, cotes 1 et 2) et celles où il était à dominance de sable (constitué à plus de 60 % de sable, cotes 3 et 4) (Tableau 2.2). Ces comparaisons ont été faites en considérant séparément le substrat à deux et à six mètres de la rive pour chacune des stations.

Dans un deuxième temps, nous avons fait une régression linéaire multiple entre les CPUE de chevaliers 0+ (variable dépendante) et l'ensemble des variables environnementales pour faire ressortir les variables les plus significatives. La procédure Stepwise Mixed, qui permet l'entrée et la sortie de variables au cours du processus, a été utilisée. Pour cette procédure, les probabilités d'entrée et de sortie ont été fixées respectivement à 0,05 et à 0,10, valeurs couramment utilisées (Sokal et Rohlf 1981). Lorsque nécessaire, nous avons eu recours à une transformation logarithmique en vue de linéariser les relations et de normaliser les variables. Une fois identifiées, ces dernières variables ont été utilisées à nouveau pour construire un modèle de régression linéaire multiple standard. Ces étapes ont été faites avec l'ensemble des variables puis avec les variables continues seulement et ce, pour les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours ensemble et séparément.

Pour caractériser l'habitat utilisé par les chevaliers 1+ du printemps et celui des chevaliers 0+ de l'automne 1998 du secteur de Saint-Marc, comme les pêches ont été réalisées avec des engins similaires et aux mêmes stations qu'en 1997, nous avons utilisé les données recueillies en 1997 concernant les profondeurs et la nature du substrat pour faire les analyses. Afin de compléter la matrice de données environnementales, nous avons ajouté les données recueillies au moment de ces pêches : vitesse du courant, transparence de l'eau ainsi que le recouvrement végétal global et les espèces de macrophytes présentes. Pour les chevaliers 1+ et 0+ de 1998, les mêmes analyses que celles entreprises pour les chevaliers 0+ de 1997 ont été faites. En outre, les relations entre l'abondance des chevaliers 1+ (CPUE) avec la densité (% en nombre) et la diversité des organismes benthiques (nombre de catégories

d'organismes benthiques répertoriées) à certaines stations ($n = 10$) ont été explorées par le biais des corrélations de Pearson et de Spearman selon la distribution des variables. Tous les traitements statistiques de cette section ont été faits au moyen du logiciel JMP® SAS Institute Inc. version 3.2.1 ($\alpha = 0,05$) après avoir vérifié la normalité de distribution des variables par le test de Shapiro-Wilk W ($n \leq 2000$) ou celui de Kolmogorov-Smirnov-Lillifor ($n > 2000$) (Sall et Lehman 1996).

2.3 Résultats

2.3.1 Bilan des captures et comparaisons interannuelles des CPUE moyennes de chevaliers 0+

Les travaux de terrain de 1997 et de 1998 ont conduit à la capture de 16 chevaliers cuivrés juvéniles dont 13 jeunes de l'année et trois âgés de un an. Des 13 chevaliers cuivrés 0+ et 1+ capturés en 1997, 12 proviennent du secteur de Saint-Marc (capturés du 7 octobre au 5 novembre) et un du secteur de Saint-Ours (capturé le 9 septembre). Il est intéressant de noter que dans le secteur de Saint-Marc, sept des chevaliers cuivrés 0+ de même que celui âgé de un an ont été capturés à l'île Jeannotte en 1997. En 1998, on rapporte deux chevaliers cuivrés 1+ (capturés les 8 et 9 juin dont un à l'île Jeannotte) et un jeune de l'année capturé le 21 septembre (Tableau 2.3). Dans l'ensemble, tous les chevaliers cuivrés du secteur de Saint-Marc sauf un ont été récoltés à l'intérieur d'une zone d'environ trois km de rivière (Figure 2.1). Voir l'Annexe 5 pour les détails concernant les captures de chevaliers cuivrés 0+ et 1+ au cours des campagnes d'échantillonnage de 1997 et de 1998. Enfin, il semble qu'aucun des chevaliers cuivrés ensemencés en 1994, 1995 et 1996 (près de 100 000) (Branchaud *et al.* 1995, Branchaud et Fortin 1998) n'ait été capturé dans le cadre de la présente étude. Le seul chevalier cuivré dont nous ignorons réellement la provenance (ensemencements ou milieu naturel) est celui âgé de un an capturé au printemps 1997.

Chez les 0+ et 1+, le chevalier rouge est l'espèce la plus abondante et compte pour plus de 57 % des effectifs pour toutes les périodes d'échantillonnage. Le chevalier blanc arrive au deuxième rang en importance alors que les chevaliers jaunes et de rivière se partagent les troisième et quatrième rangs. En effet, la proportion des chevaliers jaunes est généralement supérieure à celle des chevaliers de rivière sauf pour les spécimens âgés de un an capturés lors de la campagne de 1998. Ces deux dernières espèces représentent en général moins de 10 % des effectifs. Enfin, la proportion relative des chevaliers cuivrés est toujours inférieure à 1 % sauf pour les spécimens de 1997 où elle est de 1,6 % (Figure 2.2).

Il semble que la cohorte de chevaliers 0+ ait été plus importante en 1997 qu'en 1998. La comparaison interannuelle (1997 versus 1998) du nombre de chevaliers capturés par coup de seine (globalement et par espèce) demeure toutefois difficile car en 1998, nous avons procédé à un échantillonnage systématique à l'automne dans le secteur de Saint-Marc alors qu'en 1997 à la même période, nous visitons les stations les plus productives en termes de captures dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours.

Tableau 2.3. Bilan des captures de chevaliers 0+ et 1+ en 1997 et 1998 dans la rivière Richelieu au niveau de trois secteurs (Bassin de Chambly, Saint-Marc et Saint-Ours). Total : ensemble des chevaliers.

An	1997			1998	
Secteur	Bassin de Chambly	Saint-Marc	Saint-Ours	Saint-Marc	Saint-Marc
Date	3-4-5 juin	12 juin au 21 novembre	26 août au 21 octobre	25 au 28 mai et 8 au 12 juin	21 au 24 septembre et 8 octobre
# de coups de seine	10	148	51	98	66
Chevaliers 0+					
Rouge	0	660	598	0	330
Blanc	0	41	356	0	219
Jaune	0	125	1	0	21
Rivière	0	73	40	0	1
Cuivré	0	11	1	0	1
Non identifiés *	0	1512	0	0	0
Total	0	2422	996	0	572
Chevaliers 1+					
Rouge	0	38	1	1191	51
Blanc	0	14	2	103	24
Jaune	0	5	1	58	4
Rivière	0	1	0	77	9
Cuivré	0	1	0	2	0
Non identifiés	0	0	0	0	0
Total	0	59	4	1431	88

* Spécimens capturés du 10 juillet au 12 août 1997.

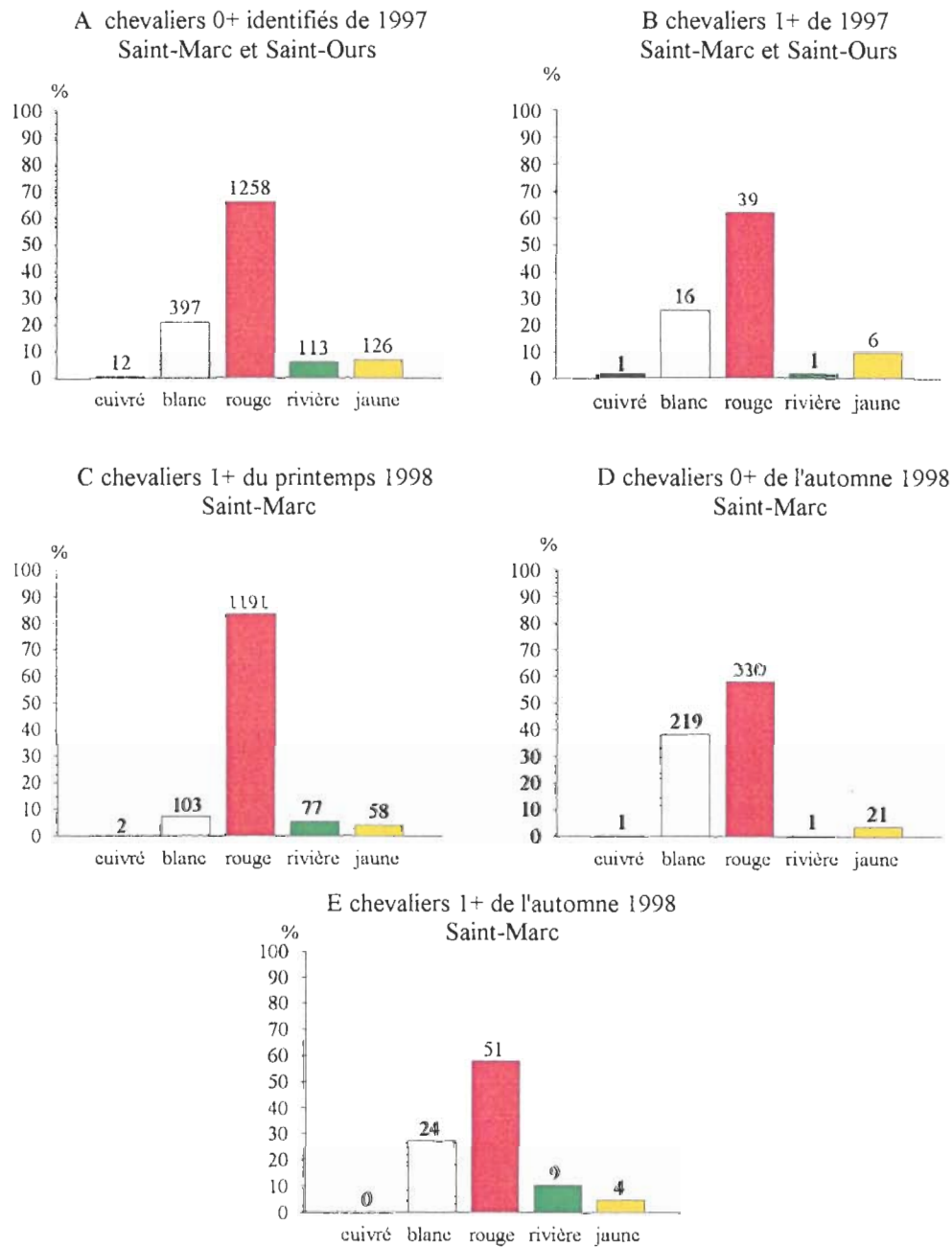


Figure 2.2. Abondance relative des juvéniles 0+ et 1+ des cinq espèces de chevalier. A : chevaliers 0+ identifiés de 1997 capturés du 5 août au 5 novembre (n = 1906), B : chevaliers 1+ de 1997 capturés du 12 juin au 5 novembre (n = 63), C : chevaliers 1+ du printemps 1998 capturés du 25 mai au 12 juin (n = 1431), D : chevaliers 0+ de 1998 (n = 572) et E : chevaliers 1+ de 1998 (n = 88) capturés du 21 au 24 septembre et le 8 octobre. Les chiffres qui figurent au haut des colonnes représentent les effectifs.

Pour éviter les biais pouvant être attribués au secteur de pêche et s'assurer de couvrir des fenêtres temporelles similaires, les captures par coup de seine ont été comparées entre l'ensemble des chevaliers 0+ capturés en 1998 (du 21 au 24 septembre et le 8 octobre qui correspond à 66 coups de seine) et ceux de 1997 récoltés du 24 septembre au 5 novembre (21 coups de seine) dans le secteur de Saint-Marc seulement. À cette période, en moyenne 30 chevaliers 0+ ont été capturés par coup de seine en 1997 comparativement à 8,7 en 1998 (test de Kruskal-Wallis, $p = 0,0067$). Pour toutes les espèces, les captures par coup de seine ont été numériquement supérieures en 1997 par rapport à 1998 sauf pour le chevalier blanc (Tableau 2.4). Les différences entre les captures par espèce pour ces deux années se sont avérées non significatives pour les chevaliers rouge et blanc mais très significatives (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,0001$) pour les trois autres espèces (jaune, rivière et cuivré) (Tableau 2.4). Par exemple, un seul chevalier de rivière (0+) a été capturé en 1998 (le 21 septembre) alors qu'en 1997 nous en avons capturé 37 en un seul coup de seine le 24 septembre près du bateau l'Escale en rive gauche. Du côté du chevalier cuivré, un seul juvénile 0+ a été capturé au cours de la campagne de 1998. Comparativement pour la même période en 1997 trois ont été capturés le 7 octobre. L'abondance des chevaliers 1+ (particulièrement le chevalier de rivière) capturés à l'automne 1998 ($n = 88$ dont neuf chevaliers de rivière) (Tableau 2.3) par rapport à la même période en 1997 (trois le 24 septembre dont deux chevaliers rouges et un jaune) est probablement le reflet d'un meilleur succès de reproduction des chevaliers en 1997 et ce, en particulier pour le chevalier de rivière.

L'Annexe 6 présente le bilan de toutes les captures (échantillonnage 1997 et 1998) des spécimens (adultes et juvéniles âgés de plus de 2 ans) appartenant à la famille des Catostomidés. Également à l'Annexe 7 se trouve la liste de toutes les autres espèces répertoriées au cours de ces travaux.

2.3.2 Relation entre les captures des chevaliers 0+ et 1+ et la température de l'eau

En 1997, seulement 63 chevaliers 1+ ont été capturés dont 46 les 12 et 19 juin dans le secteur de Saint-Marc alors que la température de l'eau était de 20 °C et de 18,5 °C respectivement pour ces deux dates. Par la suite les chevaliers 1+ ont été capturés occasionnellement pour le reste de la saison alors que la température de l'eau était supérieure à 20 °C, les derniers ($n = 3$) ayant été pêchés le 24 septembre ($T^{\circ}\text{C}_{\text{eau}} = 15$ °C). Soulignons que seulement quatre chevaliers 1+ ont été capturés dans le secteur de Saint-Ours (Tableau 2.3). Comme la température de l'eau et / ou le moment de la saison nous semblaient avoir une incidence sur le comportement des chevaliers 1+ quant à la fréquentation des rives, nous avons vérifié cette hypothèse au printemps 1998.

Tableau 2.4. Comparaison du nombre moyen de chevaliers 0+ (total et par espèce) capturés par coup de seine (moy) dans le secteur de Saint-Marc en 1997 (du 24 septembre au 5 novembre) et en 1998 (du 21 au 24 septembre et le 8 octobre). On trouve également l'écart type (σ), l'effectif (n) ainsi que le résultat du test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$.

An	1997			1998			Test de Kruskal-Wallis
	21			66			
Nombre de coups de seine	moy	σ	n	moy	σ	n	
Rouge	21,67	35,74	455	5,00	8,37	330	0,1516
Blanc	1,24	2,70	26	3,32	5,82	219	0,0985
Jaune	3,71	3,62	78	0,32	0,90	21	< 0,0001
Rivière	2,86	7,98	60	0,02	0,12	1	< 0,0001
Cuivré	0,52	0,68	11	0,02	0,12	1	< 0,0001
Total	30,00	44,67	630	8,67	14,24	572	0,0067

Effectivement, les chevaliers 1+ ont été trouvés en plus grand nombre ($n = 1431$) en mai et en juin 1998 alors que la température de l'eau variait de 15 °C à 18,5 °C. Par contre, aucune corrélation significative n'a pu être mise en évidence entre la température de l'eau et les CPUE moyennes de chevaliers 1+ du printemps pour l'ensemble de la campagne, de même qu'avec ceux capturés aux stations ayant fait l'objet d'échantillonnages répétés (corrélations de Spearman, $p > 0,05$). Certes, il semble que les chevaliers 1+ fréquentent davantage les rives plus tôt au printemps à des températures (eau) inférieures à 20 °C, mais les données ne nous permettent pas de voir si à des températures supérieures à 20 °C ils ont tendance à s'éloigner des rives.

Chez les juvéniles 0+, l'étude des CPUE en fonction de la température a porté sur les échantillonnages menés à l'automne 1997 (24 septembre au 21 novembre) car à cette période les fluctuations de température sont plus importantes (elles variaient de 4°C à 15 °C). En outre, à cette période, seules les stations les plus productives des secteurs de Saint-Ours ($n = 2$) et de Saint-Marc ($n = 2$ ou 3) étaient visitées. Une corrélation (Spearman) significative ($r_s = 0,58$ et $p = 0,0004$) a été enregistrée entre les captures totales des chevaliers 0+ pour chacune des stations et la température de l'eau. Aux températures supérieures ou égales à 12 °C, les CPUE moyennes de chevaliers 0+ ont été de 36,5 par coup de seine alors qu'à des températures inférieures, elles ont chuté à 4,6 et qu'à une température de 4 °C (21 novembre), aucun chevalier n'a été capturé (Figure 2.3).

2.3.3 Relation entre les captures des chevaliers 0+ et 1+ et l'heure de la journée

Pour les chevaliers 0+ de 1997, seules les stations ne présentant pas de spécimens non identifiés ont été retenues pour ces comparaisons afin de permettre les comparaisons par espèce. En 1997, les CPUE moyennes de chevaliers 0+ ont été comparées entre l'avant-midi et l'après-midi car aucun échantillonnage ne s'est déroulé en soirée et l'échantillonnage du 21 novembre a été exclu de l'analyse car aucun spécimen n'a été capturé. Pour les analyses, les pêches réalisées de 9:00 AM à 12:59 PM ont été considérées comme faisant partie de l'avant-midi et celles de 13:00 PM à 17:00 PM, font partie de l'après-midi. De façon générale, les CPUE moyennes de chevaliers 0+ de 1997 sont légèrement plus élevées l'avant-midi mais elles ne se sont avérées statistiquement différentes (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) que pour l'ensemble des chevaliers (CPUE moyennes de 25,4 l'avant-midi et de 19,6 l'après-midi) et pour les chevaliers blancs (CPUE moyennes de 7,8 l'avant-midi et de 2,4 l'après-midi) (Tableau 2.5).

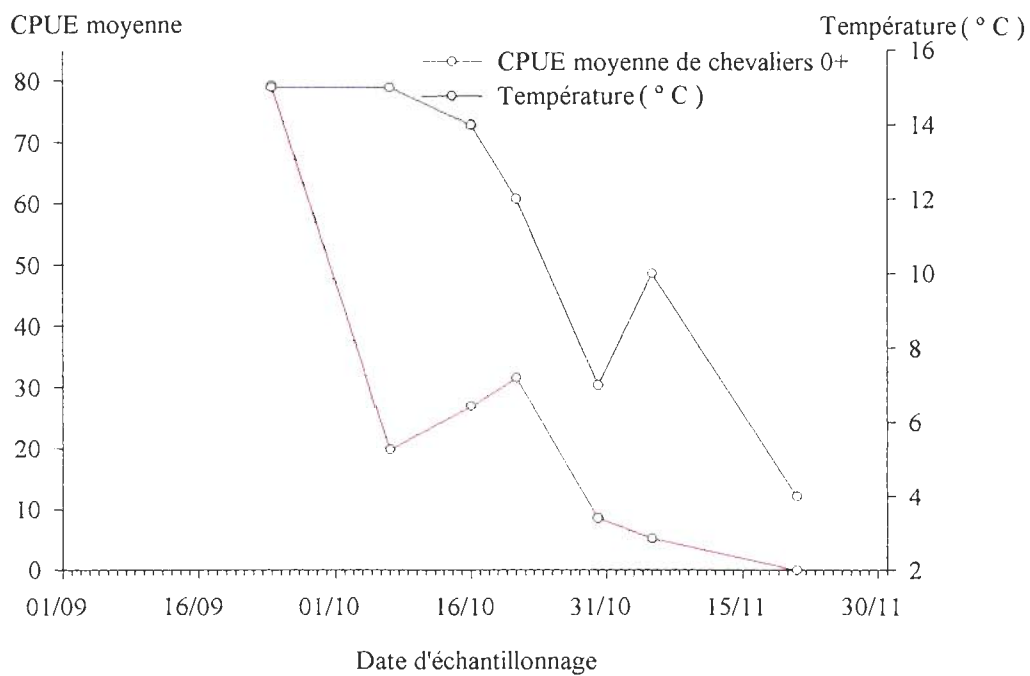


Figure 2.3. Évolution de la température de l'eau et des CPUE moyennes par date d'échantillonnage de chevaliers juvéniles 0+ entre le 24 septembre et le 21 novembre 1997 dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu.

Tableau 2.5. Comparaison des captures moyennes par coup de seine (moy) de chevaliers 0+ et 1+ en fonction de la période de la journée (AM, PM et soirée). Les captures moyennes en caractères gras sont statistiquement différentes (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre deux périodes de la journée (AM versus PM ou jour versus soir). En 1997, seules les stations ne présentant pas de spécimens non identifiés ont été retenues pour ces comparaisons. Total : ensemble des chevaliers, σ : écart type.

	Chevaliers 0+ 1997				Chevaliers 1+ 1998								Chevaliers 0+ 1998							
	Saint-Marc Saint-Ours				Saint-Marc								Saint-Marc							
Effectif	1814				1431								572							
Date de pêche	29 juillet au 5 novembre				25 au 28 mai 8 au 12 juin								21 au 24 septembre							
Période de pêche	AM		PM		AM		PM		Jour (AM et PM)		Soir		AM		PM		Jour (AM et PM)		Soir	
Nombre de coups de seine	36		46		21		60		81		17		20		30		50		8	
Espèce	moy	σ	moy	σ	moy	σ	moy	σ	moy	σ	moy	σ	moy	σ	moy	σ	moy	σ	moy	σ
Rouge	14,97	17,95	13,78	26,04	9,20	14,76	8,53	13,63	8,70	13,84	3,57	9,72	2,60	3,56	9,87	11,25	5,16	9,18	4,38	5,42
Blanc	7,78	14,22	2,41	5,17	0,83	1,01	0,63	1,34	0,68	1,26	0,74	2,48	2,00	4,09	3,87	6,85	3,12	5,93	1,50	2,51
Jaune	1,33	3,82	1,70	4,27	0,63	1,15	0,33	0,89	0,42	0,97	0,22	0,44	0,11	0,32	0,43	1,14	0,31	0,92	0,38	0,74
Rivière	1,17	1,75	1,52	5,56	0,91	1,10	0,41	0,89	0,54	0,96	0,31	0,53	0	0	0,03	0,18	0,02	0,14	0	0
Cuivré	0,13	0,42	0,15	0,42	0,03	0,13	0,01	0,08	0,01	0,09	0	0	0	0	0,03	0,18	0,02	0,14	0	0
Total	25,39	29,14	19,57	34,18	11,60	16,16	9,93	15,41	10,36	15,52	4,90	12,53	4,70	7,09	11,23	18,51	8,62	15,26	6,25	8,40

Chez les chevaliers 1+ du printemps 1998 (mai et juin), la comparaison des CPUE moyennes entre le jour (10:00 AM à 18:59 PM) et la soirée (19:00 PM à 21:00 PM) indique que ces dernières sont un peu plus élevées le jour et les différences sont significatives pour les chevaliers rouges et l'ensemble des spécimens (toutes espèces confondues). Pour ces mêmes spécimens, les CPUE moyennes sont très légèrement supérieures l'avant-midi par rapport à l'après-midi (significatif seulement pour le chevalier de rivière) (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) (Tableau 2.5).

Enfin, pour les chevaliers 0+ de 1998, récoltés du 21 au 24 septembre dans le cadre d'un échantillonnage systématique, les CPUE moyennes de chevaliers sont légèrement plus élevées le jour (10:00 AM à 18:15 PM) qu'en soirée (18:15 PM à 19:15 PM) comme chez les juvéniles 1+ du printemps. Cependant, contrairement à ces derniers, les CPUE moyennes de chevaliers 0+ se sont avérées un peu plus élevées l'après-midi qu'en matinée. Par contre, aucune différence statistique n'a pu être mise en évidence (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) (Tableau 2.5).

2.3.4 Variations au niveau de la distribution spatiale des chevaliers 0+ et 1+

Seules les CPUE moyennes des stations localisées au niveau des rives gauche et droite ont été comparées statistiquement dans les différents secteurs car, dans le secteur de Saint-Marc, nous ne disposons que de huit stations localisées au niveau des îles (Jeannotte et aux Cerfs) comparativement à 16 stations à chacune des rives. De même, pour ces comparaisons (entre rives) dans le secteur de Saint-Ours, les trois stations situées au niveau du bras d'eau de l'île Deschaillons ont été exclues. Les CPUE moyennes calculées pour les stations localisées aux îles seront tout de même présentées.

Durant l'échantillonnage systématique de 1997 mené en vue de caractériser l'habitat des chevaliers juvéniles 0+ dans les secteurs de Saint-Marc (29 juillet au 12 août, 40 stations) et de Saint-Ours (26 août au 15 septembre, 43 stations), les CPUE moyennes de chevaliers ont été équivalentes entre les secteurs soit de 17,1 et 19,5 chevaliers par coup de seine respectivement pour ces deux secteurs (aucune différence statistique : test de Kruskal-Wallis, $p = 0,7183$). Pour cette même période, la comparaison des CPUE moyennes entre les stations en rives gauche et droite révèle que, dans le secteur de Saint-Marc, les CPUE moyennes de chevaliers 0+ (considérés globalement en incluant ceux qui ne sont pas identifiés à l'espèce) sont nettement plus élevées aux stations en rive gauche (27,63) qu'en rive droite (4,50) (test de Kruskal-Wallis, $p = 0,0004$) mais sont équivalentes aux CPUE moyennes de chevaliers au stations localisées au niveau des îles (Jeannotte et aux Cerfs) qui s'élèvent à 23,8. Par

contre, dans le secteur de Saint-Ours, les chevaliers 0+ ne fréquentent pas préférentiellement l'une ou l'autre des rives, les CPUE moyennes étant de 19,3 aux stations en rive gauche et de 22,2 en rive droite (test de Kruskal-Wallis, $p = 0,7447$). En outre, aucune tendance particulière, quant à la fréquentation des rives, n'a été décelée pour une espèce donnée de même que pour les chevaliers récoltés au mois de septembre et d'octobre dans ce secteur (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$).

Cette tendance à l'effet que les chevaliers fréquentent davantage la rive gauche que la rive droite dans le secteur de Saint-Marc se manifeste pour l'ensemble des chevaliers 0+ de 1997 si nous considérons l'ensemble des stations où tous les chevaliers ont pu être identifiés (12 août au 5 novembre) de même que chez les chevaliers 0+ et 1+ de 1998 récoltés au cours des échantillonnages systématiques du printemps et de l'automne (Tableau 2.6). Dans le cas des chevaliers 0+ de 1997, bien que les CPUE moyennes (des différentes espèces et de l'ensemble des chevaliers) aux stations en rive gauche et aux îles soient toutes supérieures à celles en rive droite, aucune différence statistique n'a été mise en évidence (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$). Ceci est probablement attribuable au nombre restreint de stations. Rappelons que tous les chevaliers n'ont pu être identifiés qu'à sept stations visitées le 12 août au cours de l'échantillonnage systématique (40 stations) et de la caractérisation de l'habitat (29 juillet au 12 août) et que, par la suite, les pêches menées de septembre à novembre n'ont été réalisées que sur quelques stations les plus productives localisées exclusivement en rive gauche et aux îles. Cependant, en incluant ceux qui ne sont pas identifiés à l'espèce, nous observons la même tendance (plus grande abondance de chevaliers en rive gauche qu'en rive droite) que pour l'ensemble des spécimens 0+ de 1997 récoltés dans le cadre de la campagne systématique du 29 juillet au 12 août (voir plus haut).

Pour les chevaliers 0+ et 1+ de 1998, seules les stations visitées dans le cadre des campagnes d'échantillonnage systématique ont été considérées ($n = 40$). Pour ces spécimens, les tendances se manifestent clairement. Les CPUE moyennes en rive gauche et aux îles sont supérieures à celles en rive droite et ce, pour toutes les espèces (sauf les chevaliers de rivière 1+) et pour l'ensemble des chevaliers 0+ et 1+ (Tableau 2.6). Chez les juvéniles 0+ de 1998, les CPUE moyennes de l'ensemble des chevaliers en rive gauche (9,75) sont nettement supérieures à celles en rive droite (2,13) (test de Kruskal-Wallis, $p = 0,0006$) et s'élèvent à 10,05 aux îles. Il en est de même pour les chevaliers 1+ du printemps 1998 pour lesquels les CPUE moyennes sont de 5,46 en rive gauche, de 0,98 en rive droite (test de Kruskal-Wallis, $p = 0,0481$) et de 7,47 aux îles. Par espèce, des différences significatives entre les CPUE au niveau des rives gauche et droite ont été mises en évidence (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) pour les chevaliers rouge et blanc 0+ de même que pour les chevaliers rouges 1+ (Tableau 2.6).

Tableau 2.6. Comparaison des CPUE moyennes (moy) des juvéniles 0+ et 1+ des cinq espèces de chevalier entre les stations localisées en rives gauche et droite et aux îles (Jeannotte et aux Cerfs) pour le secteur de Saint-Marc. Pour 1997, seules les stations où tous les spécimens ont pu être identifiés ont été considérées. Pour 1998, seules les stations faisant partie de l'échantillonnage systématique (n = 40) ont été retenues. Les analyses statistiques portent sur les CPUE moyennes entre les rives gauche et droite. Les CPUE moyennes en caractères gras sont statistiquement différentes entre les rives gauche et droite à une période donnée (test de Kruskal-Wallis, p < 0,05). Total : ensemble des chevaliers, σ : écart type.

	Chevaliers 0+ 1997 Identifiés						Chevaliers 0+ 1998						Chevaliers 1+ 1998					
Date	12 août au 5 novembre						21 au 24 septembre						25 au 28 mai					
Rive	Droite		Gauche		Îles		Droite		Gauche		Îles		Droite		Gauche		Îles	
Nombre de stations	5		6		3		16		16		8		16		16		8	
Espèce	moy	σ	moy	σ	moy	σ	moy	σ	moy	σ	moy	σ	moy	σ	moy	σ	moy	σ
Rouge	2,80	5,17	11,52	19,55	22,52	10,37	0,94	2,40	6,25	6,80	6,13	8,55	0,75	1,67	4,64	9,56	5,38	8,20
Blanc	0	0	0,33	0,52	1,74	1,29	1,13	2,83	3,19	3,04	2,73	5,51	0	0	0,61	2,44	0,75	1,20
Jaune	0,60	0,89	1,57	2,03	6,66	1,97	0,07	0,26	0,25	0,45	1,06	2,04	0,05	0,19	0,05	0,19	0,84	1,56
Rivière	0,20	0,45	3,58	5,35	1,46	0,68	0	0	0	0	0,13	0,35	0,19	0,43	0,16	0,31	0,50	1,04
Cuivré	0	0	0,39	0,49	0,50	0,50	0	0	0,06	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	3,60	5,27	17,39	24,28	32,89	10,77	2,13	5,25	9,75	9,64	10,05	16,23	0,98	2,06	5,46	12,22	7,47	11,05

Globalement, les distributions de fréquence des captures par coup de seine des jeunes chevaliers passent par un maximum aux valeurs inférieures à dix et présentent une grande asymétrie vers les valeurs les plus élevées. Le nombre moyen de chevaliers 0+ et 1+ capturés par coup de seine varie selon les années et s'échelonne de 8,7 à 24,7 (Figure 2.4). Pour tous les cas considérés soit : les chevaliers 0+ de 1997 (ensemble des spécimens et par secteur) et les chevaliers 0+ et 1+ de 1998, les captures ne sont pas normalement distribuées (test de Shapiro-Wilk W , $p < 0,0001$) et le ratio variance / moyenne est nettement supérieur à un (variant de 15,2 à 48,9) (Figure 2.4). En outre, comme aucune de ces distributions de fréquence des captures de jeunes chevaliers ne s'est avérée conforme à une distribution de Poisson ou à une distribution uniforme (test de Kolmogorov-Smirnov, $p < 0,0001$), elles peuvent donc être considérées comme étant conformes à une distribution contagieuse.

Enfin, aucun chevalier 1+ n'a été capturé en zone profonde lors des quelques coups de seine donnés au large de la station 22A (île Jeannotte) avec la grande seine coulissante, dans des profondeurs de deux à quatre mètres. Cependant, plusieurs chevaliers adultes et juvéniles (âgés de plus de deux ans) ont été capturés dont un chevalier cuivré (longueur totale : 530 mm) et un chevalier de rivière (longueur totale : 520 mm) ainsi que 13 chevaliers blancs et un chevalier rouge dans le même coup de seine, le 3 juin, alors que la température de l'eau était de 16 °C. La capture de chevaliers cuivré et de rivière adultes à la seine constitue vraisemblablement une première au Canada. En ce qui concerne le chevalier cuivré, suite à l'examen de la photographie, selon la forme de la nageoire pelvienne, il s'agirait probablement d'une femelle (Dr R. E. Jenkins, professeur Roanoke College Virginie, communication personnelle). Voir l'Annexe 8 pour de plus amples renseignements (taille, sexe, stade de maturité sexuelle et pathologies) concernant les spécimens (famille des Catostomidés) capturés au cours de ces pêches exploratoires.

2.3.5 Caractérisation de l'habitat

Chevaliers 0+ capturés en 1997

Pour les chevaliers 0+ de 1997, la plupart des corrélations (Spearman) entre le nombre total de chevaliers capturés et les valeurs des diverses variables environnementales, bien que faibles dans l'ensemble, ont été significatives surtout avec les variables décrivant les caractéristiques physiques des stations (profondeurs, pente) et, occasionnellement avec la densité de la végétation ainsi qu'avec quelques espèces de macrophytes.

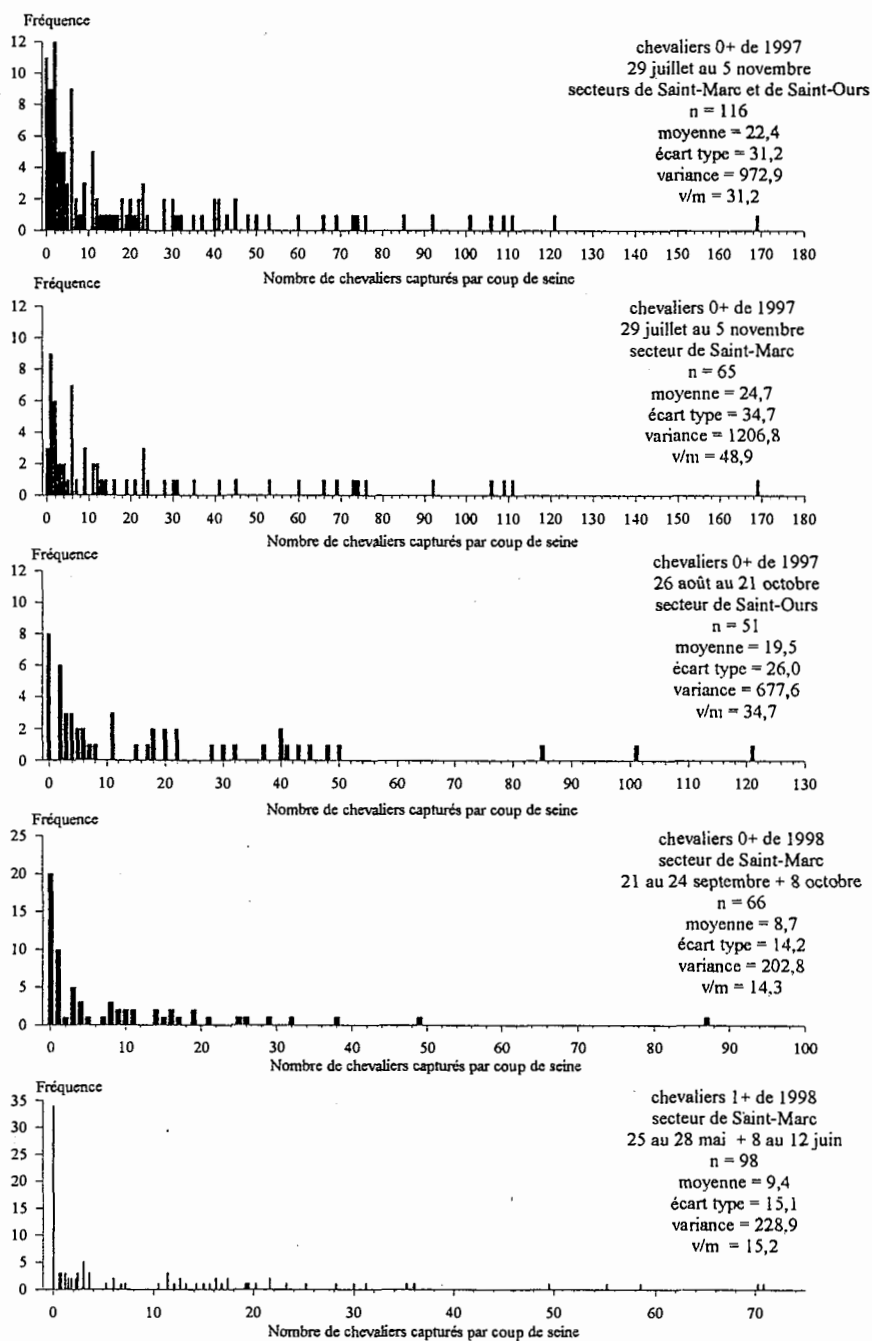


Figure 2.4. Distribution de fréquence des captures par coup de seine des juvéniles 0+ et 1+ de chevalier dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu en 1997 et 1998. n : nombre de coups de seine, v/m : rapport de la variance sur la moyenne.

De façon générale, les captures totales de chevaliers 0+ ainsi que celles des chevaliers rouge et blanc sont inversement corrélées avec les profondeurs et les pentes ($-0,31 < r_s < -0,54$ pour les profondeurs et les pentes) (Tableau 2.7). Le fait que les corrélations entre les captures de chevaliers 0+ et les profondeurs de même que les pentes soient plus souvent significatives dans le secteur de Saint-Ours reflète possiblement la plus grande variabilité au niveau des caractéristiques physiques des stations dans ce secteur par rapport à celles de la région de Saint-Marc. En effet, les profondeurs et les pentes sont en général plus élevées aux stations localisées dans le secteur de Saint-Ours. De même, dans ce dernier secteur, les profondeurs et les pentes sont en général de plus en plus élevées de l'amont vers l'aval et ce, particulièrement dans la section couvrant les dix derniers kilomètres avant la confluence avec le Fleuve Saint-Laurent.

En ce qui concerne la transparence de l'eau (Secchi) et le recouvrement végétal, ces dernières se sont avérées inversement corrélées aux captures de chevaliers 0+ dans le secteur de Saint-Marc mais positivement corrélées aux captures totales de chevaliers 0+ (densité de la végétation) et de chevaliers blancs (transparence de l'eau) dans le secteur de Saint-Ours. Des corrélations significatives (positives) ($p < 0,05$) ont été enregistrées entre les captures totales de chevaliers et l'abondance de la vallisnérie (*Vallisneria americana*) et du *Potamogeton zosteriformis* dans le secteur de Saint-Ours. Par espèce, les corrélations sont significatives (positives) entre les captures de chevaliers blancs et l'abondance de la vallisnérie et des *Potamogeton zosteriformis et crispus*. De même, les captures de chevaliers rouges sont positivement corrélées à l'abondance de la vallisnérie (Tableau 2.7). Toutes ces corrélations doivent cependant être interprétées avec prudence puisque seule la corrélation entre la profondeur à 6 m et les captures totales de chevaliers 0+ pour l'ensemble des stations ($n = 83$) (secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours considérés globalement) demeure significative après l'application de la correction de Bonferroni (Tableau 2.7).

À l'été 1997, la présence de chevaliers 0+ a été enregistrée à 75 des 83 stations (secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours). Des huit stations où ils étaient absents, une se trouve dans le secteur de Saint-Marc et les autres dans le secteur de Saint-Ours, le plus souvent dans la section la plus en aval (i.e. plus près de l'embouchure du Fleuve Saint-Laurent). Aux stations où les chevaliers 0+ ont été capturés, les profondeurs au centre du coup de seine, moyenne et maximale sont plus faibles, la pente de 0 à 12 m de la rive (pente 1) est moins prononcée et la densité de la végétation est plus élevée (tests de Kruskal-Wallis, $p < 0,01$).

Tableau 2.7. Résultats des analyses de corrélation (corrélations de Spearman, $p < 0,05$) entre le nombre total de chevaliers 0+ capturés en 1997 aux diverses stations caractérisées et les différentes variables environnementales. Les résultats sont présentés pour l'ensemble des chevaliers (toutes espèces confondues) des secteurs de Saint-Marc (40 stations échantillonnées du 29 juillet au 12 août) et de Saint-Ours (43 stations échantillonnées du 26 août au 15 septembre) conjointement et séparément de même que par espèce pour les chevaliers capturés dans le secteur de Saint-Ours. SM : Saint-Marc, SO : Saint-Ours, seuil statistique : résultat de l'analyse de la corrélation de Spearman, $p < 0,05$, n.s : non significatif, * : $p < 0,05$, ** : $p < 0,01$, *** : $p < 0,0001$, a : données non disponibles pour cette variable, r_s : coefficient de corrélation de Spearman. Seule la corrélation en caractères gras demeure significative après l'application de la correction de Bonferroni.

SECTEUR	Ensemble des chevaliers : toutes espèces confondues			Rouge	Blanc	Rivière
	SM SO	SM	SO	SO		
EFFECTIF	1541	704	837	501	304	30
VARIABLE	Seuil statistique et coefficient de corrélation de Spearman					
Continues						
Profondeur à 6 m (centre) (m)	***	n.s	**	**	**	n.s
r_s	-0,4309		-0,5196	-0,4559	-0,5389	
Profondeur à 12 m (maximale) (m)	n.s	n.s	*	*	n.s	n.s
r_s			-0,3216	-0,3667		
Profondeur à 24 m (m)	a	**	a	a	a	a
r_s		-0,4220				
Profondeur moyenne (m)	n.s	n.s	*	*	n.s	n.s
r_s			-0,3243	-0,3692		
Pente 1 (0 à 12 m) (degré)	n.s	n.s	*	*	n.s	n.s
r_s			-0,3189	-0,3633		
Pente 2 (12 à 24 m) (degré)	a	*	a	a	a	a
r_s		-0,3960				
Secchi (m)	n.s	**	n.s	n.s	*	n.s
r_s		-0,4550			0,3277	
Vitesse du courant (m / s)	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
r_s						
Ordinales (cote)						
Substrat à 2 m	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
r_s						
Substrat à 6 m	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
r_s						
Débris organiques à 2 m	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
r_s						
Débris organiques à 6 m	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
r_s						
Densité de la végétation	n.s	*	*	*	**	n.s
r_s		-0,3236	0,3616	0,3130	0,4167	

Tableau 2.7. (suite)

SECTEUR	Ensemble des chevaliers : toutes espèces confondues			Rouge	Blanc	Rivière
	SM et SO	SM	SO	SO		
EFFECTIF	1541	704	837	501	304	30
VARIABLE	Seuil statistique et coefficient de corrélation de Spearman					
<i>Vallisneria americana</i>	r_s n.s.	n.s.	*	*	*	n.s.
			0,3784	0,3637	0,3719	
<i>Elodea canadensis</i>	r_s n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Potamogeton pectinatus</i>	r_s n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Potamogeton zosteriformis</i>	r_s n.s.	*	*	n.s.	**	n.s.
		-0,3236	0,3111		0,4309	
<i>Potamogeton crispus</i>	r_s n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.
					0,3079	
<i>Potamogeton spp.</i>	r_s n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Myriophyllum exalbescens</i>	r_s n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Sparganium spp.</i>	r_s n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Nymphaea tuberosa</i>	r_s n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Nymphaea spp.</i>	r_s n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Ceratophyllum demersum</i>	r_s n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Sagittaria latifolia</i>	r_s n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Sagittaria rigida</i>	r_s n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Scirpus spp.</i>	r_s n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Lemna minor</i>	r_s n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Algues filamenteuses	r_s n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Périphyton	r_s n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

N.B : Les corrélations par espèce ont été calculées pour le secteur de Saint-Ours seulement car tous les spécimens ont pu être identifiés à l'espèce. Pour ce secteur, les corrélations pour les chevaliers jaune et cuivré n'ont pas été calculées car un seul spécimen de chaque espèce a été capturé.

De même, à ces stations (présence de chevaliers) le substrat à 6 m de la rive est plus fin et les cotes moyennes de *Vallisneria americana* et de *Potamogeton pectinatus* sont plus élevées (tests de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) (Tableau 2.8). Pour les spécimens capturés dans ces deux secteurs en 1997, la profondeur au centre du coup de seine (6 m de la rive) est la seule variable qui affiche une corrélation (Spearman) significative (négative) avec le nombre total de chevaliers ($r_s = - 0,43$, $p < 0,0001$) et demeure significative après l'application de la correction de Bonferroni (Tableau 2.7).

Le portrait global (moyen) des stations où les jeunes chevaliers 0+ (secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours) ont été trouvés est le suivant : profondeur au centre du coup de seine de 0,68 m, profondeurs maximale de 2,23 m et moyenne de 1,15 m; pente de 0 à 12 m de la rive faible : environ 10°; substrat fin à 6 m de la rive (cote moyenne de 2) composé d'un mélange d'argile-limon (dominant) et de sable (voir Tableau 2.2); enfin, densité de la végétation variant de 11 à 25 % (cote moyenne d'environ 2), nettement dominée par la vallisnérie (*Vallisneria americana*) suivie par ordre décroissant de l'élodée (*Elodea canadensis*) et des *Potamogeton zosteriformis* et *pectinatus* (Tableau 2.8).

La comparaison des CPUE moyennes de chevaliers 0+ (secteurs Saint-Marc et Saint-Ours) entre les différentes classes de descripteurs environnementaux ne permet pas de dégager de tendances pour la vitesse du courant, la densité de la végétation et la transparence de l'eau (Secchi) (Figure 2.5 A, E, G). Au niveau des vitesses du courant, soulignons qu'au moment de l'échantillonnage, elles ont été très faibles soit, en moyenne de 0,023 m / s (variant de 0 à 0,094 m / s). Bien qu'aucune différence statistique n'ait été mise en évidence entre les CPUE moyennes de chevaliers pour les différentes classes de recouvrement végétal (test de Kruskal-Wallis, $p = 0,2202$), ces dernières sont beaucoup plus faibles aux stations où le recouvrement végétal est supérieur à 75 % (4,3 chevaliers par coup de seine) comparativement aux autres classes où les CPUE moyennes varient de 14,7 à 25,7 chevaliers par coup de seine (Figure 2.5 E).

Les chevaliers 0+ ont été capturés en plus grand nombre aux profondeurs plus faibles. Des différences significatives ont été mises en évidence (ANOVA, $p = 0,0005$) entre les CPUE moyennes de chevaliers aux différentes classes de profondeurs à 6 m de la rive (centre du coup de seine). Les CPUE sont nettement supérieures aux profondeurs inférieures à 0,5 m (32,5 chevaliers par coup de seine) comparativement aux autres classes où elles varient de 12 à 14,6 (test de Tukey-Kramer, $p < 0,05$) (Figure 2.5 D).

Tableau 2.8. Comparaison des caractéristiques environnementales entre les stations où des chevaliers 0+ ont été capturés (n = 75) et celles où ils étaient absents (n = 8) dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu à l'été 1997. Les pêches et la caractérisation ont été menées du 29 juillet au 12 août dans le secteur de Saint-Marc (40 stations) et du 26 août au 15 septembre (43 stations). Moy : moyenne, σ : écart type, seuil statistique : résultat du test de comparaison de moyennes (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), n.s : non significatif, * : $p < 0,05$, ** : $p < 0,01$.

VARIABLE	Stations avec chevaliers 0+ (n = 75)		Stations sans chevalier 0+ (n = 8)		Test de Kruskal-Wallis
	moy	σ	moy	σ	Seuil statistique
Continues					
Profondeur à 6 m (centre) (m)	0,68	0,29	1,05	0,45	**
Profondeur à 12 m (maximale) (m)	2,23	1,13	4,53	2,20	**
Profondeur moyenne (m)	1,15	0,55	2,27	1,10	**
Pente 1 (0 à 12 m) (degré)	10,07	5,36	20,19	8,95	**
Secchi (m)	0,78	0,27	0,83	0,15	n.s
Vitesse du courant (m / s)	0,022	0,021	0,037	0,034	n.s
Ordinales (cote)					
Substrat à 2 m	3,58	2,84	3,44	3,68	n.s
Substrat à 6 m	2,07	1,46	4,00	3,46	*
Débris organiques à 2 m	0,37	0,59	0	0	n.s
Débris organiques à 6 m	0,33	0,47	0	0	n.s
Densité de la végétation	2,08	1,30	0,71	1,10	**
<i>Vallisneria americana</i>	4,12	1,69	1,75	2,43	*
<i>Elodea canadensis</i>	1,87	2,06	0,63	1,77	n.s
<i>Potamogeton pectinatus</i>	1,16	1,68	0	0	*
<i>Potamogeton zosteriformis</i>	1,43	1,78	0,25	0,71	n.s
<i>Potamogeton crispus</i>	0,48	1,21	0,63	1,77	n.s
<i>Potamogeton spp.</i>	0,08	0,43	0,13	0,35	n.s
<i>Myriophyllum exalbescens</i>	0,56	1,24	0,13	0,35	n.s
<i>Sparganium spp.</i>	0,01	0,12	0	0	n.s
<i>Nymphaea tuberosa</i>	0,01	0,12	0	0	n.s
<i>Nymphaea spp.</i>	0,05	0,46	0	0	n.s
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,07	0,30	0	0	n.s
<i>Sagittaria latifoliae</i>	0,19	0,83	0	0	n.s
<i>Sagittaria rigida</i>	0,04	0,26	0	0	n.s
<i>Scirpus spp.</i>	0,05	0,28	0	0	n.s
<i>Lemna minor</i>	0,05	0,46	0	0	n.s
Algues filamenteuses	1,44	1,65	1,63	2,32	n.s
Périphyton	0,40	1,09	0,62	1,77	n.s

N.B : La profondeur à 24 m de la rive ainsi que la pente 2 (12 à 24 m de la rive) ne sont pas présentées car ces données ne sont pas disponibles pour le secteur de Saint-Ours.

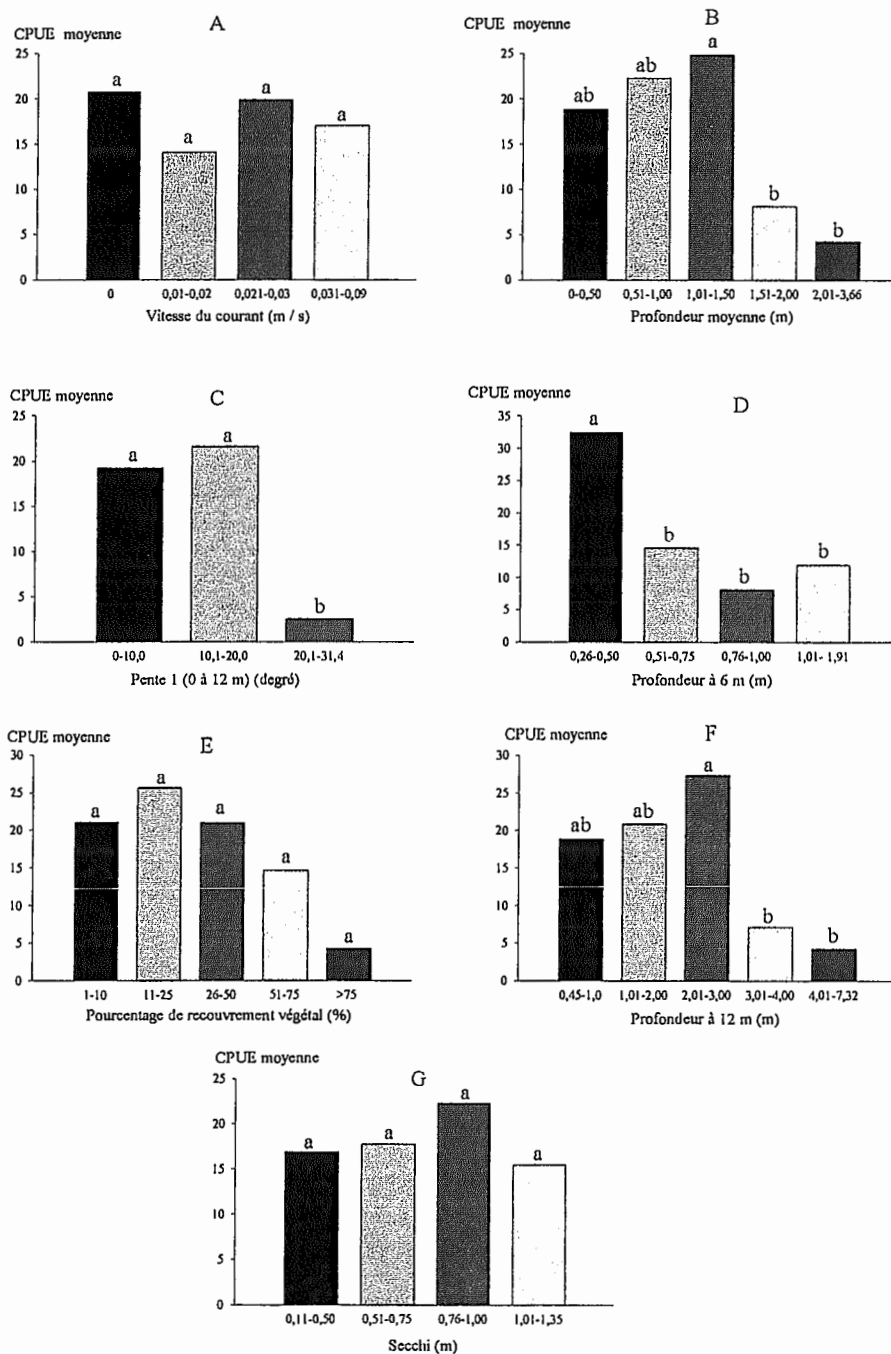


Figure 2.5. Comparaison des CPUE moyennes de chevaliers juvéniles 0+ capturés en 1997 dans les secteurs de Saint-Marc (du 29 juillet au 12 août) et de Saint-Ours (du 26 août au 15 septembre) selon différentes classes de variables environnementales. Les classes affichant les mêmes lettres ne diffèrent pas statistiquement au niveau des CPUE moyennes, $p > 0,05$ (tests de Kruskal-Wallis ou ANOVA et / ou test de Tukey-Kramer).

Les CPUE moyennes de chevaliers 0+ sont supérieures aux stations affichant des profondeurs moyennes inférieures à 1,6 m et des profondeurs maximales (à 12 m de la rive) inférieures à 3,1 m. Pour ces deux variables, seules les CPUE des classes intermédiaires (2,1 à 3,0 m pour la profondeur maximale et 1,1 à 1,5 m pour la profondeur moyenne) se sont avérées statistiquement différentes des classes regroupant les profondeurs plus élevées (test de Tukey-Kramer, $p < 0,05$) (Figure 2.5 B et F).

Les CPUE moyennes de chevaliers 0+ sont nettement supérieures aux stations où les pentes de 0 à 12 mètres (pente 1) sont plus faibles. Aux stations où les pentes 1 sont de 0° à 10° et de $10,1^\circ$ à 20° les CPUE moyennes (19,2 et de 21,6 chevaliers 0+ par coup de seine respectivement) se sont avérées statistiquement plus élevées par rapport à celles dont les pentes 1 sont supérieures à 20° ($20,1^\circ$ à $31,4^\circ$) pour lesquelles les CPUE moyennes sont de 2,5 (test de Tukey-Kramer, $p < 0,05$) (Figure 2.5 C).

Enfin, bien que les CPUE moyennes de chevaliers 0+ soient légèrement supérieures aux stations où le substrat à 6 m de la rive est constitué d'un mélange argile-limon et sable (à prédominance de sable) par rapport aux mélanges à prédominance d'argile-limon, aucune différence statistique n'a été mise en évidence (test de Kruskal-Wallis, $p = 0,4991$). Pour les stations où le substrat à 6 m de la rive est à prédominance de sable, les CPUE moyennes sont de 21,3 chevaliers et elles sont de 14,9 aux stations où l'argile et le limon dominent. Les mêmes conclusions se dégagent des analyses concernant le substrat à deux mètres de la rive.

La comparaison des CPUE moyennes de chevaliers 0+ en 1997 pour les mêmes classes de ces variables environnementales, en considérant les secteurs individuellement (Saint-Marc et Saint-Ours), reflète généralement les mêmes tendances que celles observées globalement pour les deux secteurs. Les chevaliers 0+ ont été capturés en plus grand nombre aux stations dont les profondeurs moyennes sont inférieures à 1,5 m, les profondeurs à 6 m de la rive inférieures à 0,5 m et les profondeurs maximales (12 m) inférieures à 3,1 m.

Par contre, en ce qui concerne la transparence de l'eau, bien que les différences ne soient pas significatives, les CPUE moyennes se sont avérées supérieures dans le secteur de Saint-Ours aux stations affichant les valeurs de Secchi les plus élevées alors que dans le secteur de Saint-Marc le contraire a été observé. Par exemple, à Saint-Marc, 4,8 chevaliers ont été capturés pour la classe de Secchi la plus élevée soit 1,01 m à 1,35 m comparativement à 27,3 dans le secteur de Saint-Ours pour

cette même catégorie. Les CPUE moyennes de chevaliers 0+ entre les différentes catégories de pente 1 dans le secteur de Saint-Ours affichent les mêmes tendances que celles observées pour les deux secteurs considérés globalement. Par contre dans le secteur de Saint-Marc aucune différence significative n'a été relevée, ce qui résulte probablement de la moins grande variabilité des pentes 1 pour ce secteur (inférieures à 16°) comparativement au secteur de Saint-Ours où elles variaient de 2° à 31,4°. En ce qui concerne la profondeur à 24 m de la rive et la pente 2 (12 m à 24 m), ces données ont pu être analysées dans le secteur de Saint-Marc car nous disposons des courbes bathymétriques pour chacune des stations. Bien qu'il ait été impossible d'établir des différences claires entre les CPUE moyennes pour les quatre classes de profondeur à 24 m, les CPUE moyennes ont été beaucoup plus faibles aux stations dont les profondeurs à 24 m sont supérieures à 3,5 m (2,8 chevaliers par coup de seine); comparativement, elles s'élevaient à 19,5 chevaliers (0 à 1,5 m), 21 chevaliers (1,51 à 2,5 m) et 24,2 chevaliers (2,51 à 3,5 m). Enfin aucune différence significative n'a été clairement mise en évidence entre les CPUE moyennes des classes de pente 2 (12 m à 24 m). Soulignons que la variabilité de la pente 2 est faible dans le secteur de Saint-Marc (-5,7° à 17,3°).

La comparaison des caractéristiques environnementales entre les stations localisées en rive gauche et celles en rive droite (16 stations par rive) dans le secteur de Saint-Marc a mis en évidence quelques différences. Rappelons que les CPUE moyennes de chevaliers 0+ en 1997 capturés du 29 juillet au 12 août, sont de 27,63 chevaliers par coup de seine (rive gauche) et de 4,50 (rive droite) (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,01$). Aux stations localisées en rive gauche, la valeur de la transparence de l'eau mesurée au disque de Secchi (0,73 m) est légèrement plus faible et le courant légèrement plus élevé (0,036 m / s) comparativement à celles en rive droite pour lesquelles des valeurs de 0,91 m (Secchi) et de 0,013 m / s ont été enregistrées (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) (Tableau 2.9). La densité de la végétation (cote moyenne de 2,05 équivalant environ à un recouvrement végétal de l'ordre de 11 à 25 %) de même que l'abondance de *Potamogeton zosteriformis* sont plus faibles aux stations de la rive gauche par rapport celles de la rive droite où la cote moyenne de la densité de la végétation est de 3,29 (soit de 26 à 50 %) (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,01$). Enfin, des différences ont été relevées entre le substrat à 6 m de la rive. Aux stations localisées en rive gauche le substrat est plutôt composé d'argile-limon (cote moyenne de 1) et en rive droite, d'un mélange d'argile-limon et de sable (cote moyenne de 2,06) (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,01$) (Tableau 2.9). Comme les valeurs des variables environnementales suivantes : profondeurs, pentes et substrat ont été utilisées pour faire le même type de comparaison pour les juvéniles 0+ et 1+ capturés aux mêmes stations en 1998, les résultats ne seront pas à nouveau présentés pour ces variables.

Tableau 2.9. Comparaison des caractéristiques environnementales et des CPUE moyennes de juvéniles 0+ de chevaliers (incluant les spécimens non identifiés) entre les stations localisées en rive gauche et en rive droite dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu. Les pêches et la caractérisation ont été menées du 29 juillet au 12 août 1997 (16 stations par rive). Moy : moyenne, σ : écart type, seuil statistique : résultat du test de comparaison de moyennes (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), n.s : non significatif, * : $p < 0,05$, ** : $p < 0,01$.

	Stations en rive droite		Stations en rive gauche		Test de Kruskal-Wallis
CPUE moyennes	4,50		27,63		**
VARIABLE	moy	σ	moy	σ	Seuil statistique
Continues					
Profondeur à 6 m (centre) (m)	0,78	0,22	0,76	0,34	n.s
Profondeur à 12 m (maximale) (m)	1,57	0,79	1,89	0,77	n.s
Profondeur à 24 m (m)	2,66	1,31	2,84	1,18	n.s
Profondeur moyenne (m)	0,79	0,39	1,04	0,41	n.s
Pente 1 (0 à 12 m) (degré)	7,35	3,76	8,12	3,61	n.s
Pente 2 (0 à 24 m) (degré)	5,17	4,70	4,49	4,94	n.s
Secchi (m)	0,91	0,27	0,73	0,27	*
Vitesse du courant (m / s)	0,013	0,010	0,036	0,030	*
Ordinales (cote)					
Substrat à 2 m	4,00	3,00	2,36	2,33	n.s
Substrat à 6 m	2,06	1,53	1,00	0	**
Débris organiques à 2 m	0,44	0,73	0,25	0,58	n.s
Débris organiques à 6 m	0,50	0,52	0,31	0,48	n.s
Densité de la végétation	3,29	1,11	2,05	1,27	**
<i>Vallisneria americana</i>	4,13	1,67	3,81	1,97	n.s
<i>Elodea canadensis</i>	3,50	1,71	2,38	2,25	n.s
<i>Potamogeton pectinatus</i>	1,50	1,79	2,00	2,16	n.s
<i>Potamogeton zosteriformis</i>	2,00	1,26	0,63	1,26	**
<i>Potamogeton crispus</i>	0,06	0,25	0	0	n.s
<i>Potamogeton spp.</i>	0,44	0,89	0	0	*
<i>Myriophyllum exalbescens</i>	0,69	1,14	0,31	0,79	n.s
<i>Sparganium spp.</i>	0	0	0	0	n.s
<i>Nymphaea tuberosa</i>	0	0	0	0	n.s
<i>Nymphaea spp.</i>	0	0	0,25	1,00	n.s
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,06	0,25	0	0	n.s
<i>Sagittaria latifoliae</i>	0	0	0	0	n.s
<i>Sagittaria rigida</i>	0	0	0	0	n.s
<i>Scirpus spp.</i>	0	0	0	0	n.s
<i>Lemna minor</i>	0	0	0	0	n.s
Algues filamenteuses	1,63	1,78	1,50	1,71	n.s
Périphyton	0,25	0,77	0,13	0,50	n.s

Chevaliers 0+ capturés à l'automne 1998

L'étude de l'habitat fréquenté par les chevaliers 0+ à l'automne 1998 ne permet pas de dégager de tendances claires. Soulignons qu'au total, seulement 481 spécimens ont été capturés dans le cadre des pêches effectuées en vue de la caractérisation de l'habitat. Les points les plus saillants des analyses sont présentés à titre indicatif. Comme pour les chevaliers 0+ capturés en été dans le secteur de Saint-Marc en 1997 (29 juillet au 12 août) (Tableau 2.7), le nombre total de chevaliers capturés est inversement corrélé à la pente 2 (corrélation de Spearman, $r_s = -0,3168$ et $p < 0,05$). En outre, des corrélations significatives (négatives) ont été mises en évidence entre le nombre de chevaliers rouges et les deux variables suivantes : la profondeur à 24 m et la pente 2 (corrélation de Spearman, $p < 0,05$) (Tableau 2.10). Bien qu'elles soient significatives, ces corrélations doivent cependant être interprétées avec prudence car au cours de cette période d'échantillonnage, les chevaliers 0+ ont été capturés seulement à 28 des 40 stations; comparativement en 1997, les chevaliers 0+ ont été récoltés à 39 des 40 stations. D'ailleurs, aucune de ces corrélations ne s'est avérée significative après l'application de la correction de Bonferroni. La comparaison des caractéristiques environnementales entre les stations où des chevaliers 0+ ont été capturés à l'automne 1998 et celles où ils étaient absents ne révèle aucune différence significative (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) (Tableau 2.11).

La comparaison des CPUE moyennes de chevaliers 0+ capturés à l'automne 1998 entre les différentes classes de variables environnementales n'a révélé aucune différence statistiquement significative. De façon générale, les mêmes tendances (au niveau des profondeurs, des pentes, du recouvrement végétal) que celles observées pour les chevaliers 0+ récoltés à l'été 1997 dans le secteur de Saint-Marc ont été observées. Par contre, pour ces spécimens, les CPUE moyennes ont été plus faibles aux stations dont la profondeur à 6 m est inférieure à 0,5 m (4,7 chevaliers par coup de seine) et plus élevées aux stations où la profondeur à 6 m de la rive est supérieure à 1 m (15,2). Comparativement en 1997 les CPUE moyennes de chevaliers 0+ ont été de 42,6 et de 18,5 respectivement pour ces deux classes de profondeur à 6 m. Soulignons également que même si à l'automne 1998 les vitesses du courant ont été plus élevées qu'à l'été 1997 (moyenne de 0,02 m / s variant de 0 à 0,09 en 1997 et moyenne de 0,05 m / s variant de 0 à 0,23 en 1998), aucune tendance n'est ressortie des analyses.

Tableau 2.10. Résultats des analyses de corrélation (corrélations de Spearman, $p < 0,05$) entre le nombre total de chevaliers 0+ capturés aux diverses stations ($n = 40$) à l'automne 1998 dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu (du 21 au 24 septembre) et les différentes variables environnementales. Les résultats sont présentés pour l'ensemble des chevaliers 0+ (Total = toutes espèces confondues) de même que pour les chevaliers rouge, blanc et jaune. Seuil statistique : résultat de l'analyse de la corrélation de Spearman, $p < 0,05$, n.s : non significatif, * : $p < 0,05$, ** : $p < 0,01$, *** : $p < 0,001$, r_s : coefficient de corrélation de Spearman. Aucune corrélation ne s'est avérée significative après l'application de la correction de Bonferroni.

	Total	Rouge	Blanc	Jaune
EFFECTIF	350	213	118	17
VARIABLE	Seuil statistique et coefficient de corrélation de Spearman			
Continues				
Profondeur à 6 m (centre) (m)	n.s	n.s	n.s	n.s
r_s				
Profondeur à 12 m (maximale) (m)	n.s	n.s	n.s	n.s
r_s				
Profondeur moyenne (m)	n.s	n.s	n.s	n.s
r_s				
Profondeur à 24 m (m)	n.s	*	n.s	n.s
r_s		-0,3256		
Pente 1 (0 à 12 m) (degré)	n.s	n.s	n.s	n.s
r_s				
Pente 2 (12 à 24 m) (degré)	*	*	n.s	n.s
r_s	-0,3168	-0,3384		
Secchi (m)	n.s	n.s	n.s	n.s
r_s				
Vitesse du courant (m / s)	n.s	n.s	n.s	n.s
r_s				
Densité de la végétation (%) ^a	n.s	n.s	n.s	n.s
r_s				
Ordinales (cote)				
Substrat à 2 m	n.s	n.s	n.s	n.s
r_s				
Substrat à 6 m	n.s	n.s	n.s	n.s
r_s				
<i>Potamogeton spp.</i>	n.s	n.s	n.s	n.s
r_s				
<i>Nymphaea spp.</i>	n.s	n.s	n.s	n.s
r_s				

^a La densité de la végétation a été évaluée en pourcentage global au niveau du coup de seine.

N.B : Les corrélations pour les chevaliers de rivière et cuivré 0+ n'ont pas été calculées car un seul spécimen de chaque espèce a été capturé.

Tableau 2.11. Comparaison des caractéristiques environnementales entre les stations où des chevaliers 0+ ont été capturés (n = 28) et celles où ils étaient absents (n = 12) dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu à l'automne 1998 (du 21 au 24 septembre). Les pêches ont été réalisées aux mêmes stations que celles visitées en 1997 dans le cadre de l'échantillonnage systématique (n = 40 stations). Moy : moyenne, σ : écart type, seuil statistique : résultat du test de comparaison de moyennes (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), n.s : non significatif, * : $p < 0,05$, ** : $p < 0,01$.

VARIABLE	Stations avec chevaliers 0+ (n = 28)		Stations sans chevalier 0+ (n = 12)		Test de Kruskal-Wallis
	moy	σ	moy	σ	Seuil statistique
Continues					
Profondeur à 6 m (centre) (m)	0,82	0,34	0,74	0,28	n.s
Profondeur à 12 m (maximale) (m)	1,91	0,72	1,52	0,82	n.s
Profondeur à 24 m (m)	2,59	1,16	2,76	1,35	n.s
Profondeur moyenne (m)	1,05	0,37	0,77	0,40	n.s
Pente 1 (0 à 12 m) (degré)	8,16	3,68	7,12	3,94	n.s
Pente 2 (12 à 24 m) (degré)	3,22	4,75	5,83	4,75	n.s
Secchi (m)	2,18	0,48	2,39	0,46	n.s
Vitesse du courant (m / s)	0,0617	0,0599	0,0363	0,0361	n.s
Densité de la végétation (%) ^a	58,70	28,71	64,75	35,38	n.s
Ordinales (cote)					
Substrat à 2 m	2,77	3,01	3,79	2,81	n.s
Substrat à 6 m	1,75	1,80	1,92	1,51	n.s
<i>Vallisneria americana</i>	4,41	1,60	3,92	1,88	n.s
<i>Elodea canadensis</i>	0,48	1,40	0,67	1,56	n.s
<i>Potamogeton spp.</i>	2,19	2,17	3,42	2,11	n.s
<i>Nymphaea spp.</i>	0,30	1,07	0,33	1,15	n.s

^a La densité de la végétation a été évaluée en pourcentage global au niveau du coup de seine.

Enfin, à l'automne 1998, les valeurs de la transparence de l'eau mesurée au disque de Secchi (0,8 à 3,2 m) ont été nettement supérieures à celles enregistrées à l'été 1997 dans le secteur de Saint-Marc où elles variaient de 0,1 à 1,4 m. Bien qu'entre les classes de Secchi les différences de CPUE moyennes de chevaliers 0+ de 1998 ne soient pas significatives, ces dernières ont été plus élevées (10,7 chevaliers par coup de seine) aux stations où la transparence de l'eau est moins grande ($0,8 \text{ m} \leq \text{Secchi} \leq 2,0 \text{ m}$) et ont diminué avec l'augmentation de la transparence de l'eau. Ces résultats vont dans le même sens qu'en 1997, car à l'été 1997, les CPUE moyennes de chevaliers 0+ ont été 4,8 aux stations dont le Secchi variait de 1,01 à 1,35 m (plus élevé) et ont varié de 16 à 27,8 aux stations où les valeurs de la transparence de l'eau sont inférieures à 1 m. De même, pour les spécimens de Saint-Marc en 1997, une corrélation négative significative (Spearman, $r_s = -0,4550$, $p < 0,01$) a été relevée entre l'abondance de chevaliers 0+ et la transparence de l'eau (Tableau 2.7).

La comparaison des caractéristiques environnementales des stations situées en rive gauche et droite met en évidence la même tendance que celle observée pour les chevaliers 0+ capturés en 1997 en ce qui concerne la transparence de l'eau. La valeur moyenne de la transparence de l'eau enregistrée au disque de Secchi est de 2,07 m aux stations en rive gauche et de 2,52 m en rive droite (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,01$) (Tableau 2.12). Rappelons que les CPUE moyennes de chevaliers 0+ en 1998 capturés du 21 au 24 septembre, sont de 9,75 chevaliers par coup de seine (rive gauche) et de 2,13 (rive droite) (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,01$).

Chevaliers 1+ capturés au printemps 1998

Au printemps 1998, au cours des pêches systématiques en vue de caractériser l'habitat des juvéniles 1+ (25 au 28 mai), plus de la moitié des stations ($n = 22$) n'ont pas permis la capture de chevaliers 1+. Comme dans le cas des chevaliers 0+ de l'automne 1998, les effectifs de chevaliers 1+ sont faibles ($n = 425$); il est donc impossible de dégager des tendances claires et les corrélations doivent être abordées avec prudence. Les points les plus saillants des analyses sont présentés à titre indicatif. Il semble qu'au printemps, les chevaliers 1+ fréquentent davantage les milieux où la végétation est présente. En effet, l'abondance globale des chevaliers 1+ et des chevaliers rouges a été corrélée positivement à la densité de la végétation (corrélation de Spearman, $p < 0,01$) qui est composée, à cette période de l'année, presque exclusivement de *Potamogeton pectinatus* une des premières espèces à apparaître au printemps. Soulignons qu'au moment des échantillonnages, la densité de la végétation était nulle à 27 des 40 stations et ne dépassait pas 15% aux autres.

Tableau 2.12. Comparaison des caractéristiques environnementales et des CPUE moyennes de juvéniles 0+ de chevaliers entre les stations localisées en rive gauche et en rive droite dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu. Les pêches et la caractérisation ont été menées du 21 au 24 septembre 1998 (16 stations par rive). Moy : moyenne, σ : écart type, seuil statistique : résultat du test de comparaison de moyennes (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), n.s : non significatif, * : $p < 0,05$, ** : $p < 0,01$.

	Stations en rive droite		Stations en rive gauche		Test de Kruskal-Wallis
CPUE moyennes	2,13		9,75		**
VARIABLE	moy	σ	moy	σ	Seuil statistique
Continues					
Profondeur à 6 m (centre) (m)	0,78	0,22	0,76	0,34	n.s
Profondeur à 12 m (maximale) (m)	1,57	0,79	1,89	0,77	n.s
Profondeur à 24 m (m)	2,66	1,31	2,84	1,18	n.s
Profondeur moyenne (m)	0,79	0,39	1,04	0,41	n.s
Pente 1 (0 à 12 m) (degré)	7,35	3,76	8,12	3,61	n.s
Pente 2 (0 à 24 m) (degré)	5,17	4,70	4,49	4,94	n.s
Secchi (m)	2,52	0,34	2,07	0,50	**
Vitesse du courant (m / s)	0,055	0,068	0,047	0,046	n.s
Densité de la végétation (%) ^a	70,63	27,50	49,13	32,26	n.s
Ordinales (cote)					
Substrat à 2 m	4,00	3,00	2,36	2,33	n.s
Substrat à 6 m	2,06	1,53	1,00	0	**
<i>Vallisneria americana</i>	4,13	1,67	4,33	1,76	n.s
<i>Elodea canadensis</i>	0,75	1,61	0,27	1,03	n.s
<i>Potamogeton spp.</i>	2,88	2,33	2,00	2,24	n.s
<i>Nymphaea spp.</i>	0	0	0,53	1,41	n.s

^a La densité de la végétation a été évaluée en pourcentage global au niveau du coup de seine.

Les CPUE moyennes de chevaliers 1+ ont été plus faibles (2,6 par coup de seine) aux stations où la végétation était absente comparativement à celles où elle était présente (12,2 par coup de seine) (test de Kruskal-Wallis, $p = 0,008$). Enfin, l'abondance globale des chevaliers 1+ et des chevaliers rouges a été inversement corrélée à la pente 2 (corrélation de Spearman, $p < 0,05$) et, contrairement aux juvéniles 0+ de 1997 et de 1998, a été positivement corrélée aux profondeurs moyenne et maximale (corrélation de Spearman, $0,32 \leq r_s \leq 0,40$, $p < 0,05$) (Tableau 2.13). Par contre, aucune corrélation n'est demeurée significative après l'application de la correction de Bonferroni; elles doivent donc être considérées à titre indicatif.

Les stations où les chevaliers 1+ ont été trouvés au printemps affichaient des profondeurs moyenne et maximale légèrement plus élevées, un substrat à 6 m plus fin (argile-limon) et une densité de la végétation plus élevée (dominée par le *Potamogeton pectinatus*) comparativement à celles où ils étaient absents (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) (Tableau 2.14). Évidemment, même si les différences ne sont pas significatives, les CPUE moyennes de chevaliers 1+ ont été supérieures aux stations affichant les profondeurs moyenne et maximale les plus élevées. Rappelons que dans le secteur de Saint-Marc, la profondeur moyenne n'excède pas 1,7 m et la profondeur maximale 3,4 m. Au cours de cet échantillonnage, les vitesses de courant (variant de 0,04 à 0,35 m / s) et les valeurs de la transparence de l'eau mesurées au disque de Secchi (variant de 0,41 à 3,0 m) ont été plus élevées qu'à l'été 1997. Aucune différence statistique n'a été mise en évidence entre les CPUE moyennes de chevaliers 1+ pour différentes classes de ces deux variables (test de Kruskal-Wallis, $p > 0,05$). Cependant, les CPUE moyennes ont été légèrement plus élevées aux stations où la transparence est supérieure à un mètre (5,1 chevaliers par coup de seine). Comparativement, en moyenne, 1,6 chevaliers ont été capturés aux stations où la transparence est inférieure ou égale à un mètre. De même, aux stations affichant les vitesses de courant les plus élevées (0,20 à 0,35 m / s), les chevaliers 1+ ont été trouvés en moins grand nombre (1,2 par coup de seine) par rapport à celles où les vitesses de courant sont inférieures à 0,20 m / s (CPUE moyennes = 4,9 chevaliers).

Les stations localisées en rive gauche affichaient, au printemps 1998, des courants moyens et des transparences moyennes (disque de Secchi) plus faibles soit de 0,01 m / s et de 0,97 m (Secchi) comparativement à celles en rive droite où des valeurs de 0,174 m / s et de 1,27 m ont été enregistrées respectivement pour ces deux paramètres (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,01$) (Tableau 2.15).

Tableau 2.13. Résultats des analyses de corrélation (corrélations de Spearman, $p < 0,05$) entre le nombre total de chevaliers 1+ capturés aux diverses stations ($n = 40$) au printemps 1998 dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu (du 25 au 28 mai) et les différentes variables environnementales. Les résultats sont présentés pour l'ensemble des chevaliers 1+ (Total = toutes espèces confondues) de même que pour les chevaliers rouge, blanc, jaune et de rivière. Seuil statistique : résultat de l'analyse de la corrélation de Spearman, $p < 0,05$, n.s : non significatif, * : $p < 0,05$, ** : $p < 0,01$, *** : $p < 0,0001$, r_s : coefficient de corrélation de Spearman. Aucune corrélation ne s'est avérée significative après l'application de la correction de Bonferroni.

	Total	Rouge	Blanc	Jaune	Rivière
EFFECTIF	425	341	44	20	20
VARIABLE	Seuil statistique et coefficient de corrélation de Spearman				
Continues					
Profondeur à 6 m (centre) (m)	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
r_s					
Profondeur à 12 m (maximale) (m)	*	*	n.s	n.s	n.s
r_s	0,3172	0,3214			
Profondeur moyenne (m)	*	*	n.s	n.s	n.s
r_s	0,3888	0,3954			
Profondeur à 24 m (m)	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
r_s					
Pente 1 (0 à 12 m) (degré)	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
r_s					
Pente 2 (12 à 24 m) (degré)	*	*	n.s	n.s	n.s
r_s	-0,3956	-0,3913			
Secchi (m)	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
r_s					
Vitesse du courant (m / s)	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
r_s					
Densité de la végétation (%) ^a	**	**	n.s	n.s	n.s
r_s	0,4383	0,4536			
Ordinales (cote)					
Substrat à 2 m	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
r_s					
Substrat à 6 m	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
r_s					
<i>Potamogeton pectinatus</i>	**	**	n.s	n.s	n.s
r_s	0,4551	0,4683			
<i>Potamogeton spp.</i>	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
r_s					

^a La densité de la végétation a été évaluée en pourcentage global au niveau du coup de seine.
N.B : Aucun chevalier cuivré n'a été capturé au cours de cette période.

Tableau 2.14. Comparaison des caractéristiques environnementales entre les stations où des chevaliers 1+ ont été capturés (n = 18) et celles où ils étaient absents (n = 22) dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu au printemps 1998 (du 25 au 28 mai). Moy : moyenne, σ : écart type, seuil statistique : résultat du test de comparaison de moyennes (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), n.s : non significatif, * : $p < 0,05$, ** : $p < 0,01$.

VARIABLE	Stations avec chevaliers 0+ (n = 18)		Stations sans chevalier 0+ (n = 22)		Test de Kruskal-Wallis
	moy	σ	moy	σ	Seuil statistique
Continues					
Profondeur à 6 m (centre) (m)	0,77	0,34	0,81	0,31	n.s
Profondeur à 12 m (maximale) (m)	2,02	0,66	1,61	0,81	*
Profondeur à 24 m (m)	2,55	1,25	2,72	1,19	n.s
Profondeur moyenne (m)	1,11	0,33	0,85	0,41	*
Pente 1 (0 à 12 m) (degré)	8,64	3,49	7,20	3,90	n.s
Pente 2 (12 à 24 m) (degré)	2,50	5,00	5,24	4,45	n.s
Secchi (m)	1,15	0,35	1,29	0,46	n.s
Vitesse du courant (m / s)	0,12	0,06	0,16	0,09	n.s
Densité de la végétation (%) ^a	5,67	6,66	1,17	3,18	*
Ordinales (cote)					
Substrat à 2 m	2,13	1,23	3,86	3,68	n.s
Substrat à 6 m	1,22	0,73	2,27	2,10	*
<i>Potamogeton pectinatus</i>	2,50	2,57	0,64	1,65	**
<i>Potamogeton spp.</i>	0	0	0,23	1,07	n.s

^a La densité de la végétation a été évaluée en pourcentage global au niveau du coup de seine.

Tableau 2.15. Comparaison des caractéristiques environnementales et des CPUE moyennes de juvéniles 1+ de chevaliers entre les stations localisées en rive gauche et en rive droite dans le secteur de Saint-Marc de la rivière Richelieu. Les pêches et la caractérisation ont été menées du 25 au 28 mai 1998 (16 stations par rive). Moy : moyenne, σ : écart type, seuil statistique : résultat du test de comparaison de moyennes (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), n.s : non significatif, * : $p < 0,05$, ** : $p < 0,01$.

	Stations en rive droite		Stations en rive gauche		Test de Kruskal-Wallis
CPUE moyennes	0,98		5,46		*
VARIABLE	moy	σ	moy	σ	Seuil statistique
Continues					
Profondeur à 6 m (centre) (m)	0,78	0,22	0,76	0,34	n.s
Profondeur à 12 m (maximale) (m)	1,57	0,79	1,89	0,77	n.s
Profondeur à 24 m (m)	2,66	1,31	2,84	1,18	n.s
Profondeur moyenne (m)	0,79	0,39	1,04	0,41	n.s
Pente 1 (0 à 12 m) (degré)	7,35	3,76	8,12	3,61	n.s
Pente 2 (0 à 24 m) (degré)	5,17	4,70	4,49	4,94	n.s
Secchi (m)	1,27	0,27	0,97	0,24	**
Vitesse du courant (m / s)	0,174	0,075	0,010	0,050	**
Densité de la végétation (%) ^a	1,00	3,87	4,81	5,98	*
Ordinales (cote)					
Substrat à 2 m	4,00	3,00	2,36	2,33	n.s
Substrat à 6 m	2,06	1,53	1,00	0	**
<i>Potamogeton pectinatus</i>	0,31	1,25	2,44	2,53	**
<i>Potamogeton spp.</i>	0	0	0,31	1,25	n.s

^a La densité de la végétation a été évaluée en pourcentage global au niveau du coup de seine.

Même si à cette période la densité de la végétation est faible, elle était plus abondante aux stations de la rive gauche qu'à celles de la rive droite (recouvrement moyen de 4,81 % en rive gauche par rapport à 1 % en rive droite) (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Au printemps 1998, les CPUE moyennes de chevaliers 1+ ont été de 5,46 chevaliers par coup de seine aux stations de la rive gauche et de 0,98 à celles de la rive droite (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) (Tableau 2.15).

Relation entre l'abondance des chevaliers 1+ avec la densité et la diversité des organismes benthiques

Aucune corrélation significative (corrélations de Pearson ou Spearman, $p > 0,05$) n'a été mise en évidence entre les CPUE moyennes de chevaliers 1+ du printemps avec la densité (% en nombre) et la diversité (nombre de catégories d'organismes répertoriées) des organismes benthiques. Notons que les organismes de la faune benthique trouvés dans ces 10 échantillons reflètent peu les proies consommées par les chevaliers 0+ et 1+ puisque les échantillons ont été tamisés sur une maille de 500 μm alors que la taille de la très grande majorité des proies benthiques ingérées par les jeunes chevaliers est inférieure à 500 μm (voir chapitre 1). En outre, ces comparaisons auraient été plus pertinentes si elles avaient été menées avec un plus grand nombre d'échantillons.

Analyses multivariées

Les analyses de régression multiple entre les CPUE de chevaliers 0+ de 1997 et de 1998 de même qu'avec les chevaliers 1+ du printemps 1998 et les diverses variables environnementales ont été peu concluantes et ne seront pas présentées. D'une part, il a été souvent impossible de normaliser certaines variables en les transformant. D'autre part, les CPUE de chevaliers 0+ et 1+ aux différentes stations ne démontraient pas de relation linéaire avec les variables environnementales. En outre, compte tenu du grand nombre de stations où aucun chevalier 0+ et 1+ n'a été capturé en 1998, cet exercice s'avère non pertinent. Pour les quelques modèles obtenus, même s'ils se sont avérés significatifs ($p < 0,05$) et que l'examen des résidus ne démontrait aucune anomalie (normalité), une très grande partie des points se situaient à l'extérieur de l'intervalle de confiance de 95 % et les R^2 ne dépassaient pas 0,38. Ces résultats témoignent probablement du peu de variabilité des habitats échantillonnés dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours.

2.4 Discussion

2.4.1 Bilan des captures et comparaisons interannuelles des CPUE moyennes de chevaliers 0+

Le peu de chevaliers cuivrés 0+ et 1+ ($n = 16$) capturés dans le cadre de cette étude confirme que l'espèce est en difficulté. L'abondance relative des juvéniles 0+ et 1+ de chevaliers jaune et de rivière est toutefois assez faible (généralement moins de 10 %) comparativement à celle des chevaliers rouge et blanc. Comme l'aire de distribution de ces deux dernières espèces s'étend plus au nord que celle des chevalier jaune et de rivière qui, dans la rivière Richelieu, sont à la limite septentrionale de leur aire de distribution (Scott et Crossman 1974), il est plausible de penser que les chevaliers rouge et blanc pourraient être avantagés comparativement aux autres espèces. En outre, le fait que chevalier rouge possède une plus grande plasticité comparativement à toutes les autres espèces du genre *Moxostoma* quant à ses exigences en termes d'habitat (Becker 1983), pourrait également expliquer la très grande abondance de chevaliers rouges capturés.

Il appert qu'aucun des chevaliers cuivrés ensemencés dans la rivière Richelieu en 1994, 1995 et 1996 n'a vraisemblablement été recapturé au cours des travaux de terrain de 1997 et de 1998. En 1994, six journées d'échantillonnage menées dès le lendemain de l'ensemencement de quelque 40 000 juvéniles (5 octobre) n'avaient également pas permis de recapturer de spécimens ensemencés (Boulet *et al.* 1995). Soulignons qu'en 1994, la taille moyenne des spécimens était de 23 mm et leur poids moyen de 0,15 g (Branchaud *et al.* 1995, Branchaud et Fortin 1998) ce qui est nettement inférieur à ce qui a été observé chez les chevaliers cuivrés capturés le 7 octobre 1997 dans la rivière Richelieu dont la taille et le poids moyens étaient de 39,8 mm et de 0,73 g. La survie des spécimens ensemencés en 1994 a probablement été nulle. Il est possible que les jeunes chevaliers cuivrés ensemencés en 1994 aient été victimes d'une importante prédation comme cela a été le cas pour des spécimens de taille comparable de meunier du Colorado (*Xyrauchen texanus*) par certains poissons de la famille des Centrarchidés et possiblement par des Ictaluridés (Marsh et Langhorst 1988). L'amélioration des techniques d'élevage en 1995 et 1996 a permis l'ensemencement de spécimens deux fois plus longs et cinq fois plus lourds qu'en 1994 (Branchaud et Fortin 1998). En 1995 et en 1996, les spécimens ensemencés qui provenaient de l'étang mesuraient et pesaient, en moyenne, 45,1 mm et 1,12 g alors que ceux produits au Biodôme avaient une taille de 40 mm et un poids de 0,7 g (Branchaud et Fortin 1998) valeurs comparables à celles observées en milieu naturel. Ces spécimens ont probablement eu de meilleures chances de survie que ceux de 1994. Le seul chevalier cuivré âgé de un an (36 mm) capturé au printemps 1997 (12 juin)

n'était probablement pas un spécimen ensemencé en 1996 puisque 92 % des spécimens ensemencés (1996) avaient une taille supérieure à 36 mm. En outre, l'ensemencement a eu lieu dans le Bassin de Chambly alors que le chevalier cuivré 1+ a été capturé dans le secteur de Saint-Marc (Alain Branchaud, étudiant au doctorat en sciences de l'Environnement, Université du Québec à Montréal, communication personnelle). L'absence de recapture ne devrait pas être interprétée comme un échec des ensemencements de chevalier cuivré de 1995 et de 1996. Boulet *et al.* (1995) mentionnent qu'il est souvent difficile de faire un suivi des poissons de petite taille remis dans leur milieu naturel et que la dispersion des juvéniles diminue grandement les chances de recapture. Plusieurs larves et juvéniles de meuniers du Colorado (*Xyrauchen texanus*) (espèce menacée) ont été ensemencés en Arizona en 1981 et en 1982 ($n \approx 620\ 000$) (Minckley 1983). Quelques juvéniles réintroduits ont été recapturés (Marsh et Langhorst 1988, Minckley *et al.* 1991). D'autres ensemencements de meuniers du Colorado dont la taille moyenne (longueur standard) variait de 30 mm à 239 mm ont été faits de 1983 à 1986 (Minckley *et al.* 1991). Les efforts en vue de déterminer le taux de survie des meuniers du Colorado durant sept années suivant leur réintroduction dans leur milieu naturel peuvent sembler très décevants puisque seulement 118 spécimens ont été recapturés sur un total de quelque 12 millions de larves et de juvéniles ensemencés (Minckley *et al.* 1991). Cependant, après avoir mis en perspective ces résultats, Minckley *et al.* (1991) estiment qu'il sont, somme toute, encourageants. Soulignons que tous les spécimens recapturés avaient été mis dans leur milieu naturel à la phase juvénile et qu'aucun ne provenait de stocks de larves. Leur résultats suggèrent que la prédation est moins importante lorsque les spécimens sont ensemencés à une taille de 113 mm comparativement à 68 mm et que, lorsqu'ils atteignent une taille de 150 mm à 250 mm, ils seraient très peu vulnérables à la prédation (Minckley *et al.* 1991). L'ensemencement de chevaliers cuivrés en plus grand nombre et de plus grande taille pourrait être envisagé pour obtenir de meilleurs résultats.

Quelques indices laissent croire que le succès de la reproduction des chevaliers dans la rivière Richelieu a été plus élevé en 1997 qu'en 1998 et ce, particulièrement pour le chevalier de rivière. En effet, à l'automne 1998, les CPUE moyennes de chevaliers 0+ ont été plus faibles (différences significatives) et un grand nombre de chevaliers 1+ ont été capturés (représentants de la cohorte de 1997) comparativement à la même période en 1997. La comparaison interannuelle (1997 versus 1998) des CPUE moyennes d'automne de juvéniles de chevaliers doit cependant être interprétée avec prudence car en 1997, l'effort de pêche a été moins important (21 coups de seine) et seules quelques stations (les plus productives en termes de captures) ont été échantillonnées. Comparativement, en 1998, 66 coups de seine ont été donnés aux 40 stations faisant partie de l'échantillonnage systématique de 1997. Par

contre, comme en 1997, deux stations productives ont également fait l'objet d'échantillonnages répétés à l'automne 1998 ce qui peut contribuer à atténuer cet effet entre les années. Même si la prudence est de mise pour la comparaison interannuelle des CPUE moyennes de chevaliers 0+, il n'en demeure pas moins qu'en 1998, elles ont été environ 3,5 fois plus faibles qu'en 1997, et ce, pour un effort trois fois plus grand. D'autre part, le plus grand nombre de chevaliers 1+ capturés à l'automne 1998 ($n = 88$ dont neuf chevaliers de rivière) par rapport à 1997 ($n = 3$) se doit d'être souligné et témoigne possiblement du plus grand succès de reproduction des chevaliers en 1997.

Les variations interannuelles au niveau de la température pourraient peut-être expliquer ces différences au niveau du succès de reproduction des chevaliers entre 1997 et 1998. En 1998, le printemps a été beaucoup plus hâtif qu'en 1997. La comparaison de la température de l'eau de la rivière Richelieu au printemps nous indique qu'en 1998, la saison avait environ deux semaines d'avance par rapport à 1997. La température de l'eau s'élevait à 8,5 °C et à 14 °C respectivement les 2 mai et 3 juin 1997 alors qu'en 1998, des températures similaires étaient atteintes les 17 avril (7,5 °C) et 11 mai (14 °C). Il est possible que ce réchauffement plus rapide en 1998 ait contribué à bousculer la saison de reproduction des premières espèces à frayer (chevalier rouge et blanc). Scott et Crossman (1974) mentionnent que des changements de température, même s'ils sont mineurs, affectent les activités reproductrices du chevalier blanc. Des températures trop élevées pourraient avoir une incidence sur le succès de la reproduction des chevaliers en affectant le temps d'éclosion et d'émergence des larves et en augmentant l'incidence des malformations et de la mortalité chez ces dernières. Chez le Cui-ui (*Chasmistes cujus*) (Catostomidé), une espèce qui fraye à des températures de 12 à 15 °C similaires à celles des chevaliers rouge et blanc de la rivière Richelieu (qui varient environ de 10,7 à 16 °C) (Mongeau *et al.* 1986, 1992), le succès d'émergence des larves est optimal à des températures variant de 8,9 à 15 °C et diminue lorsque la température s'élève au-delà de 15 °C (15 à 21,1 °C) (Scoppettone *et al.* 1986, 1993). De plus, à des températures plus élevées, les larves de Cui-ui sont généralement de plus petite taille. Ainsi, lorsque la température de l'eau est trop élevée, les larves sont non seulement moins nombreuses mais aussi leur taux de survie est moins élevé (Scoppettone *et al.* 1993). Chez le meunier noir, McCormik *et al.* (1977) ont observé que l'éclosion de larves normales était la plus élevée à 15,2 °C. Ils soulignent que l'éclosion survient également à des températures inférieures et supérieures à cette dernière (15,2 °C) mais que les taux de mortalité et / ou de déformation sont plus élevés. Des constatations similaires ont été faites chez un autre membre de la famille des Catostomidés, *Moxostoma robustum*, une espèce en péril qui est originaire du sud-est des États-Unis. Cette espèce fraye lorsque la température de l'eau atteint environ 20 °C. Walsh *et al.* (1998) ont observé que lors d'élevages artificiels, l'éclosion des oeufs diminuait à

des températures plus élevées, notamment lorsqu'elles s'élèvent au-dessus de 23 °C. En outre, ils ont noté une augmentation de l'incidence des déformations au niveau de la colonne vertébrale chez les larves et les juvéniles élevés à des températures supérieures à 25 °C. Ils ajoutent que, bien que les juvéniles de *Moxostoma robustum* soient capables de tolérer des températures assez élevées, il est possible qu'au début de l'ontogénie, les individus soient plus sensibles aux températures trop élevées (Walsh *et al.* 1998). Ces dernières observations concernant *Moxostoma robustum* sont particulièrement intéressantes puisque cette espèce fraie à des températures similaires à celles observées chez le chevalier cuirvé pour qui elles varient de 18 °C à 26 °C (Boulet *et al.* 1995, 1996, La Haye *et al.* 1992, Mongeau *et al.* 1986, 1992). Si les oeufs et les larves de chevalier cuirvé sont affectés de la même façon que chez *Moxostoma robustum*, le réchauffement brutal des températures au printemps pourrait avoir une incidence sur le succès de reproduction de l'espèce.

D'autre part, en 1997, l'automne a été chaud et le refroidissement de l'eau s'est effectué graduellement. À pareille date, la température de l'eau était de 1,5 °C supérieure en 1997 comparativement à 1998. Le 5 novembre 1997, la température de l'eau de la rivière Richelieu était de 10 °C. En 1998, la saison hivernale s'est installée beaucoup plus rapidement. Possiblement, les jeunes chevaliers ont bénéficié d'une saison de croissance plus longue en 1997 ce qui pourrait avoir contribué à augmenter le succès de reproduction.

Bien entendu, cette hypothèse ne repose que sur des comparaisons interannuelles de deux années. Il serait intéressant d'approfondir nos connaissances sur la tolérance du frai des espèces de chevalier vivant dans la rivière Richelieu face aux fluctuations de la température puisque cela pourrait avoir une incidence sur leur succès de reproduction. Par exemple, par rapport aux données historiques concernant la température de l'eau, des hausses de 2 à 5 °C ont été observées dans la rivière Oconee durant la période de reproduction du *Moxostoma robustum* (Walsh *et al.* 1998). Ces hausses et fluctuations de température sont attribuables à la construction d'un barrage hydroélectrique en 1952 qui a entraîné la formation d'un grand réservoir de 62 km². Walsh *et al.* (1998) estiment que ces hausses et fluctuations de température pourraient avoir contribué à faire diminuer le succès de reproduction du *Moxostoma robustum* en réduisant le succès d'éclosion ou en augmentant la mortalité des larves durant la phase critique. Il est possible que des changements au niveau de la température et du régime d'écoulement de l'eau, de même que le blocage des migrations de fraie du *Moxostoma robustum* soient en partie responsables de son déclin ou de son extirpation à travers son aire de répartition (Walsh *et al.* 1998).

L'ouvrage de Saint-Ours sur la rivière Richelieu isole la population de chevalier cuivré en deux groupes menaçant ainsi l'intégrité de son patrimoine génétique (Dumont *et al.* 1997). La construction d'une centrale hydroélectrique dans les rapides de Chambly a déjà été entérinée par le gouvernement au début des années 1990 mais a été abandonnée en 1994 suite aux recommandations du ministère de l'Environnement et de la Faune (Dumont *et al.* 1997). Si ce projet refaisait surface, les conséquences pourraient être très néfastes en menaçant l'intégrité de la frayère de Chambly qui est connue pour offrir une plus grande variété d'habitats de reproduction que celle de Saint-Ours (Dumont *et al.* 1997). En outre, même s'il ne s'agit pas du même type de projet que celui mentionné précédemment (touchant le *Moxostoma robustum*), il y a lieu de se questionner sur les conséquences qu'il pourrait avoir sur la survie du frai des chevaliers.

Schlosser (1985) et Bain *et al.* (1988) mentionnent que les facteurs physiques tels la température, le débit et le niveau de l'eau influencent davantage l'abondance et la richesse spécifique des espèces de poissons de plus petite taille et les plus jeunes classes d'âge d'autres espèces. En comparant la structure de la communauté de poisson durant deux années consécutives Schlosser (1985) a mis en évidence que l'abondance des juvéniles était étroitement reliée aux variations interannuelles des régimes hydrologiques. Lors d'une année de faible débit au printemps et à l'été, la densité et la richesse spécifique des juvéniles sont plus élevées comparativement à une année où les débits sont plus élevés durant ces saisons. Dans la rivière Richelieu, le débit mensuel moyen en mai a été un peu plus élevé en 1997 ($724 \text{ m}^3 / \text{s}$) comparativement à 1998 ($612 \text{ m}^3 / \text{s}$). Cependant, au cours de la période estivale et jusqu'au mois d'octobre, les débits mensuels moyens ont été nettement inférieurs en 1997 (variant de 191 à $436 \text{ m}^3 / \text{s}$) comparativement à 1998 (variant de 320 à $620 \text{ m}^3 / \text{s}$) (Guy Morin, technicien en hydrologie, Environnement Canada, communication personnelle). Les débits plus faibles en 1997 pourraient peut-être expliquer en partie que les CPUE moyennes de juvéniles 0+ de chevaliers ont été plus élevées en 1997 comparativement à 1998. Toutefois, à l'heure actuelle, l'influence des débits sur le recrutement des chevaliers de la rivière Richelieu n'a jamais fait l'objet d'une étude. En outre, il appert que les espèces ne sont pas toutes affectées de la même façon par les variations interannuelles au niveau du débit puisque selon Schlosser (1985) elles auraient moins d'influence sur le recrutement des espèces frayant plus hâtivement telles les meuniers (Catostomidés) et les dards (Percidés) alors que certaines autres espèces appartenant à la famille des Centrachidés et des Cyprinidés dont la période de fraye est plus tardive seraient beaucoup plus affectées.

2.4.2 Relation entre les captures de chevaliers 0+ et 1+ et la température de l'eau

Au printemps, les chevaliers 1+ fréquentent les rives et les CPUE moyennes semblent être plus élevées lorsque la température de l'eau est inférieure à 20 °C. Il est possible qu'au printemps, la température ne soit pas le seul facteur qui influence la distribution des chevaliers 1+. Un retour sur les rives vers la fin de l'hiver et au début du printemps a été observé chez des spécimens (> 130 mm) de meunier des montagnes (*Catostomus platyrhynchus*) alors qu'après la période de reproduction, ces derniers ont tendance à se retirer davantage dans les endroits plus profonds (Campbell 1992, Hauser 1969).

Par contre, à l'automne, les CPUE moyennes de chevaliers 0+ ont été corrélées (positivement) à la température de l'eau. Il appert qu'une température de 12 °C représente un point tournant en ce qui concerne les captures de chevaliers 0+. À des températures inférieures, les CPUE moyennes de chevaliers 0+ chutent dramatiquement. Il semble que les jeunes chevaliers de l'année quittent les rives à l'automne et que ce comportement soit relié à la baisse de la température de l'eau. Des expériences sur le comportement des jeunes stades de chevaliers, menées en 1996, démontrent qu'à des températures automnales (7,5 °C), les juvéniles 0+ de chevalier cuivré manifestent une nette préférence pour des substrats plus grossiers alors qu'un tel comportement n'a pas été observé à des températures de 21 °C, ce qui suggère que les jeunes chevaliers cuivrés auraient besoin d'un habitat d'hivernation (Branchaud et Fortin 1998). La migration vers des habitats d'hivernation a déjà été observée chez des jeunes de l'année de plusieurs autres espèces (Ross *et al.* 1992). Il est possible que les jeunes chevaliers 0+ quittent les rives à l'automne à la recherche d'un tel type d'habitat et que ce comportement soit en partie relié au refroidissement des températures. Certaines observations de Bowman (1970) suggèrent que les adultes de chevaliers noirs (*Moxostoma duquesnei*) se déplacent vers des régions plus profondes pour y passer l'hiver et que ce comportement est relié à la baisse de la température. Peterson et Rabeni (1996) ont relié les déplacements saisonniers de chevaliers noirs adultes aux variations de la température de l'eau. Durant la saison froide, ceux vivant à la confluence d'une source se déplacent vers cette dernière où la température demeure plus élevée durant cette saison. Les spécimens effectuant une telle migration étaient avantagés par rapport aux autres qui résident dans la rivière toute l'année (Peterson et Rabeni 1996).

2.4.3 Relation entre les captures de chevaliers 0+ et 1+ et l'heure de la journée

Quelques différences significatives ont été mises en évidence au niveau des CPUE moyennes de chevaliers 0+ capturés en 1997 et ceux âgés de un an capturés au printemps 1998. Les CPUE moyennes tendent à être légèrement plus élevées le jour (plus particulièrement l'avant-midi) que le soir. Au cours de l'échantillonnage de juvéniles en 1993 dans le Bassin de Chambly, des pêches avaient été réalisées de jour et de nuit et les résultats s'étaient avérés équivalents entre ces périodes (Boulet *et al.* 1995). Le fait que nous n'ayons pas observé de différence significative entre les CPUE moyennes de chevaliers 0+ capturés à l'automne 1998, est probablement attribuable aux faibles effectifs ($n = 572$) comparativement à 1814 spécimens 0+ en 1997 et à 1431 au printemps 1998. Il est possible que les CPUE moyennes de chevaliers 0+ et 1+ plus élevées le jour que le soir résultent du fait que ces derniers s'alimentent davantage le jour que le soir. Cependant, comme tous les spécimens ayant fait l'objet de l'étude de l'alimentation ont été capturés le jour, il n'est pas possible de vérifier cette hypothèse. Par contre, ce comportement a été observé chez de jeunes meuniers noirs de l'année (Stewart 1926) ainsi que chez des jeunes meuniers tachetés (*Minytrema melanops*) (Becker 1983). Jenkins et Burkhead (1994) mentionnent que des jeunes chevaliers de rivière ont été fréquemment trouvés à des endroits peu profonds durant le jour.

2.4.4 Variations au niveau de la distribution spatiale des chevaliers 0+ et 1+

Dans le cadre de cette étude, des tendances assez claires quant à la fréquentation préférentielle de la rive gauche par les juvéniles 0+ et 1+ de chevalier ont été mises en évidence dans le secteur de Saint-Marc. Le secteur des îles (Jeannotte et aux Cerfs) est également privilégié par les jeunes chevaliers 0+ et 1+ dans ce secteur. En ce qui concerne les juvéniles de chevalier cuivré, le seul spécimen capturé dans le secteur de Saint-Ours provenait d'une station en rive droite alors que dans le secteur de Saint-Marc, six chevaliers cuivrés ont été capturés en rive gauche et neuf à l'île Jeannotte. Quelques différences significatives entre les valeurs des variables environnementales des stations localisées en rive gauche et en rive droite ont été trouvées mais sont difficiles à interpréter d'un point de vue biologique. Elles seront discutées un peu plus loin dans le cadre du volet habitat.

En ce qui concerne la distribution de fréquence des captures, les résultats qui se dégagent des analyses statistiques démontrent que les juvéniles 0+ et 1+ de chevalier ont plutôt été capturés en groupe (distribution contagieuse). À l'heure actuelle, il est impossible d'affirmer si ces résultats témoignent

d'un comportement grégaire des jeunes chevaliers ou s'ils sont attribuables à des caractéristiques particulières (biotiques ou abiotiques) de certains habitats telles: l'abondance des ressources alimentaires, la vitesse du courant, la composition et / ou l'abondance de la végétation, la transparence de l'eau etc. Tel que proposée dans le chapitre précédent, l'hypothèse que les jeunes chevaliers aient tendance à se regrouper en banc lorsqu'ils s'alimentent comme cela a été rapporté par d'autres auteurs chez des jeunes meuniers noirs et chevaliers noirs de l'année (Ahlgren 1990a, Bowman 1970 et Stewart 1926) demeure plausible.

Bien que l'exploration des zones profondes n'ait pas conduit à la capture de chevaliers 1+, d'autres échantillonnages seraient nécessaires pour en dégager des conclusions puisque seulement cinq coups de seine ont été donnés. D'autres recherches permettraient probablement de préciser si les chevaliers 1+ quittent effectivement les rives durant l'été. Il serait également souhaitable de se questionner sur l'efficacité de l'engin de pêche utilisé pour la capture de petits spécimens car très peu ont été capturés (n = 11) dont : un grand corégone (*Coregonus clupeaformis*) dont la taille était d'environ 40 mm, deux ménés émeraude (*Notropis atherinoides*), un méné bleu (*Notropis spilopterus*), un omisco (*Percopsis omiscomaycus*), un dard de sable (*Ammocrypta pellucida*), un raseux-de-terre (*Etheostoma spp.*) et quatre fouille-roche (*Percina caprodes*). Au cours de ces pêches en zone plus profonde (2 à 4 m), plusieurs juvéniles âgés de plus de deux ans de chevaliers rouge et blanc de même que des chevaliers adultes ont été capturés. Ces résultats suggèrent qu'il pourrait exister une ségrégation spatiale selon la profondeur en fonction de la taille des chevaliers. Il est possible que les chevaliers 1+ reviennent au niveau des rives au début du printemps puis, à mesure que cette niche est occupée par les jeunes de l'année, ils se déplacent graduellement vers des zones plus profondes. D'autre part, il est également plausible que la vulnérabilité des chevaliers face à la seine change lorsqu'ils deviennent plus âgés.

2.4.5 Caractérisation de l'habitat des chevaliers

Comme les milieux échantillonnés et caractérisés se sont avérés relativement uniformes, les données concernant l'habitat des jeunes chevaliers 0+ et 1+ recueillies au cours de cette étude permettent plutôt de décrire sommairement l'habitat utilisé par ces derniers. L'habitat utilisé ne reflète pas nécessairement toujours les préférences (Aadland 1993). Au plus, quelques tendances peuvent être mises en évidence, tendances qui pourraient témoigner de certaines préférences des jeunes stades de chevaliers et ce, surtout des chevaliers rouge et blanc qui sont les plus représentés dans l'échantillon. En effet, étant donné les faibles effectifs des chevaliers jaune, de rivière et cuivré, il n'est pas possible d'établir de

« préférences » en termes d'habitat pour chacune des espèces. Les résultats obtenus pour les chevaliers 0+ capturés en 1998 ne feront pas partie intégrante de la discussion puisque les effectifs sont faibles ($n = 481$). En ce qui concerne les résultats obtenus grâce aux analyses de corrélations, même si la plupart d'entre elles ne sont plus significatives après l'application de la correction de Bonferroni, les résultats de celles qui présentent un coefficient de corrélation plus élevé seront tout de même présentés et feront partie de la discussion. Certes, en appliquant la correction de Bonferroni, le risque de commettre une erreur de type I (α) (mettre en évidence des liens qui ne seraient pas significatifs en réalité) est réduit mais, en contrepartie, celui de produire une erreur de type II (β) (ne pas détecter un lien qui existe réellement) est augmenté. Dans le cas d'échantillonnages d'espèces rares, le risque de commettre une erreur de type II (β) peut être beaucoup plus lourd de conséquences que celui d'une erreur de type I (α) (Gryska *et al.* 1997, Peterman 1990, Peterman et Bradford 1987). Enfin, il importe de rappeler que les résultats concernant la caractérisation de l'habitat des chevaliers 1+ décrivent l'habitat printanier et il est probable qu'ils fréquentent des milieux différents à l'été. De même, soulignons que les effectifs de chevaliers 1+ du printemps sont également faibles ($n = 425$).

Le fait d'avoir effectué plusieurs types d'analyses (corrélations, comparaisons des caractéristiques environnementales moyennes des stations avec présence et absence de chevalier et des stations localisées en rive droite et en rive gauche, comparaisons des CPUE moyennes de chevaliers pour différentes classes de variables environnementales) a permis de faire ressortir certains points. Globalement, les quelques tendances qui se dégagent de l'étude de l'habitat des chevaliers 0+ et 1+ (capturés au printemps) de la rivière Richelieu suggèrent qu'ils fréquentent les milieux moins profonds (profondeur moyenne $\leq 1,5$ m et profondeur maximale ≤ 3 m), de pentes faibles ($\leq 20^\circ$), pourvus de végétation et où le substrat est relativement fin (mélange d'argile-limon et sable).

Comme les vitesses de courant enregistrées à l'été 1997 et à l'automne 1998 ont été très faibles (variant de 0 à 0,23 m / s pour ces deux périodes), il n'est pas possible de relier cette variable aux captures de chevaliers 0+. Par contre, au printemps 1998, les vitesses de courant étaient plus élevées (0,04 à 0,35 m / s). À cette période (printemps 1998), les CPUE moyennes de chevaliers 1+ ont été plus faibles aux stations affichant les vitesses les plus élevées (supérieures à 0,2 m / s); cependant, aucune différence statistique n'a pu être mise en évidence. La comparaison de la vitesse moyenne du courant entre les stations localisées en rive droite et celles en rive gauche au printemps 1998, montre qu'elle était nettement plus élevée en rive droite (0,17 m / s) qu'en rive gauche (0,01 m / s) (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,01$) et que les CPUE moyennes de chevaliers différaient également de façon significative entre les

deux rives soit 0,98 chevalier 1+ par coup de seine (rive droite) et 5,46 (rive gauche) (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Ces résultats laissent peut-être entrevoir la possibilité que les jeunes chevaliers fréquenteraient davantage les milieux où le courant est faible et que des vitesses au moins supérieures à 0,2 m / s sont nécessaires pour percevoir des différences entre les CPUE moyennes de chevaliers. Ainsi, même si la vitesse du courant s'est avérée statistiquement supérieure aux stations en rive gauche à l'été 1997 (0,036 m / s) comparativement à celles en rive droite (0,013 m / s) et que les CPUE moyennes de chevaliers ont été nettement plus élevées aux stations en rive gauche (27,63) par rapport à celles en rive droite (4,50), cette différence n'est probablement pas interprétable d'un point de vue biologique. D'ailleurs, dans son étude sur l'habitat de plusieurs espèces de poissons à divers stades de leur vie (0+, juvéniles, adultes et en période de reproduction) dont quelques-unes appartenaient à la famille des Catostomidés, Aadland (1993) a utilisé les classes de courant suivantes : $< 0,30$ m / s; $0,30$ à $0,59$ m / s et $\geq 0,6$ m / s pour mettre en relation leur préférence en fonction de la vitesse du courant.

En rive gauche, la transparence de l'eau est plus faible et ce, à toutes les périodes échantillonnées soit à l'été 1997 ainsi qu'au printemps et à l'automne 1998. Il est possible que les jeunes chevaliers 0+ et 1+ (capturés au printemps) aient un meilleur taux de survie dans les endroits plus turbides puisqu'ils sont moins vus par les prédateurs. D'ailleurs, les captures totales de chevaliers 0+ en 1997 dans le secteur de Saint-Marc ont été inversement corrélées à la transparence de l'eau ($r_s = - 0,4550$ et $p < 0,01$). Comme la transparence de l'eau a varié considérablement entre les saisons et que nous ne disposons pas des données du printemps et de l'automne 1997 pour faire des comparaisons interannuelles, il est difficile de déterminer avec plus de précision de quelle façon cette variable influence la distribution des jeunes chevaliers. D'autre part, bien que les adultes de certaines espèces de chevalier puissent être trouvés dans des cours d'eau légèrement turbides, plusieurs auteurs s'entendent sur le fait qu'ils sont plutôt intolérants à la turbidité. Les chevaliers jaune et de rivière sont connus pour être les espèces les plus sensibles (Becker 1983, Jenkins et Burkhead 1994, Robison et Buchanan 1988, Smith 1979, Trautman 1981).

En ce qui concerne les pentes, les résultats tendent à démontrer que les endroits où les pentes sont supérieures à 20° sont moins fréquentés par les jeunes chevaliers. D'ailleurs, même si les coefficients de corrélation sont faibles, ces derniers sont toujours négatifs lorsque des corrélations significatives ont été mises en évidence entre les captures de chevaliers 0+ et 1+ et les pentes 1 et 2. Il semble que 20° de pente constitue une valeur limite. Soulignons que toutes les stations où les pentes 1 sont supérieures à 20° ($n = 8$) sont localisées dans le secteur de Saint-Ours et que dans le secteur de Saint-Marc, toutes les

pentés 1 et 2 sont respectivement inférieures à 16° à 17,5° ce qui est en deçà de cette « limite » de 20°. D'ailleurs, aucune différence statistique n'a été mise en évidence au niveau des CPUE moyennes de chevaliers 0+ et 1+ entre les différentes classes de pentés 1 et 2 dans le secteur de Saint-Marc. En outre, il semble que les pentés au niveau des stations dans le secteur de Saint-Marc n'expliquent pas le fait que les chevaliers 0+ et 1+ fréquentent préférentiellement la rive gauche puisqu'elles ne se sont pas avérées statistiquement différentes entre les rives.

Très peu de variabilité a été enregistrée en ce qui concerne le substrat au niveau des stations échantillonnées et caractérisées. La plupart des stations (plus de 80 %) présentaient des substrats fins constitués de mélanges d'argile-limon et de sable (cote ≤ 4). Les quelques jeunes chevaliers cuivrés 0+ trouvés en 1993 et en 1994 ont été capturés au niveau d'habitats où la nature du substrat correspond à ce qui a principalement été répertorié dans le cadre de cette étude (mélange d'argile-limon et de sable) (Boulet *et al.* 1995). La comparaison des cotes moyennes de substrat entre les stations de la rive droite et de la rive gauche a mis en évidence une différence significative (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,01$) entre la cote moyenne du substrat à 6 mètres de la rive qui est de 1 (argile-limon) aux stations en rive gauche, et celle aux stations en rive droite qui est de 2 (argile-limon dominant et sable). Par contre, ces résultats demeurent difficiles à interpréter sur le plan biologique car aucune différence statistique n'a été trouvée au niveau des CPUE moyennes de chevaliers 0+ (capturés en 1997) entre les stations où le substrat était à dominance d'argile-limon (constitué à plus de 60 % d'argile-limon, cotes 1 et 2) et celles où il était à dominance de sable (constitué à plus de 60 % de sable, cotes 3 et 4). La nature du substrat ne saurait expliquer pourquoi les jeunes chevaliers sont capturés en plus grand nombre en rive gauche dans le secteur de Saint-Marc. Il est peu probable que la préférence quant au type de substrat varie considérablement selon les espèces puisqu'en laboratoire, aucune différence n'a été mise en évidence en ce qui concerne le choix du substrat entre les chevaliers rouge et cuivré à des températures estivales (Branchaud et Fortin 1998).

Même si aucune différence statistique n'a été mise en évidence chez les chevaliers 0+ capturés en 1997, les CPUE moyennes pour les différentes classes de recouvrement végétal ont été beaucoup plus faibles aux stations où le recouvrement végétal était supérieur à 75 %. Il est possible que cette différence résulte d'une efficacité réduite de la seine lorsque la densité de la végétation est élevée (Holland-Bartels et Dewey 1997). Par contre, à l'été 1997, la densité de la végétation s'est avérée statistiquement plus faible (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,01$) aux stations de la rive gauche (environ 11 à 25 %) comparativement à celles en rive droite (26 à 50 %). Certes la présence de végétation a une influence

sur l'efficacité de la seine, mais le seul fait que la végétation soit moins dense en rive gauche n'est probablement pas suffisant pour expliquer que les CPUE moyennes de chevaliers 0+ ont été six fois plus élevées en rive gauche qu'en rive droite à cette période. Ces résultats (fréquentation préférentielle de la rive gauche par les chevaliers 0+ dans le secteur de Saint-Marc versus le recouvrement végétal moins élevé en rive gauche) entraînent probablement un biais, ce qui pourrait expliquer la corrélation négative entre les captures totales de chevaliers 0+ en 1997 dans le secteur de Saint-Marc et la densité de la végétation alors que dans le secteur de Saint-Ours, ces deux variables ont été positivement corrélées et ce particulièrement pour les chevaliers blancs ($r_s = 0,4167$ et $p < 0,01$). Le fait que dans le secteur de Saint-Ours le phénomène de fréquentation préférentielle de l'une ou l'autre des rives n'ait pas été décelé et que la densité moyenne de la végétation ne diffère pas entre les rives et est plus faible (cote moyenne de 1,2 ce qui correspond environ à 13 %) comparativement au secteur de Saint-Marc (cote moyenne de 2,8, environ 45 %) permet de mettre en évidence plus facilement que les jeunes chevaliers de l'année sont effectivement associés à la végétation. Par ailleurs, il semble qu'au printemps, les chevaliers 1+ soient davantage associés à la végétation puisque les CPUE moyennes ont été près de cinq fois plus élevées aux stations où la végétation était présente (12,2 chevaliers par coup de seine) par rapport à celles où elle était absente (2,6 chevaliers par coup de seine). Les captures totales de chevaliers 1+ de même que celles de chevaliers rouges ont également été positivement corrélées à la densité de la végétation ($r_s \approx 0,46$ et $p < 0,01$). De plus, au printemps, une différence statistique a été mise en évidence entre le recouvrement végétal aux stations en rive gauche (4,8 %) et celui des stations en rive droite (1 %) alors que les CPUE moyennes de chevaliers 1+ étaient 5,5 fois plus élevées en rive gauche. Au printemps, la présence de végétation en plus grande abondance de même que les faibles vitesses de courant en rive gauche par rapport à la rive droite pourraient expliquer la fréquentation préférentielle de la rive gauche par les jeunes chevaliers 1+ à cette période de l'année.

La présence de végétation a certainement une influence sur la distribution des chevaliers 0+ car aucun n'a été capturé aux quatre stations où la végétation était absente. Cependant, les résultats ne permettent pas d'estimer la densité optimale de recouvrement végétal pour les chevaliers 0+. Au plus, nous pouvons affirmer qu'elle se situe entre 11 % à 75 %. Nos résultats concordent avec ceux de Boulet *et al.* (1995) qui rapportent, en 1993, la capture de jeunes chevaliers principalement au niveau d'herbiers de la rive droite du Bassin de Chambly de même que la capture de deux jeunes chevaliers cuivrés de l'année (secteur de Saint-Marc) à des endroits où la couverture végétale atteignait 40 %. Johnson et Jennings (1998) ont trouvé que la densité de plusieurs espèces de poissons de petite taille et de juvéniles d'autres espèces était étroitement liée (positivement) à l'abondance de la végétation et que ce type

d'habitat leur procure plusieurs avantages (augmentation des ressources alimentaires, protection contre la prédation).

La présence de macrophytes dans les écosystèmes aquatiques accroît la surface disponible pour la colonisation par les invertébrés. Des études ont démontré que l'abondance et / ou la diversité des larves de chironomides étaient étroitement reliées à la présence de macrophytes (Pinder 1986). Plusieurs proies répertoriées dans les tractus digestifs des chevaliers juvéniles 0+ et 1+ (capturés au printemps) sont souvent associées à la végétation telles les chydoridés, les macrothricidés, les ostracodes, certains copépodes harpacticoïdes et larves de chironomides (Delorme 1991, Dodson et Frey 1991, Edmondson 1959, Pinder 1986, Williams et Feltmate 1992). Les endroits pourvus de végétation pourraient offrir une plus grande abondance et variété au niveau des ressources alimentaires pour les jeunes chevaliers. Une telle association avec la végétation en période d'alimentation a été observée chez des jeunes chevaliers noirs de l'année (*Moxostoma duquesnei*) (Bowman 1970). De même, Campbell (1992) et Hauser (1969) mentionnent que les juvéniles de meuniers des montagnes (*Catostomus platyrhynchus*) fréquentent les endroits où la végétation est abondante. La présence de végétation pourrait également leur offrir une certaine protection contre la prédation puisque les larves et les juvéniles de plusieurs espèces de la famille des Catostomidés peuvent être sujets à une prédation importante (Marsh et Langhorst 1988, Minckley *et al.* 1991, Scott et Crossman 1974). Werner *et al.* (1977) ont observé que les individus de plus petite taille de deux espèces de la famille des Centrarchidés fréquentaient les milieux où la végétation est plus dense afin d'échapper à la prédation.

Bien que l'exploration des zones profondes n'ait pas été faite pour les jeunes chevaliers de l'année (0+), il ressort de cette étude qu'ils fréquentent fortement les rives et ce, durant le premier été et le premier automne. Dans le cadre d'échantillonnages de juvéniles 0+ de chevaliers dans la rivière Richelieu en 1993 et en 1994, plusieurs types d'habitats (rive, talus et chenal) ont été échantillonnés grâce à divers engins de pêche : seine de rivage, pièges lumineux, bourrolles et un chalut improvisé (Boulet *et al.* 1995). L'exploration des zones profondes a été tentée en 1994 et, bien que le chalut n'était pas l'engin idéal pour échantillonner ces milieux, aucun chevalier 0+ n'a été capturé en zone profonde mais un grand nombre de spécimens (surtout en 1993) ont été capturés en rive (Boulet *et al.* 1995). Il est donc possible que les zones profondes soient effectivement peu fréquentées par les jeunes chevaliers de l'année. D'ailleurs, chez les juvéniles 0+ plusieurs corrélations négatives ont été mises en évidence entre les captures et différentes profondeurs notamment pour la profondeur à 6 m de la rive (la seule qui est

demeurée significative après l'application de la correction de Bonferroni). Les coefficients de corrélation les plus élevés ont été enregistrés pour ce descripteur de l'habitat.

Au printemps suivant, les chevaliers 1+ semblent revenir au niveau des rives et pourraient les quitter plus tard en saison. Contrairement aux résultats obtenus pour les jeunes chevaliers de l'année, les captures totales de chevaliers 1+ et celles des chevaliers rouges ont été positivement corrélées aux profondeurs maximale et moyenne. Ce phénomène est difficile à interpréter mais pourrait être attribuable aux faibles effectifs ($n = 425$) de même qu'au nombre restreint de stations où ils ont été capturés (18 sur 40). En outre, les coefficients de corrélation sont relativement faibles (variant de 0,32 à 0,40) et les corrélations ne se sont pas avérées significatives après l'application de la correction de Bonferroni. En ce qui concerne le comportement des chevaliers 1+ (quitter les rives durant la saison estivale), il ne s'agit que d'une hypothèse; les données recueillies au cours de la présente étude sont nettement insuffisantes pour dégager toute tendance. Un tel comportement a cependant été observé chez les meuniers noirs (*Catostomus commersoni*). Les jeunes de l'année fréquentent les endroits peu profonds et présentent un comportement très grégaire lorsqu'ils s'alimentent durant le jour (Becker 1983, Stewart 1926). Après le premier hiver, leur comportement change; ils fréquentent les endroits plus profonds et s'éloignent des rives durant le jour pour y revenir durant la nuit pour s'alimenter (Chen et Harvey 1995, Stewart 1926, Trippel et Harvey 1987). Les jeunes meuniers tachetés (*Minytrema melanops*) se regroupent également en banc pour s'alimenter durant le jour alors que les adultes s'alimentent à l'aube et au crépuscule (Becker 1983). De même, les jeunes chevaliers noirs de l'année (*Moxostoma duquesnei*) ont été observés en banc lorsqu'ils s'alimentent (Bowman 1970). Il est possible, qu'au moins durant leur première année, les jeunes chevaliers de l'année présentent également un comportement grégaire lorsqu'ils s'alimentent et que, vraisemblablement, les rives et les zones peu profondes soient les endroits qu'ils privilégient pour s'alimenter.

La profondeur et la pente tendent à influencer la distribution des jeunes chevaliers 0+. Il est impossible de dégager de tendances claires quant à l'influence de la vitesse du courant sur la distribution des jeunes chevaliers dans la rivière Richelieu puisque toutes les vitesses de courant enregistrées dans le cadre de cette étude sont relativement faibles ($\leq 0,35$ m / s). En fait, presque toutes les valeurs de la vitesse du courant mesurées dans le cadre de cette étude font partie de la plus petite classe de vitesse ($< 0,30$ m / s) utilisée par Aadland (1993) pour définir différents types d'habitats chez plusieurs espèces de poissons. Selon Aadland (1993) et Bain *et al.* (1988), la profondeur et la vitesse du courant sont des variables importantes pour définir certains types d'habitats pour plusieurs espèces de poissons à

différents moments de leur vie. En général, les jeunes de l'année de la plupart des espèces fréquentent les endroits peu profonds et à faibles courants comparativement aux adultes (Aadland 1993, Bain *et al.* 1988, Johnson et Jennings 1998). Chez quatre espèces de la famille des Catostomidés (*Moxostoma erythrum*, *Hypentelium nigricans*, *Carpiodes cyprinus* et *Carpiodes carpio*), Aadland (1993) a trouvé que les jeunes de l'année (0+) fréquentaient les milieux à faibles courants (< 0,3 m / s) et peu profonds (< 0,6 m) comparativement aux adultes qui préfèrent les endroits plus profonds où les vitesses de courant sont plus élevées. Les résultats obtenus au cours de la présente étude, qui suggèrent que les juvéniles des cinq espèces de chevaliers de la rivière Richelieu fréquentent les habitats peu profonds et à faibles courants (rives), concordent avec ce qui a déjà été observé antérieurement dans la rivière Richelieu et avec ce qui a été rapporté par plusieurs auteurs pour des juvéniles de ces mêmes espèces dans différentes régions (Boulet *et al.* 1995, Jenkins et Burkhead 1994, Meyer 1962). L'utilisation de tels habitats par des juvéniles de plusieurs autres espèces de la famille des Catostomidés a déjà été documentée (Aadland 1993, Becker 1983, Bowman 1970, Campbell 1992, Goodchild 1990, Hauser 1969, Jenkins et Burkhead 1994, Meyer 1962, Minkley *et al.* 1991, Scopettone *et al.* 1986, Stewart 1926). Des zones peu profondes d'eau calme où le substrat est très fin favorisent l'établissement de végétation aquatique (French et Chambers 1996, Johnson et Jennings 1998, Wertz et Weisner 1997) et d'une grande variété d'invertébrés benthiques (Pinder 1986). Pour les jeunes chevaliers de l'année les rives représentent donc un habitat de choix.

Les jeunes chevaliers fréquentent également en grand nombre les rives des îles Jeannotte et aux Cerfs (secteur de Saint-Marc). Selon Johnson et Jennings (1998) la présence d'îles dans les rivières de grande envergure contribue à augmenter l'hétérogénéité des habitats. Les caractéristiques reliées à l'île proprement dite comme sa forme, son emplacement et la profondeur en périphérie auraient peu d'influence sur la densité des poissons. Par contre, les caractéristiques environnementales considérées à plus petite échelle telles : la profondeur, le type de sédiments et l'abondance de la végétation auraient une influence sur les communautés de poissons d'espèces de petite taille et les juvéniles d'autres espèces (Johnson et Jennings 1998). Dans la rivière Richelieu, la station 22 A (rive gauche) de l'île Jeannotte a été très productive en termes de captures de chevaliers 0+ et 1+ et neuf des 16 chevaliers cuivrés (0+ et 1+) ont été capturés à cet endroit. À cette station, la zone peu profonde (profondeur moyenne de 1,2 m) est très élargie et les pentes 1 et 2 sont presque nulles. De même, la vitesse du courant est faible (voire nulle à l'été); le secteur semble être un peu à l'abri du courant principal, la végétation s'installe tôt au printemps et est dense durant l'été (recouvrement végétal moyen de 51 à 75 %) et le substrat est constitué d'argile-limon et de sable. Il semble que ce type d'habitat soit particulièrement utilisé par les

jeunes chevaliers. D'autres milieux dont les caractéristiques étaient relativement similaires pour la majorité des variables environnementales étaient également très fréquentés par les jeunes chevaliers.

Malgré les efforts consentis, il a été difficile de caractériser l'habitat des juvéniles 0+ et 1+ de chevaliers dans la rivière Richelieu comme nous l'entendions au départ, c'est-à-dire déterminer avec plus de précision les préférences plutôt que les habitats utilisés. Par contre, certaines tendances ont pu être mises en évidence. Cela est principalement attribuable au fait que les habitats visités étaient relativement homogènes. En fait, il appert que cela constitue une caractéristique de la rivière Richelieu dans les secteurs échantillonnés et caractérisés. La quantification des ressources alimentaires (abondance, diversité, densité) utilisées par les jeunes chevaliers pourrait peut-être apporter quelques précisions sur le sujet. Le fait que plusieurs chevaliers cuivrés aient été capturés dans une région très restreinte et plus particulièrement à l'île Jeannotte demeure encore un mystère...

CONCLUSION GÉNÉRALE ET RECOMMANDATIONS

Le chevalier cuivré est si rare qu'il est difficile d'obtenir de solides connaissances de base sur les jeunes stades en milieu naturel. Les résultats obtenus au cours de la présente étude confirment que le chevalier cuivré est une espèce menacée et que dès les premiers stades de l'ontogénie il pourrait être plus vulnérable comparativement aux autres espèces de chevaliers vivant en sympatrie. Cette rareté des juvéniles de chevalier cuivré reflète probablement les difficultés qu'il éprouve à se reproduire de même que le vieillissement graduel de sa population dans la rivière Richelieu. En ce qui concerne le chevalier de rivière, les captures totales de juvéniles 0+ en 1997 ont été beaucoup plus élevées que l'on ne s'y attendait. Plusieurs indices laissent croire que le succès de la reproduction du chevalier de rivière dans la rivière Richelieu a été exceptionnel en 1997. Par contre, comme un seul juvénile 0+ de chevalier de rivière a été capturé à l'automne 1998 et ce, malgré un échantillonnage intensif, il ne faudrait pas sauter trop rapidement aux conclusions en ce qui concerne l'état de sa population dans la rivière Richelieu. La situation du chevalier de rivière est peut-être un peu moins précaire que l'on croyait mais d'autres recherches sont nécessaires pour en dégager de réelles conclusions. D'autre part, une attention particulière devrait être portée au chevalier jaune puisque les résultats obtenus dans le cadre de la présente étude démontrent que l'abondance relative des juvéniles de cette espèce est également très faible (moins de 10 %) comparativement aux chevaliers rouges et blancs. D'ailleurs, chez les juvéniles 0+ de 1997 les captures totales de chevaliers jaunes ($n = 126$) ont été à peine plus élevées que celles de chevaliers de rivière ($n = 113$) alors que chez les juvéniles 1+ capturés au printemps 1998 elles ont été plus faibles pour le chevalier jaune ($n = 58$) comparativement au chevalier de rivière ($n = 77$). Par ailleurs, si nous considérons l'ensemble des chevaliers adultes et juvéniles âgés de plus de deux ans capturés dans le cadre de cette étude, les chevaliers jaunes ne comptent que pour 5,9 % des effectifs.

Les régimes alimentaires des juvéniles 0+ des différentes espèces de chevalier diffèrent de ceux des adultes et sont constitués principalement de microcrustacés (cladocères de la famille des chydoridés et copépodes harpacticoïdes), de larves d'insectes (chironomides), de vers (nématodes) et d'algues (diatomées et desmidées). Les diètes sont relativement similaires (indices de Schoener élevés) entre les espèces (sauf pour le chevalier rouge qui est davantage entomophage) et évoluent peu au cours de la première année. En outre, la sélection des proies selon leur taille serait davantage reliée à la taille des jeunes chevaliers plutôt qu'aux caractéristiques de leurs branchicténies. Pour certaines proies, la

possibilité d'une sélectivité différentielle en fonction de leur taille entre les différentes espèces de chevalier a été mise en évidence.

Notre première hypothèse prévoyait que les espèces dont les périodes de fraie sont rapprochées présentent un degré plus élevé de recouvrement alimentaire. Les résultats obtenus infirment cette hypothèse. En fait les jeunes chevaliers de l'année des différentes espèces s'alimentent des même types de proies et ce, indépendamment de la saison. Seuls les chevaliers rouges se distinguent des autres espèces au niveau de leur diète au cours de la première année. L'évolution temporelle des régimes alimentaires tend à démontrer que les variations résulteraient davantage des fluctuations saisonnières au niveau de la ressource alimentaire que de différences interspécifiques reliées à la date de fraie des différentes espèces puisque les mêmes tendances ont généralement été observées pour toutes les espèces.

Notre seconde hypothèse prévoyait que le degré de recouvrement du régime alimentaire des juvéniles 0+ des différentes espèces soit plus élevé durant l'été et s'atténue à l'automne. Les résultats obtenus démontrent le contraire. En effet, les indices de Schoener sont généralement plus élevés et ils sont significatifs en plus grand nombre à l'automne comparativement à l'été. Cette hypothèse avait été formulée en pensant que dès le début de la phase juvénile, la conformation de l'appareil pharyngien influencerait le régime alimentaire comme cela est le cas chez les adultes. Ainsi, la conformation particulière de l'appareil pharyngien chez les chevaliers cuivré et de rivière, qui est connue pour s'établir très tôt durant la phase juvénile, influencerait dès lors leur régime alimentaire. Il semble que ce ne soit pas le cas. En fait, si l'on en juge par les résultats obtenus concernant les régimes alimentaires des chevaliers 1+ ainsi que de celui du chevalier de rivière âgé de deux ans, la spécialisation au niveau de la diète des chevaliers cuivré et de rivière serait un processus graduel qui s'effectuerait après la spécialisation de leur appareil pharyngien. Cette spécialisation au niveau de leur diète, qui permet chez les adultes de faibles recouvrements alimentaires entre les différentes espèces (Eastman 1977, Mongeau *et al.* 1986, 1992) pourrait résulter de l'exposition à certains types de proies, de l'expérience et de l'apprentissage comme cela a été observé chez d'autres espèces (Dill 1983, French 1997). D'autres travaux sont cependant nécessaires pour vérifier cette hypothèse. Comme le régime alimentaire des chevaliers cuivrés adultes n'a jamais été comparé avec la ressource alimentaire (densité et composition de la faune benthique) et que, dans le cadre de cette étude, nous n'avons malheureusement pas pu faire de telles comparaisons pour les juvéniles, il serait souhaitable voire essentiel de procéder à ces

comparaisons afin d'évaluer jusqu'à quel point la disponibilité de la ressource alimentaire pourrait contribuer au déclin du chevalier cuirvé et ce, surtout pour les juvéniles un peu plus âgés et les adultes.

Plusieurs données recueillies au cours de la présente étude mettent en évidence que les jeunes chevaliers cuirvés présentent davantage de caractères de vulnérabilité par rapport aux autres espèces et ce, dès leur première année de vie. En effet, même si nous n'avons pas pu le démontrer clairement, il est possible que le taux de croissance des jeunes chevaliers cuirvés de l'année soit relativement lent puisque, chez les juvéniles 0+ des autres espèces, le taux de croissance était d'autant plus lent que les espèces frayaient tardivement. Évidemment, la taille moyenne des chevaliers cuirvés à l'automne est nettement inférieure à celle des individus des autres espèces ce qui le rendrait plus vulnérable à la prédation et pourrait l'exposer à une mortalité hivernale plus élevée. Cette plus grande vulnérabilité du chevalier cuirvé par rapport aux autres espèces est en partie attribuable au fait qu'il fraye plus tardivement mais est intensifiée par les activités d'origine anthropique qui mènent à la dégradation des milieux aquatiques. Tous les facteurs qui retarderaient la reproduction du chevalier cuirvé pourraient être lourds de conséquence sur la survie du frai. Une des façons d'intervenir serait de protéger les aires de reproduction du chevalier cuirvé particulièrement la frayère du Bassin de Chambly, qui est envahie par les plaisanciers au moment où les quelques géniteurs tentent de s'y reproduire (Gendron et Branchaud 1998). À cet effet, le projet de refuge faunique des rapides de Chambly proposé par Gendron et Branchaud (1998) devrait être entériné et mis de l'avant le plus tôt possible.

La survie des jeunes de l'année est d'une grande importance pour assurer le renouvellement de la population et ultimement la survie du chevalier cuirvé. Il est essentiel que les jeunes chevaliers cuirvés disposent d'habitats qui leurs sont favorables tant sur le plan de la nutrition que sur celui des conditions physiques. Les milieux les plus fréquentés par les jeunes chevaliers sont peu profonds (profondeur moyenne $\leq 1,5$ m et profondeur maximale ≤ 3 m), de faibles pentes ($\leq 20^\circ$), pourvues de végétation et d'un substrat relativement fin (mélange d'argile-limon et sable). La présente étude a permis de mettre en évidence la grande utilisation des rives par les jeunes chevaliers de l'année. Plus particulièrement la rive gauche de l'île Jeannotte dans le secteur de Saint-Marc pourrait constituer un important site d'alevinage pour les jeunes chevaliers. Les juvéniles fréquentent également en abondance la rive gauche de l'île aux Cerfs. À l'heure actuelle, les rives aux abords de ces îles, qui sont de propriété privée, sont intactes et il serait essentiel qu'elles demeurent ainsi. Il ne fait aucun doute qu'une détérioration à grande échelle des rives de la rivière Richelieu entraînerait une perte considérable d'habitat pour les jeunes chevaliers de l'année ainsi que pour plusieurs autres espèces de la faune ichthyenne. Aussi, les diverses personnes

chargées d'intervenir dans ce dossier devraient porter une attention particulière à certains travaux d'aménagements des berges dans la rivière Richelieu. Au cours des échantillonnages de 1997 et de 1998 (présente étude) nous avons pu observer d'importants travaux de stabilisation des berges ainsi que des déversements d'égout à quelques endroits dans le secteur de Saint-Marc. La protection de l'habitat est primordiale pour la sauvegarde du chevalier cuirvé. Cette protection, qui viserait non seulement les aires de reproduction mais également les rives qui sont largement fréquentées par les juvéniles, inclurait le volet concernant les caractéristiques physiques et biologiques de même que celui concernant la qualité de l'eau de la rivière Richelieu. Par ailleurs, toutes les mesures visant à préserver ou à rétablir l'intégrité des habitats aquatiques de la rivière Richelieu seraient bénéfiques pour plusieurs autres espèces. Ces mesures ne sauraient être efficaces sans l'implication de la population. Aussi, l'information et l'éducation jouent un rôle prépondérant. Plusieurs efforts sont encore à faire pour sensibiliser la population face à certaines questions environnementales notamment la problématique des espèces menacées. À titre d'exemple, à l'été 1997, un individu qui revenait de pêcher dans le Bassin de Chambly était fier d'avoir capturé un chevalier cuirvé, une espèce rare. Heureusement, il s'agissait d'un chevalier jaune et, après avoir discuté avec lui, le spécimen fut relâché.

À ce jour, nos connaissances concernant la biologie du chevalier cuirvé ainsi que les causes potentielles de son déclin évoluent. Par exemple, différents travaux ont permis d'acquérir des connaissances de base sur son cycle vital telles la reproduction (période et température de fraie, fécondité, identification et caractérisation des aires de fraie, impact potentiel des contaminants), l'habitat, l'alimentation et la croissance des adultes de même que sur l'état des populations dans divers cours d'eau (Boulet *et al.* 1995, 1996, Gendron et Branchaud 1997, Jenkins 1970, La Haye *et al.* 1992, 1993, Mongeau *et al.* 1986, 1992). Les travaux de Branchaud et Jenkins (1999) ont permis de retracer l'évolution de la perception du chevalier cuirvé dans un contexte historique et de formuler de nouvelles hypothèses qui pourraient expliquer son déclin. Plus particulièrement chez les jeunes stades, des études ont permis de développer des techniques d'analyse génétique pour l'identification des oeufs et des larves (Branchaud *et al.* 1996, Gendron et Branchaud 1991), de tester des techniques de marquage des juvéniles (Beaulieu 1996, Branchaud *et al.* 1995), d'acquérir des connaissances sur leur comportement (Branchaud et Fortin 1998) ainsi que sur divers aspects de leur biologie (identification, croissance, alimentation et habitat) (présente étude). Des techniques de reproduction artificielle de même que d'élevage ont également été développées et ont conduit à l'ensemencement de nombreux juvéniles (Branchaud et Gendron 1993, Branchaud *et al.* 1993, 1995, Branchaud et Fortin 1998). L'ensemencement peut contribuer à restaurer une certaine partie de la population mais ne peut maintenir qu'une portion de la

variabilité génétique (Dowling *et al.* 1996). Il faut donc s'assurer d'obtenir le maximum de diversité génétique lors de la production et de l'ensemencement de chevaliers cuivrés; d'où l'importance d'élaborer un plan de reproduction le plus rapidement possible. L'ensemencement de chevaliers cuivrés s'avère cependant une excellente mesure pour augmenter le nombre d'individus mais se doit d'être menée de concert avec des actions visant la protection de l'habitat. Elle doit donc être considérée comme une mesure palliative. À la lumière des résultats obtenus au cours de la présente étude, il serait souhaitable de multiplier les efforts d'ensemencement. Cependant, l'ensemencement de spécimens de plus grande taille devrait être envisagée afin de leur assurer une meilleure survie. Bien entendu, une telle mesure serait plus coûteuse mais pourrait être beaucoup plus avantageuse à long terme. Le secteur de Saint-Marc semble le plus approprié pour faire desensemencements puisque les chevaliers juvéniles et adultes y ont été trouvés en plus grande diversité et abondance. En outre, les caractéristiques environnementales varient moins et les habitats susceptibles d'être le plus fréquentés par les juvéniles pourraient être plus nombreux dans le secteur de Saint-Marc comparativement au secteur de Saint-Ours. Les quelques informations recueillies dans le cadre de cette étude concernant l'habitat des jeunes chevaliers juvéniles pourraient également servir de guide pour d'éventuelsensemencements de chevaliers cuivrés dans des cours d'eau qu'il occupait auparavant.

Pour mesurer l'impact des diverses actions entreprises et afin d'évaluer le succès de reproduction des différentes espèces, des suivis périodiques du recrutement des jeunes chevaliers de l'année pourraient être mis de l'avant. En vue de s'assurer d'obtenir des captures suffisantes de même que de pouvoir identifier facilement les spécimens, ces suivis devraient se dérouler à l'intérieur d'une période qui serait comprise entre la mi-septembre jusqu'à la fin du mois d'octobre au moment où la température de l'eau est supérieure à 12°C. Les données concernant les captures par unité d'effort des différentes espèces de chevalier obtenues aux diverses stations dans le cadre de la présente étude pourraient servir de base pour établir des comparaisons. Toutefois, le plan d'échantillonnage devra être bien établi afin de s'assurer d'obtenir suffisamment d'informations pour détecter les changements au niveau du recrutement. L'importance de la puissance statistique dans la gestion des pêcheries est reconnue (Cyr *et al.* 1992, Hardin et Connor 1992, Parkinson *et al.* 1988, Peterman 1990, Peterman et Bradford 1987, Toft et Shea 1983) mais son application dans le cadre de suivis qui font partie de programmes de conservation et de gestion d'espèces menacées est peu répandue (Gryska *et al.* 1997). En ce qui concerne les espèces menacées ou en difficulté, l'erreur de type II (β) est beaucoup plus importante que celle de type I (α) car le fait de ne pas détecter un déclin au niveau de la population lorsqu'il se produit vraiment (erreur de type II) peut entraîner des conséquences irréversibles (Gryska *et al.* 1997, Peterman

1990, Peterman et Bradford 1987). Il importe également de préciser *a priori* le niveau de détection souhaité ce qui permettra de déterminer la taille de l'échantillon et l'effort pour obtenir le niveau de puissance statistique voulu (Gryska *et al.* 1997, Peterman 1990). Bien qu'il n'y ait pas encore de règle établie, Gryska *et al.* (1997) suggèrent que pour le suivi d'une espèce menacée le niveau de détection pourrait être fixé à 20 %, α à 0,20 et β à 0,10 ce qui constituerait un compromis acceptable entre la puissance statistique, la taille de l'échantillon, l'effort et les coûts. Enfin, d'autres travaux ayant pour objectifs de vérifier plus précisément l'hypothèse d'une mortalité sélective hivernale selon la taille chez les jeunes chevaliers, d'évaluer le succès de la reproduction des chevaliers en le reliant aux variations interannuelles au niveau de la température de l'eau et des débits ou de vérifier l'impact des contaminants ainsi que de certaines variables physico-chimiques sur la survie du frai des chevaliers pourraient s'avérer pertinents. Des travaux visant à générer une clé d'identification des jeunes *Moxostoma* du Québec devraient toutefois être considérés comme prioritaires.

Bien que le processus d'extinction soit un phénomène biologique naturel auquel toute espèce vivant sur la terre doit continuellement faire face, certains scientifiques estiment que le taux d'extinction des espèces est de 40 à 400 fois plus rapide qu'il ne le serait si l'Homme n'intervenait pas au niveau des écosystèmes par ses diverses activités (Ono *et al.* 1983). Les facteurs qui motivent l'intérêt de la population à protéger une espèce particulière dépendent, en grande partie, de son attrait pour les humains comme par exemple : sa relation avec les humains, sa valeur économique, sa visibilité et la raison pour laquelle elle est menacée. Malheureusement, le chevalier cuivré attire encore trop peu l'attention. En outre, comme les poissons vivent dans un milieu qui nous est peu familier, l'attitude générale des gens à l'égard de la protection d'espèces de poissons menacés est très souvent celle de « loin des yeux, loin de l'esprit » (Ono *et al.* 1983). Si nous désirons renverser ces tendances, des actions concrètes doivent être mises de l'avant le plus tôt possible pour sauvegarder le chevalier cuivré sans quoi il ne sera plus qu'une « légende » comme c'est le cas du *Moxostoma lacerum*, du *Chasmistes liorus liorus*, du *Chasmistes muriei*, du *Lagochila lacera* (tous des Catostomidés) ou encore du *Coregonus alpenae*, du *Coregonus johanna*, du *Stizostedion vitreum glaucum*, du *Rhinichthys cataractae smithi*... (Campbell 1996, Jenkins et Burkhead 1994, Minckley et Douglas 1991). « Nature has equipped *Homo sapiens*, the wise species, with a conscience to direct the fearful power of the brain and hand. Only the human species contains moral agents, but perhaps conscience is less wisely used than it ought to be when it exempts every other form of life from consideration, with the resulting paradox that the sole moral species acts only in its collective self-interest toward all the rest. » (Rolston III 1991).

RÉFÉRENCES

- Aadland, L. P. 1993. Stream habitat types : Their fish assemblages and relationship to flow. North American Journal of Fisheries Management, 13 : 790 - 806.
- Ahlgren, M. O. 1990a. Nutritional significance of facultative detritivory to the juvenile white sucker (*Catostomus commersoni*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47 : 49 - 54.
- Ahlgren, M. O. 1990b. Diet selection and the contribution of the detritus to the diet of the juvenile white sucker (*Catostomus commersoni*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47 : 41 - 48.
- Amoros, C. 1984. Crustacés et Cladocères. Coll. Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises no 5. Extrait du Bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon 53^e année, n^{os} 3 et 4, 145 p.
- Anderson, R. O. et S. J. Gutreuter. 1983. Length, weight, and associated structural indices. p. 283 - 300. In : Fisheries techniques. L. A. Nielsen and D. J. Johnson (eds.). American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. 468 p.
- Bain, M. B., J.T. Finn et H. E. Booke. 1988. Streamflow regulation and fish community structure. Ecology, 69 : 382 - 392.
- Beauchard, O. 1998. Morphologie comparée des arcs branchial et pharyngien des cinq espèces de chevalier : *Moxostoma anisurum*, *Moxostoma carinatum*, *Moxostoma hubbsi*, *Moxostoma macrolepidotum* et *Moxostoma valenciennesi*. Rapport présenté dans le cadre du cours d'initiation à la recherche. Montréal, Université du Québec à Montréal, 20 p.
- Beaulieu, A. 1996. Évaluation de la rémanence de marques fluorescentes sur des suceurs cuivrés juvéniles (*Moxostoma hubbsi*) 18 mois après une première exposition à l'oxytétracycline. Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, Québec, 10 p.
- Becker, G. C. 1983. Fishes of Wisconsin. The University of Wisconsin Press. Madison. Wisconsin. 1052 p.
- Bernatchez, L., R. Guyomard et F. Bonhomme. 1992. DNA sequence variation of the mitochondrial control region among geographically and morphologically remote European brow trout *Salmo trutta* populations. Molecular Ecology, 1 : 161 - 173.
- Billy, A. J. 1982. The effects of formalin and isopropyl alcohol on length and weight measurements of *Sarotherodon mossambicus* Trewavas. J. Fish Biol. 21 : 107 - 112.
- Borror, D. J., C. A. Triplehorn et N. F. Johnson. 1992. An introduction to the study of insects. Sixth Edition. Saunders College Publishing, Philadelphia, 875 p.
- Boulet, M., J. Leclerc et P. Dumont. 1995. Programme triennal d'étude sur le suceur cuivré. Rapport d'étape. Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction régionale de Montréal, Laval, Lanaudière, Laurentides, Montérégie, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Montréal, 61 p.

- Boulet, M., Y. Chagnon et J. Leclerc. 1996. Recherche et caractérisation des aires de fraye des suceurs cuivré et ballot au bief d'aval du barrage de Saint-Ours (rivière Richelieu) en 1992. Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction régionale de la Montérégie, service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Longueuil, Rapport de travaux. 06-38, xi + 37 p.
- Bovee, E. K. 1986. Development and evaluation of suitability criteria for use in the Instream Flow Incremental Methodology, Instream Flow Information Paper 21, U. S. Fish. Wild. Serv. Biol. (7), 235 p.
- Bowen, S. H. 1983. Quantitative description of the diet. p. 325 - 336. In : Fisheries techniques. L. A. Nielsen and D. J. Johnson (eds.). American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. 468 p.
- Bowman, M. L. 1970. Life history of the black redhorse, *Moxostoma duquesnei* (Lesueur), in Missouri. Trans. Amer. Fish. Soc. 99 : 546 - 559.
- Branchaud, A. et A. D. Gendron. 1993. Artificial spawning and rearing of the copper redhorse, *Moxostoma hubbsi* (Teleostei : Catostomidae). Can. Field. Nat. 107 : 279 - 282.
- Branchaud, A., M. Boulet, S. Pépin et R. Fortin. 1993. Essais de reproduction artificielle du suceur cuivré entrepris au cours de l'été 1993. Québec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Rapport de travaux. 06 - 34. 34 p.
- Branchaud, A., D. Hatin, P. Cayer, L. Côté, P. Dumont et R. Fortin. 1995. Reproduction artificielle et élevage du suceur cuivré. Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction régionale de Montréal, Laval, Lanaudière, Laurentides, Montérégie, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Montréal, Rapport de travaux. 06 - 34. 49 p.
- Branchaud, A., L. Bernatchez, J. Leclerc et R. Fortin. 1996. Identification des larves et des oeufs des suceurs, *Moxostoma*, par analyse de l'ADN mitochondrial. Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats. Rapport technique. 18 p.
- Branchaud, A., A. D. Gendron, J. F. Bergeron et P. Dumont. 1998. Proposition de changement du nom français du suceur cuivré. Lettre adressée à Monsieur Gilles Harvey et datée du 21 janvier 1998. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction régionale de la Montérégie. 6 p.
- Branchaud, A. et R. Fortin. 1998. Reproduction artificielle, élevage et comportement des jeunes stades du chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*). Rapport préparé pour le Fonds pour le Rétablissement des Espèces Canadiennes en Péril. Université du Québec à Montréal, Montréal, 27 p.
- Branchaud, A. et R. E. Jenkins. 1999. Pierre Fortin (1823 - 1888) et la première description scientifique du chevalier cuivré, *Moxostoma hubbsi*. Can. Field. Nat. 113 : 345 - 358.
- Brandlova, J., Z. Brandl et C. H. Fernando. 1972. The Cladocera of Ontario with remarks on some species and distribution. Can. J. Zool. 50 : 1373 - 1403.

- Brown, B. A. 1984. Comparative life histories of some species of redhorse, subgenus *Moxostoma*, genus *Moxostoma*. Doctoral dissertation. Terre-Haute, Indiana State University, 74 p.
- Brown, C. J. D. et R. J. Graham. 1954. Observations on the longnose sucker in Yellowstone lake. Trans. Amer. Fish. Soc. 83 : 38- 46.
- Burr, B. M., K. M. Crook, D. J. Eisenhour, K. R. Piller, W. J. Poly, R. W. Sauer, C. A. Taylor, E. R. Atwood et G. L. Seegert. 1996. Selected Illinois fishes in jeopardy : new records and status evaluations. Transactions of the Illinois State Academy of Science, 89 : 169 - 186.
- Buynak, G. L., H. W. Mohr Jr. 1979. Larval development of the shorthead redhorse (*Moxostoma macrolepidotum*) from the Susquehanna River. Trans. Amer. Fish. Soc. 108 : 161 - 165.
- Campbell, R. E. 1992. Status of the mountain sucker, *Catostomus plathyrrhynchus*, in Canada. Can. Field. Nat. 106 : 27 - 35.
- Campbell, R. R. 1996. Rare endangered fishes and marine mammals of Canada : COSEWIC fish and marine mammal subcommittee status report : X. Can. Field. Nat. 110 : 454 - 461.
- Campbell, R. R. 1998. Rare endangered fishes and marine mammals of Canada : COSEWIC fish and marine mammal subcommittee status report : XII. Can. Field. Nat. 112 : 94 -97.
- Cargnelli, L. M. et M. R. Gross. 1996. The temporal dimension in fish recruitment : birth date, body size, and size-dependent survival in a sunfish (bluegill : *Lepomis macrochirus*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53 : 360 - 367.
- Chen, Y. et H. H. Harvey. 1995. Growth, abundance, and food supply of the white sucker. Trans. Amer. Fish. Soc. 124 : 262 - 271.
- Chu, H. F. 1949. How to know the immature insects. Pictured key nature series. Wm. C. Brown Company Plublishers Dubuque, Iowa, 234 p.
- Comité d'intervention. 1995. Plan d'intervention pour la survie du suceur cuivré (*Moxostoma hubbsi*). Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats. 40 p.
- Comité d'intervention. 1999. Plan d'intervention pour la survie du chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*). Québec, Société de la faune et des parcs du Québec. Direction de la faune et des habitats. 55 p.
- Cyr, H., J. A. Downing, S. Lalonde, S. B. Baines et M. L. Pace. 1992. Sampling larval fish populations: choice of sample number and size. Trans. Amer. Fish. Soc. 121 : 356 - 368.
- Delorme, L. D. 1991. Ostracoda. p. 691 - 722. In : Ecology and classification of North American freshwater invertebrates. J. H. Thorp and A. P. Covich (eds). Academic Press, San Diego California, 911 p.
- Dill, L. M. 1983. Adaptative flexibility in the foraging behavior of fishes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40 : 398 - 408.

- Distefano, R. J., M. J. Roell, B. A. Wagner et J. J. Descoske. 1994. Relative performances of four preservatives on fish and crayfish. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 123 : 817- 823.
- Dodson, S. I. et D. G. Frey. 1991. Cladocera and other Branchiopod. p. 723-786. In : *Ecology and classification of North American Freshwater invertebrates*. J. H. Thorp and A. P. Covich (eds). Academic Press, San Diego, California, 911 p.
- Dowling, T. E., W. L. Minckley, P. C. Marsh et E. S. Goldstein. 1996. Mitochondrial DNA variability in the endangered razorback sucker (*Xyrauchen texanus*) : analysis of hatchery stocks and implications for captive propagation. *Conservation Biology*. 10 : 120 - 127.
- Drenner, R. W., J. R. Strickler et W. J. O'Brien. 1978. Capture probability : the role of zooplankter escape in the selective feeding of planktivorous fish. *J. Fish. Res. Can.* 35 : 1370 - 1373.
- Drost, M. R. 1987. Relation between aiming and catch success in larval fishes. *Can. J. Aquat. Sci.* 44 : 304 - 315.
- Dumont, H. J., I. Van de Velde et S. Dumont. 1975. The dry weight estimate of biomass in a selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters. *Oecologia*, 19 : 75 - 97.
- Dumont, P., J. Leclerc, J.-D. Allard et S. Paradis. 1997. Libre passage des poissons au barrage de Saint-Ours, rivière Richelieu. Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction régionale de la Montérégie, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune et Direction des ressources matérielles et des immobilisations, Québec, et Ministère du Patrimoine canadien (Parcs Canada), xiii + 88 p.
- Dunham, A. E., G. R. Smith et J. N. Taylor. 1979. Evidence for ecological character displacement in western american Catostomid fishes. *Evolution*, 33 : 877 - 896.
- Eastman, J. T. 1977. The pharyngeal bones and teeth of Catostomid fishes. *American Midland Naturalist*, 97 : 68 - 87.
- Eder, S. et C. A. Carlson. 1977. Food habits of Carp and White suckers in the South Platte and St. Vrain Rivers and Goosequill Pond, Weld country, Colorado. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 106 : 339 - 346.
- Edmondson, W. T. 1959. *Fresh-water biology*. Second edition. Wiley & Sons, Inc. New York, 1248 p.
- Engel, S. 1974. Effects of formalin and freezing on length, weight and condition factor of Cisco and Yellow Perch. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 103 : 136 - 138.
- Farris, D. A. 1963. Shrinkage of sardine (*Sardinops caerulea*) larvae upon preservation in buffered formalin. *Copeia*, 1963 : 185 - 186.
- Fowler, G. M. et S. J. Smith. 1983. Length changes in silver hake (*Merluccius bilinearis*) larvae : effects of formalin, ethanol, and freezing. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 40: 886 - 870.
- French, J. R. P. III. 1997. Pharyngeal teeth of the freshwater drum (*Aplodinotus grunniens*) a predator of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). *Journal of Freshwater Ecology*, 12 : 495 - 498.

- French, T. D. et P. A. Chambers. 1996. Habitat partitioning in riverine macrophyte communities. *Freshwater Biology*, 36 : 509 - 520.
- Fuiman, L. A. 1979. Descriptions and comparisons of Catostomid fish larvae : Northern Atlantic drainage species. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 108 : 560 - 603.
- Gendron, A. et A. Branchaud. 1991. Identification des oeufs de Catostomidés récoltés au bassin de Chambly en juillet 1991. Québec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Rapport de travaux. 06 - 18, 11 p. + 2 annexes.
- Gendron, A. D. et A. Branchaud. 1997. Impact potentiel de la contamination du milieu aquatique sur la reproduction du suceur cuivré (*Moxostoma hubbsi*) : Synthèse des connaissances. Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Longueuil, Rapport technique. 16 - 02, xvi + 160 p.
- Gendron, A. D. et A. Branchaud. 1998. Dossier de présentation du refuge faunique des rapides de Chambly pour la protection du chevalier cuivré. Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune. Direction régionale de la Montérégie, Longueuil et Direction de la faune et des habitats. iv + 36 p.
- Glenn, C. L. et J. A. Mathias. 1987. Body shrinkage in young Walleye, *Stizostedion vitreum*, preserved with AFA, formalin, ethanol, and quick freezing. *Can. Field. Nat.* 101 : 408 - 414.
- Goodchild, C. D. 1990. Status of the golden redhorse, *Moxostoma erythrurum*, in Canada. *Can. Field. Nat.* 104 : 103 - 111.
- Goodchild, C. D. 1994. Status of the channel darter, *Percina copelandi*, in Canada. *Canada. Can. Field. Nat.* 107 : 431 - 439.
- Gryska, A. D., W. A. Hubert et K. G. Gerow. 1997. Use of power analysis in developing monitoring protocols for the endangered kendall warm springs dace. *North American Journal of Fisheries Management*, 17 : 1005 - 1009.
- Hackney, P. A., W. M. Tatum et S. L. Spencer. 1968. Life history study of the river redhorse, *Moxostoma carinatum* (Cope), in the Cahaba River, Alabama, with notes on the management of the species as a sport fish. *Proc. Ann. Conf. Southeast. Assoc. Game Fish. Commnrs*, Vol. 21 (1967): 324 - 332.
- Hackney, P. A., G. R. Hooper et J. F. Webb. 1971. Spawning behavior, age and growth, and sport fishery for the silver redhorse, *Moxostoma anisurum* (Rafinesque), in the Flint river, Alabama. *Proc. Ann. Conf. Southeast. Assoc. Game Fish. Commnrs*, Vol. 24 (1970): 569 - 576.
- Hardin, S. et L. L. Connor. 1992. Variability of electrofishing crew efficiency, and sampling requirements for estimating reliable catch rates. *North American Journal of Fisheries Management*, 12 : 612 - 617.
- Hauser, W. J. 1969. Life history of the mountain sucker, *Catostomus platyrhynchus*, in Montana. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 98 : 209- 215.

- Hay, D. E. 1984. Weight loss and change of condition factor during fixation of Pacific herring, *Clupea harengus pallasi*, eggs and larvae. J. Fish Biol. 25 : 421 - 433.
- Henderson, P. A., R. H. A. Holmes et R. N. Bamber. 1988. Size-selective overwintering mortality in the sand smelt, *Atherina boyeri* Risso, and its role in population regulation. J. Fish Biol. 33 : 221 - 233.
- Hilsenhoff, W. L. 1975. Aquatic insects of Wisconsin. Generic keys and notes on biology, ecology and distribution. Technical Bulletin No. 89, Department of Natural Resources, Madison, Wisconsin, 52 p.
- Holland-Bartels, L. E. et Dewey, M. R. 1997. The influence of seine capture efficiency on fish abundance estimates in the Upper Mississippi River. Journal of Freshwater Ecology, 12 : 101 - 111.
- Holm, E. et N. E. Mandrak. 1996. The status of the eastern sand darter, *Ammocrypta pellucida*, in Canada. Can. Field. Nat. 110 : 462 - 469.
- Hunt, R. L. 1969. Overwinter survival of wild fingerling brook trout in Lawrence Creek, Wisconsin. J. Fish. Res. Board. Can. 26 : 1473 - 1483.
- Hyslop, E. J. 1980. Stomach contents analysis - a review of methods and their application. J. Fish Biol. 17 : 411 - 429.
- Jenkins, R. E. 1970. Systematic studies of the Catostomid fish tribe *Moxostomatini*, Ph. D. thesis, Cornell University, Ithaca, New York, 800 p.
- Jenkins, R. E. et N. M. Burkhead. 1994. Freshwater fishes of Virginia. American Fisheries Society. Bethesda, Maryland. 1079 p.
- Johnson, B. L. et C. A. Jennings. 1998. Habitat associations of small fishes around islands in the upper Mississippi river. North American Journal of Fisheries Management, 18 : 327 - 336.
- Johnson, T. B. et D. O. Evans. 1990. Size-dependent winter mortality of young-of-the-year white perch: climate warming and invasion of the Laurentian Great Lakes. Trans. Amer. Fish. Soc. 119 : 301 - 313.
- Johnson, T. B. et D. O. Evans. 1991. Behavior, energetics, and associated mortality of young-of-the-year white perch (*Morone americana*) and yellow perch (*Perca flavescens*) under simulated winter condition. Can. J. Aquat. Sci. 48 : 672 - 680.
- Johnson, T. B. et D. O. Evans. 1996. Temperature constraints on overwinter survival of age-0 white perch. Trans. Amer. Fish. Soc. 125 : 466 - 471.
- Kay, L. K., R. Wallus et B. L. Yeager. 1994. Reproductive biology and early life history of fishes in the Ohio river drainage. vol. II : Catostomidae. Tennessee Valley authority, Chattanooga, Tennessee, 242 p.
- Keast, A. 1980. Food and feeding relationships of young fish in the first weeks after the beginning of exogenous feeding in lake Opinicon, Ontario. Env. Biol. Fish. 5 : 305 - 314.

- Keast, A. et D. Webb. 1966. Mouth and body form relative to feeding ecology in the fish fauna of a small lake, lake Opinicon, Ontario. *J. Fish. Res. Board. Can.* 23 : 1845 - 1874.
- Kerfoot, W. C., D. L. Kellogg, Jr. et J. R. Strickler. 1980. p. 10-27. In : Kerfoot, W. C. (ed), Evolution and ecology of zooplankton communities. Special symposium Volume 3, American society of limnology and oceanography. University Press of New England, Hanover, New Hampshire. 793 p.
- La Haye, M., C. Bélanger, J. Leclerc et P. Dumont. 1992. Observations sur la reproduction du suceur cuivré (*Moxostoma hubbsi*) dans le Bassin de Chambly en 1991. Québec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Montréal, Rapport de travaux. 06-19, 39 p.
- La Haye, M., S. Desloges, Y. Chagnon, J. Leclerc et M. Boulet. 1993. Mise au point de la méthode de localisation des aires de reproduction du suceur cuivré (*Moxostoma hubbsi*) et du suceur ballot (*Moxostoma carinatum*) dans les rapides de Chambly (rivière Richelieu) par radio-télémetrie. Québec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Montréal, Rapport de travaux. 06 - 25, 39 p. 151 p.
- La Haye, M. et M. Huot. 1995. Situation du suceur cuivré (*Moxostoma hubbsi*) au Québec : espèce susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable. Québec, Le groupe de recherche SEEEE l'tée pour le Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats. 50 p.
- Lalancette, L. M. 1977. Feeding in white suckers (*Catostomus commersoni*) from Gamelin lake, Québec, over a twelve month period. *Naturaliste Canadien*, 104 : 369 - 376.
- Lawrence, S. G., D. F. Malley, W. J. Findlay, M. A. MacIver et I. L. Delbaere. 1987. Method for estimating dry weight of freshwater planktonic crustaceans from measures of length and shape. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44 (Suppl. 1) : 264 - 274.
- Legendre, V. 1942. Redécouverte après un siècle et reclassification d'une espèce de Catostomidé. *Naturaliste Canadien*, 69 : 227 - 233.
- Li, K. T., J. K. Wetterer et N. G. Hairston Jr. 1985. Fish size, visual resolution, and prey selectivity. *Ecology*, 66 : 1729 - 1735.
- Lubchenco, J., A. M. Olson, L.B. Brubaker, S. R. Carpenter, M. M. Holland, S. P. Hubbell, S. A. Levin, J. A. MacMahon, P. A. Matson, J. M. Melillo, H. A. Mooney, C. H. Peterson H. R. Pulliam, L. A. Real, P. J. Regal et P. G. Risser. 1991. The sustainable biosphere initiative : an ecological research agenda. *Ecology*, 72 : 371 - 412.
- MacArthur, R. H et E. R. Pianka. 1966. On optimal use of a patchy environment. *The American Naturalist*, 100 : 603 - 609.
- Macphee, G. 1960. Postlarval development and diet of the largescale sucker, *Catostomus macrocheilus*, in Idaho. *Copeia*, 1960 : 119 - 125.
- Marsh, P. C. et D. R. Langhorst. 1988. Feeding and fate of wild larval razorback sucker. *Env. Biol. Fish.* 21 : 59 - 67.

- Mathias, J. A. et S. Li. 1982. Feeding habits of walleye larvae and juveniles : comparative laboratory and field studies. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 111 : 722 - 735.
- McAllister, D.E., B.J. Parker et P.M. McKee. 1985. Rare, endangered and extinct fishes. Musée national des sciences naturelles, Musées nationaux du Canada, Ottawa, *Syllogeus* 54, 192 p.
- McCormick, J. H., B. R. Jones et K. E. Hokanson. 1977. White sucker (*Catostomus commersoni*) embryo development, and early growth and survival at different temperatures. *J. Fish. Res. Board. Can.* 34 : 1019 - 1025.
- McMahon, R.F. 1991. Mollusca : Bivalvia. p. 315 - 399. In : Ecology and classification of North American freshwater invertebrates. J. H. Thorp and A. P. Covich (eds). Academic Press, San Diego California, 911 p.
- Merritt, R. W. et K. W. Cummins. 1984. An introduction to the aquatic insects of North America. Second Edition. Kendall / Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa, 722 p.
- Meyer, W.H. 1962. Life history of three species of Redhorse, *Moxostoma*, in the Des Moines River, Iowa. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 91 : 412 - 419.
- Mills, E. L., K. Pittman et B. Munroe. 1982. Effect of preservation on the weight of marine benthic invertebrates. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 221 - 224.
- Minckley, W. L. 1983. Status of the razorback sucker, *Xyrauchen texanus* (Abbott), in the lower Colorado river basin. *The Southwestern Naturalist*, 28 : 165 - 187.
- Minckley, W. L. et M. E. Douglas. 1991. Discovery and extinction of western fishes : A blink of the eye in geologic time. p. 7 - 17. In : Battle against extinction : Native fish management in the American West. W. L. Minckley et J. E. Deacon (eds). University of Arizona Press, Tucson. 517 p.
- Minckley, W. L., P. C. Marsh, J. E. Brooks, J. E. Johnson et B. L. Jenson. 1991. Management toward recovery of the razorback sucker. p. 303 - 357. In : Battle against extinction : Native fish management in the American West. W. L. Minckley et J. E. Deacon (eds). University of Arizona Press, Tucson. 517 p.
- Monfette, R. 1997. Caractérisation de frayères, partage des ressources et utilisation comparée de différents tributaires par les jeunes de l'année chez le Grand Brochet (*Esox lucius*) et le Maskinongé (*Esox masquinongy*) dans le réservoir Carillon entre Thurso et Fasset. Mémoire de maîtrise en sciences biologiques, Montréal, Université du Québec à Montréal, 140 p.
- Mongeau, J.-R. 1979a. Les poissons du bassin de drainage de la rivière Yamaska, 1963 à 1975. Québec, Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Région administrative de Montréal, Rapport technique. 06 - 22. 191 p.
- Mongeau, J.-R. 1979b. Dossiers des poissons du bassin versant de la Baie Missisquoi et de la rivière Richelieu, 1954 à 1977. Québec, Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Région administrative de Montréal, Rapport technique. 06 - 24. 251 p.

- Mongeau, J.-R., P. Dumont et L. Cloutier. 1986. La biologie du suceur cuivré, *Moxostoma hubbsi*, une espèce rare et endémique à la région de Montréal, Québec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la pêche, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, Direction régionale de Montréal, Rapport technique. 06-39. 137 p.
- Mongeau, J.-R., P. Dumont, L. Cloutier et A.-M. Clément. 1988. Le statut du chevalier cuivré, *Moxostoma hubbsi*, au Canada. Can. Field. Nat. 102 : 132 - 139.
- Mongeau, J.-R., P. Dumont et L. Cloutier. 1992. La biologie du suceur cuivré (*Moxostoma hubbsi*) comparée à celle de quatre autres espèces de *Moxostoma* (*M. anisurum*, *M. carinatum*, *M. macrolepidotum*, *M. valenciennesi*). Can. J. Zool. 70 : 1354 - 1363.
- Moyle, P. B. et J. J. Cech, Jr. 1996. Fishes : An introduction to ichthyology. Third Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. 590 p.
- Needham, J. G. et P. R. Needham. 1962. A guide to the study of Fresh-water biology. Fifth Edition. Holden-Day, Inc., San Francisco, 108 p.
- Nikolsky, G. V. 1963. The ecology of fishes. Academic press, New York, USA. (translated from Russian by L. Birkett).
- Northcote, T. G. 1954. Observations on the comparative ecology of two species of fish, *Cottus asper* and *Cottus rhotheus*, in British Columbia. Copeia, 1954 : 25 - 28.
- Norusis, M. J. 1993. SPSS Professional Statistics, SPSS Inc. Chicago. 606 p.
- Nurnberger, P. D. 1930. The plant and animal food of the fishes of Big Sandy lake. Trans. Amer. Fish. Soc. 60 : 253 - 259.
- O'Brien, W. J. 1979. The predator-prey interaction of planktivorous fish and zooplankton. American Scientist, 67 : 572 - 581.
- Oliver, D. R. 1971. Life history of the chironomidae. Ann. Rev. Entomol. 16 : 211 - 230.
- Oliver, J. D., G. F. Holteton et K. E. Chua. 1979. Overwinter mortality of fingerling smallmouth bass in relation to size, relation energy stores, and environmental temperature. Trans. Amer. Fish. Soc. 108 : 130 - 136.
- Ono, R. D., J. D. Williams et A. Wagner. 1983. Vanishing fishes of North America. Stone Wall Press. Washington, D.C. 257 p.
- Papoulias, D. et W. L. Minckley. 1992. Effects of food availability on survival and growth of larval razorback suckers in ponds. Trans. Amer. Fish. Soc. 121 : 340- 355.
- Parent, S. et L. M. Schriml. 1995. A model for the determination of fish species at risk upon life-history traits and ecological data. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52 : 1768 - 1781.
- Parker, B. J. 1988. Updated status of the River Redhorse, *Moxostoma carinatum*, in Canada. Can. Field. Nat. 102 : 140 - 146.

- Parkinson, E. A., J. Berkowitz et C. J. Bull. 1988. Sample size requirements for detecting changes in some fisheries statistics from small trout lakes. *North American Journal of Fisheries Management*, 8 : 181 - 190.
- Pelletier, L. 1993. Utilisation des ressources alimentaires de la plaine inondable de la rivière Richelieu par les larves et les juvéniles du Grand Brochet (*Esox lucius* L.). Mémoire de maîtrise en sciences de l'Environnement, Montréal, Université du Québec à Montréal, 129 p.
- Pennak, R. W. 1989. Fresh-water invertebrates of the United States. Protozoa to Mollusca. Third Edition. Wiley & Sons, Inc. New York. A Wiley- Interscience Publication. 803 p.
- Peterman, R. M. et M. J. Bradford. 1987. Statistical power of trends in fish abundance. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44 : 1879 - 1889.
- Peterman, R. M. 1990. Statistical power analysis can improve fisheries research and management. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47 : 2 - 15.
- Peterson, J. T. et C. F. Rabeni. 1996. Natural thermal refugia for temperate warmwater stream fishes. *North American Journal of Fisheries Management*, 16 : 738 - 746.
- Pinder, L. C. V. 1986. Biology of freshwater chironomidae. *Ann. Rev. Entomol.* 31 : 1 - 23.
- Poinar, G. O. Jr. 1991. Nematoda and Nematomorpha. p. 249 -283. In : Ecology and classification of North American freshwater invertebrates. J. H. Thorp and A. P. Covich (eds). Academic Press, San Diego California, 911 p.
- Post, J. R. et D. O. Evans. 1989. Size-dependent overwinter mortality of young-of-the-year yellow perch (*Perca flavescens*) : laboratory, *in situ* enclosure, and field experiments. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46 : 1958 - 1968.
- Prescott, G. W. 1978. How to know the freshwater algae. Pictured key nature series. Third Edition. Wm. C. Brown Company Publishers Dubuque, Iowa, 293 p.
- Radtke, R. L. 1989. Larval fish age, growth, and body shrinkage : information available from otoliths. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46 : 1884 - 1894.
- Rakocinski, C. 1991. Prey-size relationships and feeding tactics of primitive stream-dwelling darters. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48 : 681 - 693.
- Robison, H. W. et T. M. Buchanan. 1988. Fishes of Arkansas. The University of Arkansas Press, Fayetteville, Arkansas, 536 p.
- Rolston III, H. 1991. Fishes in the desert : Paradox and responsibility. p 93 - 108. In : Battle against extinction : Native fish management in the American West. W. L. Minckley et J. E. Deacon (eds). University of Arizona Press, Tucson. 517 p.
- Ross, S. T., J. G. Knight et S. D. Wilkins. 1992. Distribution and microhabitat of the threatened Bayou darter, *Etheostoma rubrum*. *Copeia*, 1992 : 658-761.

- Saint-Jacques, N. 1996. Flexibility, and the foraging behaviour of the white sucker (*Catostomus commersoni*). A thesis submitted in conformity with the requirements for the degree of Master of Science, Toronto, University of Toronto, 131 p.
- Sall, J. et A. Lehman. 1996. JMP Start Statistics. A guide to statistics and data analysis using JMP® and JMP IN® software, version 3.2.1. Copyright by SAS Institute Inc. Duxbury Press. An imprint of Wadsworth Publishing Company, Scarborough. 521 p.
- Schlosser, I. J. 1985. Flow regime, juvenile abundance, and the assemblage structure of stream fishes. *Ecology*, 66 : 1484 - 1490.
- Schoener, T. W. 1970. Nonsynchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. *Ecology*, 51 : 408 - 418.
- Scoppettone, G. G., M. Colman et G. A. Wedemeyer. 1986. Life history and status of the endangered Cui-ui of Pyramid lake, Nevada. U. S. Fish Wildlife Serv., Fish and Wildlife Research 1. 23 p.
- Scoppettone, G. G. 1988. Growth and longevity of the Cui-ui and longevity of other Catostomids and Cyprinids in Western North America. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 117 : 301 - 307.
- Scoppettone, G. G., M. E. Buettner et P. H. Rissler. 1993. Effect of four fluctuating temperature regimes on cui-ui, *Chasmistes cujus*, survival from fertilization to swim-up, and size of larva produced. *Env. Biol. Fish.* 38 : 373 - 378.
- Scott, W. B. et E. J. Crossman. 1974. Poissons d'eau douce du Canada. Ministère de l'Environnement, Service des Pêches et des Sciences de la mer, Ottawa, bull. 194, 1026 p.
- Siefert, R. E. 1972. First food of larval perch, white sucker, bluegill, emerald shinner, and rainbow trout. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 101 : 219- 225.
- Smith, K. et C. H. Fernando. 1978. A guide to the Freshwater Calanoid and Cyclopoid Copepod Crustacea of Ontario. Department of Biology, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada, 76 p.
- Smith, P. W. 1979. The fishes of Illinois. The University of Illinois Press, Urbana, 314 p.
- Smith, R. W. et J. S. Griffith. 1994. Survival of Rainbow trout during their first winter in the Henrys Fork of the Snake river, Idaho. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 123 : 747- 756.
- Sogard, S. M. 1997. Size-selective mortality in the juvenile stage of teleost fishes : a review. *Bulletin of Marine Science*, 60 : 1129 - 1157.
- Sokal, R.R. et F. J. Rohlf. 1981. Biometry. Second edition. W. H. Freeman and Company, New York, 859 p.
- Stewart, N. H. 1926. Development, growth, and food habits of the white sucker, *Catostomus commersoni* Lesueur. *Bull. U. S. Bur. Fish.* 42 : 147 - 184.
- Strayer, D. L. 1994. Body size and abundance of benthic animals in Mirror lake, New Hampshire. *Freshwater Biology*, 32 : 83 - 90.

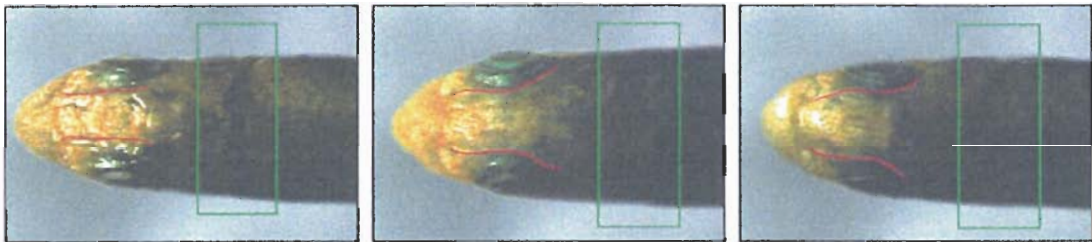
- Tatum, W. M. et P. A. Hackney. 1970. Age and growth of the river redhorse, *Moxostoma carinatum* (Cope) from the Cahaba River, Alabama. Proc. Ann. Conf. Southeast. Assoc. Game Fish. Commrs, Vol. 23 (1969): 255 - 261.
- Thompson, J. M., E. P. Bergersen, C. A. Carlson et L. R. Kaeding. 1991. Role of size, condition, and lipid content in the overwinter survival of age-0 Colorado squawfish. Trans. Amer. Fish. Soc. 120 : 346 - 353.
- Toft, C. A. et P. J. Shea. 1983. Detecting community-wide patterns : estimating power strengthens statistical inference. The American Naturalist, 122 : 618 - 625.
- Trautman, M. B. 1981. The fishes of Ohio with illustrated keys. Second Edition. Ohio State University Press, Columbus, Ohio, 782 p.
- Trippel, E. A et H. H. Harvey. 1987. Abundance, growth, and food supply of white suckers (*Catostomus commersoni*) in relation to lake morphometry and pH. Can. J. Zool. 65 : 558 - 564.
- Vaughan, F. A. 1978. Food habits of the sea bream, *Archosargus rhomboidalis* (Linnaeus), and comparative growth on plant and animal food. Bulletin of Marine Science, 28 : 527 - 536.
- Verdon, R., et E. Magnin. 1977. Croissance en longueur du meunier noir *Catostomus commersoni commersoni* (Lacépède) du lac Croche dans les Laurentides, Québec. Naturaliste Canadien, 104 : 187 - 195.
- Vinyard, G. L. 1980. Differential prey vulnerability and predator selectivity : effects of the evasive prey on bluegill (*Lepomis macrochirus*) and pumpkinseed (*L. gibbosus*) predation. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37 : 2294 - 2299.
- Wallace, R. K., Jr. 1981. An assessment of diet-overlap index. Trans. Amer. Fish. Soc. 110 : 72 - 76.
- Wallace, R. L. et T. W. Snell. 1991. Rotifera. p. 187 - 248. In : Ecology and classification of North American freshwater invertebrates. J. H. Thorp and A. P. Covich (eds). Academic Press, San Diego California, 911 p.
- Walsh, S. J., D. C. Haney, C. M. Timmerman et R. M. Dorazio. 1998. Physiological tolerances of juvenile robust redhorse, *Moxostoma robustum* : conservation implications for an imperiled species. Env. Biol. Fish. 51 : 429 - 444.
- Wankowski, J. W. J. 1979. Morphological limitations, prey size selectivity, and growth response of juvenile atlantic salmon, *Salmo salar*. J. Fish Biol. 14 : 89 - 100.
- Ware, D. M. 1972. Predation by rainbow trout (*Salmo gairdneri*) : the influence of hunger, prey density, and prey size. J. Fish. Res. Board. Can. 29 : 1193 - 1201.
- Weisel, G. F. 1967. The pharyngeal teeth of larval and juvenile suckers (*Catostomus*). Copeia, 1967 : 50 - 54.
- Werner, E. E. 1974. The fish size, prey size, handling time relation in several sunfishes and some implications. J. Fish. Res. Board. Can. 31 : 1531 - 1536.

- Werner, E. E. et D. J. Hall. 1974. Optimal foraging and the size selection of prey by the bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*). *Ecology*, 55 : 1042 - 1052.
- Werner, E. E., D. J. Hall, D. E. Laughlin, D. J. Wagner, L. A. Wilsmann et F. C. Funk. 1977. Habitat partitioning in a freshwater fish community. *J. Fish. Res. Board. Can.* 34 : 360 - 370.
- Wertz, I. et S. E. B. Weisner. 1997. *Potamogeton pectinatus* and *Myriophyllum spicatum* response to sediments from a calcareous, shallow, eutrophic lake. *Journal of Freshwater Ecology*, 12 : 1 - 10.
- Williams, D. D. et B. W. Felmate. 1992. *Aquatic insects*. CAB international. Wallingford. UK. 358 p.
- Williamson, C. E. 1991. Copepoda. p. 787-822. In : *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*. J. H. Thorp and A. P. Covich (eds). Academic Press, San Diego California, 911 p.

ANNEXE 1

Quelques critères d'identification des juvéniles des différentes espèces de chevalier de la rivière Richelieu. (Photos : Nathalie Vachon et Alain Branchaud, traitement d'image : Benoît Vachon).

1. Forme des canaux supraorbitaux (—) et bande de pigmentation au niveau de l'occiput



A. chevalier rouge
55,5 mm

B. chevalier blanc
53,0 mm

C. chevalier de rivière
51,0 mm

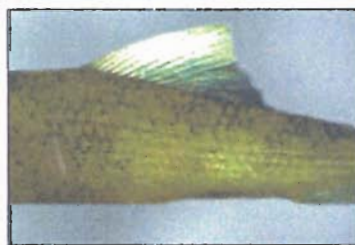
2. Différence de pigmentation au niveau de l'opercule et du corps entre les chevaliers jaune et cuivré



A. chevalier cuivré
41,0 mm

B. chevalier jaune
52,0 mm

C. chevalier jaune
51,0 mm



D. chevalier cuivré
38,0 mm

ANNEXE 1 (suite)

3. Différence de pigmentation au niveau du museau



A. chevalier rouge
55,5 mm

B. chevalier de rivière
51,0 mm

C. chevalier blanc
53,0 mm



D. chevalier jaune
50,0 mm

E. chevalier jaune
52,0 mm

4. Appareil pharyngien



A
chevalier
rouge
51,5 mm

B
chevalier
de rivière
41,5 mm

ANNEXE 2

Paramètres des équations des relations longueur totale-longueur standard des juvéniles 0+ et 1+ (longueur totale inférieure à 100 mm) des cinq espèces de chevalier. Ces spécimens ont été capturés dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu en 1997 et en 1998. L'étendue des tailles (longueur totale) pour chacune des espèces est de : 30,0 à 97,0 mm pour le chevalier rouge; 40,0 à 88,0 mm pour le chevalier blanc; 24,0 à 69,5 mm pour le chevalier jaune; 32,0 à 72,0 mm pour le chevalier de rivière; 36,0 à 53,5 mm pour le chevalier cuivré. L'équation générale de la relation est donnée par :

$$\text{Longueur totale (mm)} = b + m * (\text{Longueur standard (mm)})$$

Espèce	Ordonnée à l'origine b	Pente m	test de t de Student* p	Coefficient de détermination R ²	Effectif
Chevalier rouge	0,5310	1,2597	0,0000	0,99	2224
Chevalier blanc	0,4408	1,2787	0,0000	0,96	503
Chevalier jaune	2,2670	1,2028	< 0,0001	0,97	209
Chevalier de rivière	1,8452	1,2160	< 0,0001	0,96	192
Chevalier cuivré	2,2409	1,2252	< 0,0001	0,99	16

*Niveau de signification de la pente.

ANNEXE 3

Paramètres des équations des relations reliant les poids frais aux poids de juvéniles 0+ de chevalier rouge après avoir séjourné 26 et 53 jours dans le formol tamponné 10 % ou l'éthanol 95 %. Les spécimens ont été capturés dans le secteur de Saint-Marc le 24 septembre 1998. L'équation générale de la relation est donnée par :

$$\text{Poids (g) frais} = b + m * \text{Poids (g) après préservation}$$

Type de préservatif	Durée du séjour (en jours)	Ordonnée à l'origine b	Pente m	test de t de Student* p	Coefficient de détermination R ²	Effectif
Formol ^a	26	0,0841	0,9264	< 0,0001	0,99	30
Formol ^a	53	-0,0582	0,9495	< 0,0001	0,99	30
Éthanol ^b	26	0,3861	1,2330	< 0,0001	0,99	30
Éthanol ^b	53	0,2772	1,2442	< 0,0001	0,99	30

*Niveau de signification de la pente.

a Formol tamponné 10 % (tampon phosphate).

b Éthanol 95 %.

N. B. Les longueurs totales et poids moyens à l'état frais des spécimens utilisés sont de 76,4 mm et 4,48 g pour ceux soumis au traitement à l'éthanol 95 % et de 78,1 mm et 4,62 g pour ceux préservés dans le formol tamponné 10 %. Les tailles et les poids moyens à l'état frais des spécimens utilisés ne différaient pas statistiquement entre les deux types de traitements (ANOVA, $p > 0,05$). De même, pour chacun des traitements, les tailles moyennes à l'état frais ne différaient pas statistiquement de celles après 26 et 53 jours de préservation (tests t de Student, $p > 0,05$).

Relation longueur totale-poids de juvéniles 0+ de chevalier rouge (spécimens à l'état frais) capturés dans le secteur de Saint-Marc le 24 septembre 1998.

$$\text{Log}_{10} (\text{Poids (g) frais}) = - 4,7428 + 2,8581 * \text{Log}_{10} (\text{Longueur totale (mm) frais})$$

(Niveau de signification de la pente : $p < 0,0001$, $R^2 = 0,94$, effectif = 60)

ANNEXE 4

Tableau de conversion utilisé pour synthétiser les données recueillies sur le terrain concernant la végétation. Pour cette conversion, le nombre de plantes, leur rang de même que la densité du recouvrement végétal à l'intérieur de chacun des quadrats ont été considérés.

Valeur décimale		0,67	0,33	0,50	0,33	0,17	0,40	0,30	0,20	0,10	0,33	0,27	0,20	0,13	0,07
Nombre de plantes	1	2		3			4				5				
	1	1	2	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	5
Rang des plantes sur le terrain ¹		1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	5
Densité ²		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	1,00	2,00	3,00	4,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
1	1,00	0,67	0,33	0,50	0,33	0,17	0,40	0,30	0,20	0,10	0,33	0,27	0,20	0,13	0,07
2	2,00	1,33	0,67	1,00	0,67	0,33	0,80	0,60	0,40	0,20	0,67	0,53	0,40	0,27	0,13
3	3,00	2,00	1,00	1,50	1,00	0,50	1,20	0,90	0,60	0,30	1,00	0,80	0,60	0,40	0,20
4	4,00	2,67	1,33	2,00	1,33	0,67	1,60	1,20	0,80	0,40	1,33	1,07	0,80	0,53	0,27
5	5,00	3,33	1,67	2,50	1,67	0,83	2,00	1,50	1,00	0,50	1,67	1,33	1,00	0,67	0,33

¹ Sur le terrain, la rang 1 était attribué à la plante dominante, 2 à la sous-dominante, 3 à la troisième plante en importance et ainsi de suite jusqu'à la n^{ième} plante.

² Les cotes d'abondance (densité) de la végétation sont les suivantes : 0 = aucune plante, 1 = 1 à 10 % d'occupation, 2 = 11 à 25 %, 3 = 26 à 50 %, 4 = 51 à 75 %, 5 = 76 à 100 %.

ANNEXE 4 (suite)

Exemple de calcul pour compiler les données recueillies à une station où il y aurait trois quadrats

Données de terrain à la station 22

Station	Quadrat	Densité ¹	Plante A ²	Plante B ²	Plante C ²	Plante D ²	Plante E ²
22	X	2	1	3	2		
22	Y	5	1		2	3	4
22	Z	4	2	1	3		

¹ Les cotes d'abondance (densité) de la végétation sont les suivantes : 0 = aucune plante, 1 = 1 à 10 % d'occupation, 2 = 11 à 25 %, 3 = 26 à 50 %, 4 = 51 à 75 %, 5 = 76 à 100 %.

² Sur le terrain, le rang 1 était attribué à la plante dominante, 2 à la sous-dominante, 3 à la troisième plante en importance et ainsi de suite jusqu'à la n^{ième} plante.

1-Densité moyenne de la végétation à la station 22 est la moyenne arithmétique des densités obtenues pour chacun des quadrats donc : $(2+5+4) \div 3 = 3,7$

2-Évaluation du rang final des plantes pour l'ensemble de la station 22 en tenant compte de chacun des quadrats (la densité de la végétation, le nombre et le rang de chacune des plantes).

Première étape : Calculer une cote d'abondance de chacune des plantes à l'intérieur de chacun des quadrats en tenant compte de la densité de la végétation du nombre et du rang de chacune des plantes en utilisant le tableau de conversion.

Quadrat X : la densité de la végétation est de 2 et il y a trois espèces de plante. En consultant le tableau de conversion à la page précédente, la plante A (dominante) obtient une cote de 1,00; la plante C (sous-dominante) de 0,67 et la plante B de 0,33.

Quadrat Y : la densité de la végétation est de 5 et il y a quatre espèces de plante. En consultant le tableau de conversion nous obtenons les cotes suivantes pour chacune des plantes : plante A : 2,00; plante C : 1,50; plante D : 1,00 et la plante E : 0,50

Quadrat Z : la densité de la végétation est de 4 et il y a trois espèces de plante. En consultant le tableau de conversion nous obtenons les cotes suivantes pour chacune des plantes : plante B : 2,00; plante A : 1,67 et la plante C : 0,83

Deuxième étape : Additionner, pour chacune des espèces de plantes présentes à la station 22, les cotes d'abondance obtenues à la première étape et attribuer le rang final qui sera utilisé pour les analyses statistiques. La plante dominante est celle ayant obtenu le score le plus élevé et se voit attribuer le rang le plus élevé soit 5. Un rang de 4 est attribué à la plante sous-dominante, 3 à la troisième espèce en importance et ainsi de suite jusqu'à la cinquième plante et toutes les suivantes qui se voyaient attribuer le rang 1.

plante A = 1,00 + 2,00 + 1,67 = 4,67	5
plante B = 0,33 + 0 + 2,00 = 2,33	3
plante C = 0,67 + 1,50 + 0,83 = 3,00	4
plante D = 0 + 1,00 + 0 = 1,00	2
plante E = 0 + 0,50 + 0 = 0,50	1

Résultat : Globalement à la station 22, la densité de la végétation est de l'ordre de 26 à 50 % (moy : 3,7). Cinq plantes différentes sont présentes : la plante dominante est A suivie de la plante C et ainsi de suite...

ANNEXE 5

Détails concernant les captures de juvéniles 0+ et 1+ (n = 16) de chevalier cuivré dans les secteurs de Saint-Marc et de Saint-Ours de la rivière Richelieu en 1997 et en 1998.

An	Secteur	Station	Coordonnée géographique	Date	Température de l'eau (°C)	Heure	Âge	Longueur totale (mm)	Poids ^a (g)
97	Saint-Marc	22A	45° 39' 04'' N 73° 12' 05'' O	12/06	20	16:45	1+	36,0	0,57
				07/10	15	16:40	0+	42,0	0,82
			07/10	15	16:00	0+	37,5	0,63	
			à	16/10	14	16:35	0+	38,5	0,59
			21/10	12	14:36	0+	40,0	0,73	
			21/10	12	14:36	0+	42,0	0,87	
			45° 39' 09'' N 73° 12' 01'' O	05/11	10	10:35	0+	38,0	0,66
			05/11	10	09:45	0+	41,0	0,84	
		24G	45° 40' 12'' N 73° 11' 40'' O	07/10	15	14:20	0+	40,0	0,73
		8G	45° 39' 06'' N 73° 12' 14'' O	05/11	10	13:15	0+	38,0	0,65
À	05/11			10	12:45	0+	39,0	0,69	
05/11	10			12:45	0+	41,0	0,78		
	45° 39' 07'' N 73° 12' 13'' O								
	Saint-Ours	90D	45° 56' 55'' N 73° 08' 52'' O	09/09	18	10:30	0+	48,0	1,13
98	Saint-Marc	6G V1	45° 39' 00'' N 73° 12' 17'' O	08/06	15	11:45	1+	47,5	1,00
		22A M3	45° 39' 04'' N 73° 12' 05'' O	09/06	16,5	13:00	1+	53,5	1,50
		4G	45° 38' 43'' N 73° 12' 26'' O	21/09	18	14:05	0+	48,5	1,29

^a Les caractères gras indiquent que les spécimens ont été préservés dans l'éthanol 95 %. Les poids de ces spécimens correspondent aux poids corrigés.

ANNEXE 6

Bilan des captures des spécimens adultes et juvéniles âgés de plus de deux ans appartenant à la famille des Catostomidés au cours des échantillonnages à la seine de rivage de 1997 et de 1998 dans la Rivière Richelieu (secteurs du Bassin de Chambly, Saint-Marc et Saint-Ours). A : adulte, J : juvénile âge non déterminé, J 2+ : juvénile âgé de 2 ans, * : âge non déterminé.

An	Secteur	Date	Espèce	Nom latin	Âge	Nombre
97	Bassin de Chambly	3-4-5 juin	Couette	<i>Carpiodes cyprinus</i>	A	1
			Chevalier rouge	<i>Moxostoma macrolepidotum</i>	A	1
			Chevalier blanc	<i>Moxostoma anisurum</i>	A	4
			Chevalier blanc	<i>Moxostoma anisurum</i>	J	1
			Chevalier jaune	<i>Moxostoma valenciennesi</i>	A	3
			Chevalier jaune	<i>Moxostoma valenciennesi</i>	J 2+	1
	Saint-Marc	12 juin au 21 novembre	Couette	<i>Carpiodes cyprinus</i>	A	1
			Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	A	13
			Chevalier rouge	<i>Moxostoma macrolepidotum</i>	A	18
			Chevalier rouge	<i>Moxostoma macrolepidotum</i>	J	1
			Chevalier rouge	<i>Moxostoma macrolepidotum</i>	J 2+	12
			Chevalier blanc	<i>Moxostoma anisurum</i>	A	109
			Chevalier blanc	<i>Moxostoma anisurum</i>	J 2+	53
			Chevalier jaune	<i>Moxostoma valenciennesi</i>	A	6
			Chevalier jaune	<i>Moxostoma valenciennesi</i>	J	1
			Chevalier jaune	<i>Moxostoma valenciennesi</i>	J 2+	10
	Chevalier jaune	<i>Moxostoma valenciennesi</i>	J 3+	1		
	Saint-Ours	26 août au 21 octobre	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	A	1
			Chevalier rouge	<i>Moxostoma macrolepidotum</i>	J 2+	6
			Chevalier blanc	<i>Moxostoma anisurum</i>	A	5
			Chevalier blanc	<i>Moxostoma anisurum</i>	J	1
			Chevalier non id.	<i>Moxostoma sp.</i>	A	1
98	Saint-Marc	25 mai au 8 octobre	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	*	2
			Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	A	22
			Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	A	6
			Couette	<i>Carpiodes cyprinus</i>	A	1
			Chevalier rouge	<i>Moxostoma macrolepidotum</i>	A	4
			Chevalier rouge	<i>Moxostoma macrolepidotum</i>	J	27
			Chevalier rouge	<i>Moxostoma macrolepidotum</i>	J 2+	11
			Chevalier blanc	<i>Moxostoma anisurum</i>	A	141
			Chevalier blanc	<i>Moxostoma anisurum</i>	J	124
			Chevalier blanc	<i>Moxostoma anisurum</i>	J 2+	2
			Chevalier jaune	<i>Moxostoma valenciennesi</i>	A	6
			Chevalier jaune	<i>Moxostoma valenciennesi</i>	J	4
			Chevalier jaune	<i>Moxostoma valenciennesi</i>	J 3+	1
			Chevalier de rivière	<i>Moxostoma carinatum</i>	A	1
			Chevalier de rivière	<i>Moxostoma carinatum</i>	J 2+	1
Chevalier cuivré	<i>Moxostoma hubbsi</i>	A	1			

ANNEXE 7

Liste des espèces (autres que les Catostomidés) rencontrées dans la rivière Richelieu au cours des échantillonnages à la seine de rivage en 1997 et en 1998. Cette liste n'est pas exhaustive pour la famille des Esocidés, le genre *Notropis* (famille des Cyprinidés) et ceux du genre *Etheostoma* (famille des Percidés).

Famille	Nom vernaculaire	Nom scientifique
Pétromyzontidés	Lamproie argentée	<i>Ichthyomyzon unicuspis</i>
Lépisostéidés	Lépisosté osseux	<i>Lepisosteus osseus</i>
Anguillidés	Anguille d'Amérique	<i>Anguilla rostrata</i>
Hiodontidés	Laquaiche argentée	<i>Hiodon tergisus</i>
Clupéidés	Gaspereau	<i>Alosa pseudoharengus</i>
Salmonidés	Grand corégone	<i>Coregonus clupeaformis</i>
Osméridés	Éperlan arc-en-ciel	<i>Osmerus mordax</i>
Ésocidés	Grand brochet	<i>Esox lucius</i>
Cyprinidés	Carpe allemande	<i>Cyprinus carpio</i>
	Méné d'argent	<i>Hybognathus regius</i>
	Méné jaune	<i>Notemigonus crysoleucas</i>
	Méné émeraude	<i>Notropis atherinoides</i>
	Méné à nageoires rouges	<i>Luxilus cornutus</i>
	Queue à tache noire	<i>Notropis hudsonius</i>
	Méné bleu	<i>Notropis spilopterus</i>
	Ventre-pourri	<i>Pimephales notatus</i>
	Tête-de-boule	<i>Pimephales promelas</i>
	Mulet à cornes	<i>Semotilus atromaculatus</i>
	Ouitouche	<i>Semotilus corporalis</i>
Ictaluridés	Barbotte brune	<i>Ictalurus nebulosus</i>
	Barbue de rivière	<i>Ictalurus punctatus</i>
Percopsidés	Omisco	<i>Percopsis omiscomaycus</i>
Cyprinodontidés	Fondule barré	<i>Fundulus diaphanus</i>
Athérinidés	Crayon d'argent	<i>Labidesthes sicculus</i>
Centrarchidés	Crapet de roche	<i>Amplobites rupestris</i>
	Crapet-soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>
	Achigan à petite bouche	<i>Micropterus dolomieu</i>
	Achigan à grande bouche	<i>Micropterus salmoides</i>
	Marigane noire	<i>Pomoxis nigromaculatus</i>
Percidés	Dard de sable	<i>Ammocrypta pellucida</i> ^a
	Raseux-de-terre gris	<i>Etheostoma olmstedii</i>
	Raseux-de-terre noir	<i>Etheostoma nigrum</i>
	Fouille-roche	<i>Percina caprodes</i>
	Dard gris	<i>Percina copelandi</i> ^b
	Perchaude	<i>Perca flavescens</i>
	Doré noir	<i>Stizostedion canadense</i>
	Doré jaune	<i>Stizostedion vitreum</i>
Poeciliidés		<i>Gambusia spp.</i> ^c

^a Statut recommandé au Canada : espèce menacée (Holm et Mandrak 1996).

^b Statut recommandé au Canada : espèce menacée (Goodchild 1994).

^c Espèce introduite. Spécimens identifiés par Huguette Massé.

ANNEXE 8

Renseignements concernant les spécimens de la famille des Catostomidés capturés à la seine coulissante dans le secteur de Saint-Marc, au large de l'île Jeannotte, les 2 et 3 juin 1998. MOAN : chevalier blanc, MOMA : chevalier rouge, MOCA : chevalier de rivière, MOHU : chevalier cuivré, CACO : meunier noir, LT : longueur totale (mm), ind. : sexe indéterminé, M : mâle, F : femelle, stade : stade de maturité sexuelle (Nikolsky 1963).

Date	T°C (eau)	Station vitesse du courant (m / s) Secchi (m)	Espèce	LT (mm)	Sexe	Stade	Pathologie et / ou Remarque
2 juin	17	22A amont large	MOAN			-	adulte
			MOAN			-	adulte
			MOAN			-	adulte
			MOAN			-	adulte
			MOAN			-	adulte
			MOAN			-	adulte
3 juin	16	22A amont large courant : 0,286 m / s Secchi : 1,79 m	MOMA	293	ind.	-	enroulement des écailles, lésion
			MOAN	375	ind.	-	
			MOAN	470	ind.	-	
			MOAN	491	ind.	-	
			MOAN	440	M	6	enroulement des écailles : dos
			MOAN	430	ind.	-	enroulement des écailles : coté
			MOAN	429	ind.	-	enroulement des écailles : coté
			MOAN	454	ind.	-	enroulement des écailles : coté déformation osseuse : rayons
			MOAN	430	ind.	-	enroulement des écailles, opacité, lésion tête
			MOAN	427	ind.	-	enroulement des écailles, opacité
			MOAN	353	ind.	-	déformation osseuse (colonne vertébrale)
			MOAN	362	ind.	-	enroulement des écailles
			MOAN	347	ind.	-	
			MOAN	307	ind.	-	
MOCA	520	ind.	-	pas de tubercules nuptiaux, enroulement des écailles			
MOHU	530	F ? *	-	pas de tubercules nuptiaux, déformation osseuse rayons de la nageoire anale, lésion lèvre inférieure, lésion à la base de la dorsale (coté droit) : ancien marquage ?			

*Dr R. Jenkins, professeur Roanoke College Virginie, communication personnelle.

ANNEXE 8 (suite)

Date	T°C (eau)	Station vitesse du courant (m / s) Secchi (m)	Espèce	LT (mm)	Sexe	Stade	Pathologie et / ou Remarque
3 juin	16	22 A aval large courant : 0,291 m /s Secchi : 1,74 m	CACO		ind.	-	juvénile
			CACO		ind.	-	juvénile
			CACO		ind.	-	juvénile
			CACO		ind.	-	juvénile
			CACO		ind.	-	adulte
			CACO		ind.	-	adulte
			CACO	327	ind.	-	lésion
			MOMA	270	ind.	-	enroulement des écailles
			MOAN	411	M	6	
			MOAN	415	ind.	-	
			MOAN	422	M	6	
			MOAN	421	ind.	-	
			MOAN	371	ind.	-	
			MOAN	390	ind.	-	
			MOAN	325	ind.	-	enroulement des écailles
			MOAN	407	ind.	-	
			MOAN	326	ind.	-	tumeur nageoire caudale
			MOAN	430	M	6	sangsue
			MOAN	395	ind.	-	
			MOAN	292	ind.	-	
			MOAN	304	ind.	-	enroulement des écailles
			MOAN	307	ind.	-	déformation nageoire pelvienne
			MOAN	225	ind.	-	enroulement des écailles
MOAN	326	ind.	-	enroulement des écailles, tumeur à la nageoire caudale			
MOAN	234	ind.	-				

