

**DESCRIPTION DE LA PÉRIODE DE
REPRODUCTION D'UN POISSON
SENTINELLE: LE CHOQUEMORT (*Fundulus
heteroclitus*) DE L'ESTUAIRE DE LA
MIRAMICHI.**

Judith Leblanc et Catherine M. Couillard

Division des sciences de l'environnement marin
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, 850, route de la Mer
Mont-Joli (Québec)
G5H 3Z4

1995

**Rapport technique canadien des sciences
halieutiques et aquatiques 2057**



Pêches
et Océans

Fisheries
and Océans

Canada

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports techniques contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution aux connaissances actuelles, mais qui ne sont pas normalement appropriés pour la publication dans un journal scientifique. Les rapports techniques sont destinés essentiellement à un public international et ils sont distribués à cet échelon. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports techniques peuvent être cités comme des publications complètes. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports techniques sont résumés dans la revue *Résumés des sciences aquatiques et halieutiques*, et ils sont classés dans l'index annuel des publications scientifiques et techniques du Ministère.

Les numéros 1 à 456 de cette série ont été publiés à titre de rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457 à 714 sont parus à titre de rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715 à 924 ont été publiés à titre de rapports techniques du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 925.

Les rapports techniques sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement auteur dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Technical reports contain scientific and technical information that contributes to existing knowledge but which is not normally appropriate for primary literature. Technical reports are directed primarily toward a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on subject matter and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Technical reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is abstracted in *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts* and indexed in the Department's annual index to scientific and technical publications.

Numbers 1-456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457-714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715-924 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was changed with report number 925.

Technical reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

Rapport technique canadien
des sciences halieutiques et aquatiques 2057

1995

DESCRIPTION DE LA PÉRIODE DE REPRODUCTION D'UN POISSON SENTINELLE:
LE CHOQUEMORT (*Fundulus heteroclitus*) DE L'ESTUAIRE DE LA MIRAMICHI.

par

Judith Leblanc et Catherine M. Couillard

Division des Sciences de l'Environnement Marin
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, 850, route de la Mer
Mont-Joli (Québec)
G5H 3Z4

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1995
Cat. No. Fs 97-6/2057F ISSN 0706-6570

On devra citer la référence comme suit:

Leblanc, J. et C.M. Couillard. 1995. Description de la période de reproduction d'un poisson sentinelle: le choquemort (*Fundulus heteroclitus*) de l'estuaire de la Miramichi. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2057: vii + 32p.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	iv
LISTE DES FIGURES	v
LISTE DES ANNEXES	vi
RÉSUMÉ	vii
ABSTRACT	vii
INTRODUCTION	1
UTILITÉ EN RECHERCHE ET EN MONITORAGE ENVIRONNEMENTAL ..	1
TAXONOMIE	1
CARACTÉRISTIQUES DE LA REPRODUCTION DU CHOQUEMORT	2
OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	4
MATÉRIEL ET MÉTHODES	5
LEXIQUE	5
SITE DE CAPTURE	5
MÉTHODES DE CAPTURE	6
TRI DES POISSONS	6
DISSECTION	6
DOSAGE DES HORMONES PLASMATIQUES	7
FÉCONDITÉ	7
ANALYSES STATISTIQUES	7
RÉSULTATS	9
PÉRIODE DE PONTE	9
HORMONES PLASMATIQUES	10
CARACTÉRISTIQUES DES POISSONS LORS DE LA PÉRIODE DE PONTE	10
CARACTÉRISTIQUES DE LA POPULATION ÉCHANTILLONNÉE	11
DISCUSSION	11
REMERCIEMENTS	14
RÉFÉRENCES	14

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Pourcentage de femelles choquemorts à différents stades de développement gonadique et résultats des analyse de la covariance du poids des gonades en fonction du poids somatique et du temps, indiqué par le numéro de visite	19
Tableau 2. Régressions linéaires entre le poids des gonades et le poids somatique des femelles à pleine maturité et résultats des analyses de covariance du poids des gonades en fonction du poids somatique et du temps, indiqué par le numéro de visite	20
Tableau 3. Régressions linéaires entre le poids des gonades et le poids somatique des mâles et résultats des analyses de covariance du poids des gonades en fonction du poids somatique et du temps, indiqué par le numéro de visite	21
Tableau 4. Valeurs médianes, minimales et maximales des longueurs standards, rapports gonadosomatiques et fécondités, ainsi que la moyenne et l'écart type des diamètres des oeufs matures pour les visites où l'on retrouve des poissons à pleine maturité. . .	22
Tableau 5. Régressions linéaires entre la fécondité et la longueur standard des femelles . . .	23

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Position du site d'échantillonnage de Horton Creek	24
Figure 2A. Variation temporelle du pourcentage de femelles <i>Fundulus heteroclitus</i> ayant des gonades matures	25
Figure 2B. Variation temporelle du pourcentage de mâles <i>Fundulus heteroclitus</i> à pleine maturité.	25
Figure 3A. Variation temporelle du rapport gonadosomatique médian des femelles <i>Fundulus heteroclitus</i>	26
Figure 3B. Variation temporelle de la concentration moyenne d'estradiol 17- β dans le plasma des femelles <i>Fundulus heteroclitus</i>	26
Figure 4A. Variation temporelle du rapport gonadosomatique médian des mâles <i>Fundulus heteroclitus</i>	27
Figure 4B. Variation temporelle de la concentration moyenne de testostérone dans le plasma des mâles <i>Fundulus heteroclitus</i>	27
Figure 5. Variation temporelle du facteur de condition médian de <i>Fundulus heteroclitus</i>	28
Figure 6. Variation temporelle du rapport hépatosomatique médian de <i>Fundulus heteroclitus</i>	28
Figure 7. Captures de <i>Fundulus heteroclitus</i> à Horton Creek	29

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Salinité, température, taux d'oxygène dans l'eau, profondeur de la cage pris à Horton Creek, pour chaque cage et chaque visite, ainsi que la photopériode 31

RÉSUMÉ

Leblanc, J. et C.M. Couillard. 1995. Description de la période de reproduction d'un poisson sentinelle: le choquemort (*Fundulus heteroclitus*) de l'estuaire de la Miramichi. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2057: vii + 32p.

Une connaissance de la période de reproduction du choquemort (*Fundulus heteroclitus*) de l'estuaire de la Miramichi est essentielle pour la planification d'études écotoxicologiques visant à évaluer les effets des contaminants sur la santé et la reproduction des poissons. Nous avons étudié la période de reproduction chez une population de choquemorts de l'estuaire de la Miramichi en mesurant hebdomadairement, de mai à août 1993, le rapport gonadosomatique, le stade de maturité des gonades, le pourcentage de femelles ayant des oeufs matures, la fécondité, les concentrations plasmatiques d'estradiol et de testostérone. La période de ponte a duré environ 9 semaines, de la fin mai à la fin juillet et elle était discontinue avec 4 pics de ponte. La fécondité individuelle a été estimée à plus de 200 oeufs par acte de ponte et la relation linéaire entre la fécondité et la taille de la femelle a été évaluée. De plus, les changements dans la condition et le rapport hépatosomatique des poissons ont été décrits.

ABSTRACT

Leblanc, J. et C.M. Couillard. 1995. Description de la période de reproduction d'un poisson sentinelle: le choquemort (*Fundulus heteroclitus*) de l'estuaire de la Miramichi. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2057: vii + 32p.

Knowledge of the reproductive period of the mummichog (*Fundulus heteroclitus*) in the Miramichi Estuary is required for planning ecotoxicological studies to evaluate the effects of contaminants on fish health and reproduction. The reproductive cycle of a population of mummichogs in the Miramichi Estuary was described by measuring weekly, from May to August 1993, variations in gonadosomatic index, gonadal maturity stage, proportion of females with mature eggs, fecundity, and plasmatic concentrations of estradiol and testosterone. The spawning period lasted 9 weeks approximately, from the end of May to the end of July, and was discontinuous with 4 spawning peaks. Individual fecundity per spawning act was estimated to be more than 200 eggs and the linear relationship between fecundity and female length was established. Furthermore, variations of condition factor and hepatosomatic index of fish were described.

INTRODUCTION

Le choquemort (*Fundulus heteroclitus*, Cyprinodontidés, Athériniformes) est un des poissons estuariens les plus communs de la côte est de l'Amérique du nord. On le retrouve principalement en milieu côtier, dans les marais salants et peu profonds du golfe du Saint-Laurent, près de Terre-Neuve, jusqu'au nord-est de la Floride (Miller 1955; Morin et Able 1983).

UTILITÉ EN RECHERCHE ET EN MONITORAGE ENVIRONNEMENTAL

Facile à capturer et à maintenir en captivité, le choquemort est une des espèces de poissons marins les plus fréquemment utilisées pour des expérimentations en laboratoire ou en milieu naturel. Il a été utilisé dans des domaines aussi variés que la toxicologie, la physiologie, l'embryologie ou la reproduction (Newman 1907; Marza *et al.* 1937; DiMichele et Taylor 1980; Brummett *et al.* 1982 et Atz 1986). Déjà, à la fin du siècle dernier, Morgan (1893) s'en servait pour des travaux de recherche en embryologie, les oeufs du choquemort étant faciles à féconder *in vitro* et les larves faciles à élever en laboratoire.

Le choquemort possède plusieurs caractéristiques requises pour jouer le rôle de sentinelle environnementale notamment: une aire de distribution étendue, des populations abondantes, une durée de vie moyenne d'environ 5 ans et, enfin, une sensibilité aux produits toxiques comparable à celle des autres téléostéens (Eisler 1986). Son régime alimentaire est varié, à base de petits crustacés, de polychètes ou d'insectes (Penczak 1985). Plutôt sédentaire, *F. heteroclitus* ne se déplace habituellement que pour se nourrir ou lors de la période de reproduction. Pendant l'été, la zone dans laquelle il se meut est d'environ 36 mètres (Lotrich 1975). Cependant, à l'automne et à l'hiver, quand la photopériode décroît, le choquemort semble plutôt se diriger en amont des cours d'eau, vers des eaux de plus faibles salinités. Ses déplacements s'effectuent sur une distance inférieure à 2 km (Fritz *et al.* 1975). Cette sédentarité fait de lui un candidat pour les études de monitoring environnemental, car il est très représentatif des conditions du site où il est capturé.

Le choquemort a fréquemment été utilisé comme sentinelle environnementale aux États-Unis, mais jamais encore au Canada (Eisler 1986). Nous voulons développer l'utilisation du choquemort comme espèce sentinelle, dans la portion méridionale du golfe du Saint-Laurent, afin d'évaluer l'impact des rejets municipaux et industriels sur la santé et la reproduction des poissons.

TAXONOMIE

Deux sous-espèces existent, soit *F.h. macrolepidotus* et *F.h. heteroclitus* (Jordan et Everman 1896). La distribution de *F.h. macrolepidotus* s'étend du golfe du Saint-Laurent au Connecticut, tandis que *F.h. heteroclitus* se trouve du Connecticut jusqu'en Floride (Morin et Able 1983; Able 1984). La structure génétique des populations de choquemorts varie selon la latitude. Ces disparités s'expriment au niveau morphologique, que ce soit la taille des adultes (Able et Felley 1986) ou la taille des oeufs matures (Marteinsdottir et Able 1988), au niveau du choix du substrat

de ponte (sable, coquilles vides ou plantes) (Able 1984) ou encore par une variabilité des protéines polymorphes (allozymes) (Powers *et al.* 1986). Brummett et Dumont (1981) ont démontré que les populations nordiques (*F.h. macrolepidotus*) avaient des oeufs dont les filaments chorioniques étaient longs, plus épais et étaient dispersés sur le chorion, alors que celles du sud (*F.h. heteroclitus*) possédaient beaucoup de filaments plus minces et plus courts. Morin et Able (1983), ont confirmé ces résultats et ont noté qu'il y avait des différences latitudinales du nombre de gouttelettes lipidiques contenues dans les oeufs matures, passant de 13 dans le Maine pour *F.h. macrolepidotus* jusqu'à 173 en Floride pour *F.h. heteroclitus*.

CARACTÉRISTIQUES DE LA REPRODUCTION DU CHOQUEMORT

Caractéristiques générales

Le choquemort est un poisson qui pond plusieurs fois au cours d'une même saison de reproduction; un nombre de 10 pontes par année peut être atteint (Taylor *et al.* 1979; Taylor 1986). La durée de la saison de reproduction varie selon la latitude. La sous-espèce *F.h. macrolepidotus* a une saison de reproduction plus brève que *F.h. heteroclitus*; en effet, *F.h. macrolepidotus* se reproduit du début mai à la mi-juillet dans le Massachussets (Wallace et Selman 1981) et d'avril à août pour *F.h. heteroclitus* du Delaware (Taylor *et al.* 1977). Cette période s'étend même un peu plus si l'on se retrouve à de plus basses latitudes (mars à août en Caroline du Nord) (Kneib et Stiven 1978).

Chez les femelles *F. heteroclitus*, le développement folliculaire se fait de façon asynchrone (Selman et Wallace 1986), c'est-à-dire que tous les oeufs n'atteignent pas la pleine maturité simultanément. On retrouve des ovocytes de différents stades, donc de différentes tailles, tout au long de la période de ponte. Lorsque l'ovocyte a atteint son plein développement, c'est-à-dire quand l'hydratation et la séquestration de la vitellogénine sont complétées, la femelle ovule et les oeufs sont gardés dans la partie postérieure de l'ovaire, dans une région appelée ovisac, jusqu'au moment propice pour la ponte (Brummett *et al.* 1982).

Dans les zones côtières où l'amplitude des marées est suffisante, les oeufs déposés dans la zone intertidale supérieure se retrouvent, à marée basse, dans des zones exposées à l'air (Taylor *et al.* 1977). Le développement embryonnaire, qui dure environ de 7 à 10 jours, selon la température de l'eau, s'effectue souvent à l'air libre. L'éclosion sera déclenchée quelques minutes après que les oeufs soient immergés par une grande marée et exposés soudainement à de plus faibles concentrations d'oxygène (Taylor *et al.* 1977). La salinité, la température et le pH ne semblent pas avoir de contrôle direct sur le mécanisme d'éclosion (DiMichele et Taylor 1980).

Les différentes populations de *F. heteroclitus* utilisent différents substrats de ponte, tels des coquilles vides, du sable, de la boue ou des amas d'algues ou de plantes. Les poissons de la sous-espèce *macrolepidotus* se servent de préférence des plantes et du sable comme substrat, alors que le type *heteroclitus* utilise plutôt des coquilles vides de moules (Able 1984). La morphologie des oeufs est ainsi adaptée au substrat de ponte. Chez *F.h. macrolepidotus*, les longs filaments chorioniques servent à ancrer solidement ses oeufs, ces derniers étant moins protégés que les

oeufs déposés dans une coquille (Sollberg 1938).

Facteurs contrôlant la ponte

Beaucoup de travaux de recherches ont été effectuées pour déterminer quels seraient les mécanismes externes d'induction de la ponte chez le choquemort. On a pensé aux cycles lunaires ou de marée, à la température, à la turbulence du cours d'eau, à la pression hydrostatique, à la salinité ou à la photopériode (Hines *et al.* 1985). Cependant, la preuve n'a pas encore été faite à savoir s'il n'y avait qu'un seul facteur déclencheur ou bien si c'était la conjonction de plusieurs facteurs qui induisait la ponte.

Deux des facteurs les plus étudiés sont les cycles lunaires et de marée. Le niveau qu'atteignent les hautes marées varie habituellement en fonction du cycle de la lune. La ponte chez le choquemort suivrait ce cycle comme l'indiquent les changements au niveau de l'hydratation des gonades, de la taille des ovocytes ainsi que du développement folliculaire (Taylor 1986; Taylor et DiMichele 1980). *F. heteroclitus* utiliserait les grandes marées qui surviennent aux pleines et nouvelles lunes du printemps, pour aller déposer ses oeufs dans les zones supérieures des marais. Taylor (1986) a fait la preuve que des populations du Delaware et du Massachussets suivent effectivement un cycle semi-lunaire de ponte. Malgré qu'il soit moins prononcé au nord, le cycle est quand même présent. Des expériences en laboratoire ont démontré qu'en absence de stimuli externes, *F. heteroclitus* suivait ce cycle, laissant supposer un cycle modulé par des facteurs endogènes (Taylor 1986). Hines *et al.* (1985) ont démontré que la lune avait plus d'importance que les marées dans le processus de reproduction, car ils ont observé un cycle de ponte semi-lunaire dans une région où le niveau d'eau variait peu avec les marées.

La température et la photopériode influencent aussi le cycle de reproduction de *F. heteroclitus*. Selon Day et Taylor (1984), la température jouerait un rôle moins important que la photopériode. Le cycle de reproduction pouvait être induit, chez un groupe de choquemorts ramené du terrain en hiver, en allongeant la photopériode et en augmentant la température à 20°C. Cependant, malgré une température de 20°C, une courte photopériode n'avait aucun effet. Une basse température a aussi un effet inhibiteur sur le développement final des gonades des femelles. On peut retrouver des ovocytes en cours de maturation, voire même au début de la vitellogénèse, mais on ne retrouvera jamais d'ovocytes matures dans ces conditions.

La reproduction du choquemort de l'est du Canada

Même si la littérature abonde sur le cycle reproducteur de *Fundulus heteroclitus*, il existe peu d'informations sur le cycle reproducteur du choquemort de l'est du Canada. Fritz et Garside (1975) ont étudié des populations du sud de la Nouvelle-Écosse et ont déterminé que la fécondité par acte de ponte des femelles variait entre 161 et 243 oeufs, le total dépendant de la densité de la population ainsi que de la quantité de nourriture présente dans le milieu. Penczak (1985) a aussi étudié une population de cette même région et a évalué que la période de reproduction durait environ deux semaines, soit de la fin mai à la mi-juin, en se basant sur l'observation de la coloration nuptiale plus prononcée des mâles, sur la présence d'oeufs plus gros dans les ovaires

des femelles, ainsi que sur la présence d'oeufs de choquemorts dans les intestins des poissons échantillonnés. Cependant, la fréquence d'échantillonnage ne permet pas de réellement définir la longueur et les caractéristiques de la période de ponte de *F. heteroclitus* dans cette région. De ce fait, aucune information n'existe sur la période de ponte du choquemort de l'estuaire de la Miramichi. Les variations latitudinales de certaines caractéristiques de vie du choquemort sur la côte atlantique ne permettent pas d'extrapoler ce que sera la période de reproduction du choquemort de l'estuaire de la Miramichi à partir des informations disponibles pour les autres populations étudiées plus au sud.

OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

L'estuaire de la Miramichi (Nouveau-Brunswick) est principalement contaminé par les effluents d'une usine de pâte et papier kraft à blanchiment au chlore. Les effluents de ce type d'usine peuvent causer des altérations à la reproduction des poissons, notamment un retard dans la maturation des gonades et une baisse des concentrations d'hormones stéroïdes plasmatiques (Sandström *et al.* 1988; Andersson *et al.* 1988; Munkittrick *et al.* 1994; Gagnon *et al.* 1995). Afin d'évaluer les effets d'une usine de pâte et papier sur la reproduction des poissons, il est nécessaire de comparer les caractéristiques d'un poisson sentinelle à des sites contaminés et non contaminés. La présente étude se veut une étude préliminaire visant à caractériser la période de reproduction du choquemort de l'estuaire de la Miramichi. Les données recueillies serviront de base à l'élaboration d'une étude plus vaste portant sur l'évaluation de la période de reproduction du choquemort à différents sites de l'estuaire de la Miramichi et d'un estuaire de référence. La plupart des études évaluant les effets des effluents des usines de pâte et papier sur la reproduction des poissons ne portent que sur les premières étapes du cycle reproducteur; le choquemort, par sa facilité de capture, son abondance et sa sédentarité, permet donc la réalisation d'une étude portant sur l'ensemble de la période de ponte et non seulement sur quelques étapes.

L'objectif premier de l'étude est d'identifier exactement la période pendant laquelle les choquemorts se reproduisent, ainsi que de déterminer le nombre de pontes. Pour ce faire, il faut décrire la période de reproduction en mesurant les changements au niveau du rapport gonadosomatique, du stade de maturité des gonades, du pourcentage de femelles ayant des oeufs matures et des concentrations plasmatiques d'estradiol et de testostérone.

L'objectif second est de caractériser les poissons qui sont à pleine maturité lors de la période de ponte en vérifiant leur taille, leur fécondité ainsi que le diamètre des oeufs matures. Une documentation sommaire de la variation temporelle de la condition des poissons (facteur de condition, rapport hépatosomatique) tout au long de la période d'échantillonnage complétera l'étude.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

LEXIQUE

Afin de décrire le cycle de ponte du choquemort, les définitions suivantes seront utilisées:

Femelle à pleine maturité: femelle ayant des gonades matures et dont le rapport gonadosomatique (RGS) est supérieur à 6.0. La femelle à pleine maturité sera notée 5B et la femelle ayant un RGS inférieur à 6.0 sera notée 5A.

Mâle à pleine maturité: mâle mature ayant un RGS supérieur à 2.0.

Événement majeur de ponte: un événement majeur de ponte survient lorsque l'on retrouve plus de 50% des femelles qui sont à pleine maturité.

Événement mineur de ponte: un événement mineur de ponte survient lorsque moins de 50% des femelles sont à pleine maturité et que ce pourcentage est différent de zéro.

Pic de ponte: un pic de ponte correspond à un événement majeur ou mineur de ponte précédé et suivi d'un événement de ponte où le pourcentage de femelles à pleine maturité est inférieur.

SITE DE CAPTURE

Les choquemorts ont été capturés hebdomadairement à Horton Creek (Nouveau-Brunswick, 47°02'20" Nord 65°10'06" Ouest, Figure 1), entre les mois de mai et septembre 1993. La fréquence d'échantillonnage choisie ne permet pas de déterminer avec précision les pics de ponte, mais elle est cependant identique à celle qu'avait choisie Taylor *et al.* (1977, 1979) pour décrire des cycles semi-lunaires de ponte chez des populations de choquemorts vivant plus au sud. Horton Creek est un marais salant, irrigué quotidiennement par la marée et situé à l'embouchure de l'estuaire de la Miramichi, dans le golfe du Saint-Laurent. L'embouchure du cours d'eau est plutôt sablonneuse, alors que les marelles ont un fond vaseux. La Spartine alterne (*Spartina alterniflora*) compose la grande majorité de sa végétation, mais on y retrouve également l'Armoise de Steller (*Artemisa stellarana*), la Glaucé maritime (*Lathyrus japonicus*), la Zostère marine (*Zostera marina*), la Livêche écossaise (*Ligusticum scotium*) ainsi que la Potentille ansérine (*Potentilla anserine*). D'autres poissons ont aussi été capturés lors de l'échantillonnage notamment, l'Épinoche à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*), l'Épinoche tachetée (*G. wheatlandi*), l'Épinoche à neuf épines (*Pungitius pungitius*), l'Anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) et le Crayon d'argent (*Labidesthes sicculus*). Des invertébrés (*Crangon* sp.) furent aussi capturés dans les cages. Ils sont souvent la proie du choquemort, car nous en avons retrouvé dans leurs intestins. Deux des prédateurs de *F. heteroclitus*, le Grand Héron (*Ardea herodias*) et le Martin-pêcheur (*Ceryle alcyon*), ont également été aperçus dans le marais.

MÉTHODES DE CAPTURE

Des cages à menés appâtées de capelans décongelés ont servi à capturer les choquemorts. À chaque visite, 4 cages étaient mises à l'eau, toujours aux mêmes emplacements, 2 des cages étant placées dans le tribulaire et 2 dans des marelles. Lors de la mise à l'eau et de la levée de chacune des cages, l'heure, la température de l'eau, la salinité, le taux d'oxygène dissous ainsi que la profondeur du cours d'eau ont été notées. Les cages étaient laissées en place toute une nuit jusqu'au lendemain avant-midi, pour une période d'environ 18 heures. Aucun poisson juvénile n'a été capturé. Le choquemort est un poisson pouvant se reproduire dès l'âge de 1 an; les poissons immatures, de moins de 1 an, étaient de taille inférieure au maillage de la cage et pouvaient en sortir aisément. L'annexe 1 résume les caractéristiques physico-chimiques du site au cours de la période d'échantillonnage.

TRI DES POISSONS

Les poissons étaient comptés et ensuite triés aléatoirement afin d'avoir 30 mâles et 30 femelles. Pour ce faire, le nombre total de poissons était divisé par 60 (le nombre de poissons voulus) et un choquemort était retenu à tous les X poissons ($X = \text{nombre total de poissons} / 60$). Le nombre de mâles et femelles résultant du tri était alors compté. Si le nombre de mâles ou de femelles était trop élevé, des individus étaient retirés au hasard parmi les poissons issus du tri afin d'atteindre le nombre requis. Par contre, si le nombre de mâles ou de femelles était trop faible, les spécimens étaient pris au hasard parmi les animaux qui avaient d'abord été rejetés. Les poissons triés étaient ensuite transférés dans un bac d'eau oxygénée, puisée à Black River (Nouveau-Brunswick) et transportés vers l'Institut Maurice-Lamontagne, Mont-Joli (Québec), situé à environ 450 km du site. Ils demeuraient une nuit dans un aquarium contenant une eau de même température que celle du transport. Les autres poissons étaient remis à l'eau, à l'embouchure du cours d'eau.

DISSECTION

Le lendemain de leur arrivée à l'Institut Maurice-Lamontagne, les poissons étaient anesthésiés au tricaine de méthanesulfonate (MS222) à une concentration de 175 mg/l, le poids et les longueurs standard et totale étaient prises. Un échantillon de sang était pris à partir de l'artère caudale à l'aide d'un capillaire hépariné de 25 µl (Capilet-C[®], Canlab, B4415-30), selon la méthode décrite par Cochran (1987). Après centrifugation, le plasma a été congelé dans l'azote liquide, puis transféré dans un congélateur à -80°C, afin de mesurer ultérieurement les concentrations d'hormones. Le foie, les viscères, la carcasse éviscérée et les gonades étaient pesés.

Le stade de maturité des gonades femelles était évalué selon les critères décrits par Selman et Wallace (1986). Les stades de maturité varient de 1 à 5, le stade 1 correspondant à la gonade d'une femelle immature et le stade 5 à une femelle ayant des oeufs matures. Dès qu'une femelle avait un oeuf mature, elle était considérée comme étant de stade 5. Afin de distinguer les femelles se trouvant tout près du moment de ponte (5B) de celles ayant déjà pondu ou qui

pondront plus tard (5A), les femelles étaient séparées en deux groupes: celles dont le rapport gonadosomatique (RGS) était inférieur à 6 étaient notées stade 5A, alors que si le RGS était supérieur à 6, le stade correspondant était le 5B. Le RGS de 6.0 séparait deux pics dans l'histogramme de fréquence de RGS de l'ensemble des femelles de stade 5. Toutes les gonades de femelles de stade 5 étaient préservées dans du formol (4%), afin de servir ultérieurement pour la mesure de fécondité et la détermination de la taille des oeufs. D'après les informations trouvées dans la littérature (Taylor 1986; Kneib et Stiven 1978), les mâles dont le RGS était supérieur ou égal à 2 avaient atteint la pleine maturité, les critères morphologiques ne suffisant pas à bien différencier les stades de développement des gonades mâles.

DOSAGE DES HORMONES PLASMATIQUES

Afin de déterminer s'il y avait variation temporelle des concentrations d'hormones stéroïdes plasmatiques des poissons (estradiol-17 β chez les femelles et testostérone chez les mâles), des analyses ont été faites au Collège Vétérinaire de l'Atlantique, à Charlottetown, à l'Île-du-Prince-Édouard. Les mesures des concentrations ont été réalisées à l'aide d'une technique de radioimmunoessai en phase solide, ne nécessitant pas d'extraction et utilisant l'I¹²⁵ pour marquer les hormones (Kit Coat-A-Count[®] Total Testosterone et Coat-A-Count[®] Estradiol, Intermedico Cie). Les quantités de plasma recueillies étant minimales, la formation de groupes s'est avérée nécessaire. Les poissons étaient séparés par sexe, par visite, tous stades de maturité confondus, puis regroupés par ensemble de cinq poissons pour les analyses.

FÉCONDITÉ

La fécondité a été déterminée en comptant le nombre d'oeufs matures. Des critères morphologiques décrits par Kneib (1986) ont été utilisés pour distinguer les oeufs matures. Ces oeufs étaient identifiables par leur grosseur, par une couleur jaune pâle, par la présence de gouttelettes lipidiques toutes migrées à un pôle, et par la présence de filaments chorioniques. Les oeufs opaques n'étaient pas retenus, même si certains possédaient des gouttelettes lipidiques. Pour valider l'utilisation des critères morphologiques distinguant les oeufs matures, le diamètre des oeufs considérés comme matures (pour une femelle par visite) a été mesuré à l'analyseur d'images Bioquant (R&M Biometrics Inc.). Un total de 404 oeufs ont été mesurés et leur diamètre moyen était de 1.90 ± 0.02 mm, ce qui est comparable à la taille rapportée dans la littérature pour des oeufs matures de *F. heteroclitus macrolepidotus* (Selman et Wallace 1986). Chez chacune des femelles, le nombre total d'oeufs matures a été compté, puis le diamètre de 20 oeufs prélevés aléatoirement a été mesuré à l'aide de l'analyseur d'images.

ANALYSES STATISTIQUES

Les pourcentages de femelles et de mâles à pleine maturité ont été déterminés pour chaque visite et servent à identifier les pics et les événements majeurs et mineurs de ponte. Le rapport gonadosomatique (RGS) a été calculé à partir de la formule:

$$\text{RGS} = \text{Poids des gonades} \times 100 / (\text{poids total} - \text{poids des gonades}).$$

Les RGS médians ont été utilisés pour illustrer graphiquement les changements temporels dans

la croissance des gonades. La relation linéaire entre le logarithme du poids des gonades et le logarithme du poids somatique (poids total moins poids des gonades) a été établie pour chaque visite et pour chaque sexe à l'aide d'une régression linéaire (méthode des moindres carrés). Les pentes et les ordonnées à l'origine ont ensuite été comparées entre les visites par analyse de covariance. L'objectif de cette analyse était de comparer la taille des gonades en maturation entre les visites, indépendamment du poids somatique des poissons échantillonnés.

Afin de déterminer si la fécondité et le diamètre des oeufs étaient reliés à la taille (longueur standard) des femelles, des régressions linéaires ont été faites, sur des données ayant subi une transformation logarithmique, pour chacune des visites où l'on retrouve des femelles matures. Aux visites où une relation linéaire a été démontrée, les pentes et les ordonnées à l'origine des droites ont été comparées entre elles par analyse de covariance.

Les valeurs moyennes des concentrations plasmatiques d'estradiol chez les femelles et de testostérone chez les mâles ont été calculées et permettent de suivre les variations de ces hormones stéroïdes au cours du cycle reproducteur.

La normalité des distributions des variables décrivant les femelles (longueur standard, fécondité, diamètre des oeufs) et les mâles (longueur standard) à pleine maturité a été testée par un test de Shapiro-Wilk. Seul le diamètre des oeufs était distribué normalement. Le test non-paramétrique Kruskal-Wallis, suivi d'un test de Tukey a été utilisé pour déterminer si la longueur standard des poissons ainsi que leur fécondité variaient entre les visites. Une analyse de variance (ANOVA) a été effectuée afin de vérifier s'il y a une variation du diamètre moyen des oeufs entre les visites. Le diamètre moyen des 20 oeufs mesurés pour chaque femelle était utilisé pour ces analyses.

Le rapport hépatosomatique (RHS) et le facteur de condition (FC) ont été calculés selon les formules:

$$\text{RHS} = (\text{poids foie} \times 100) / \text{poids carcasse éviscérée et}$$

$$\text{FC} = (\text{poids carcasse éviscérée} \times 100) / (\text{longueur standard})^3.$$

Les choquemorts étant capturés à l'aide de capelans, les intestins étaient souvent pleins et leur poids, ainsi que celui des gonades, entraîneraient un biais si le poids somatique était utilisé plutôt que le poids de la carcasse éviscérée dans les calculs. Les RHS et FC médians ont été utilisés pour illustrer les variations temporelles de la condition des poissons.

Les données de la visite 3 n'entrent pas dans les analyses comparant les différentes visites. En effet, le protocole d'échantillonnage de cette visite, pour un autre projet, n'était pas comparable à celui des autres visites.

Toutes les analyses statistiques ont été faites à partir du logiciel SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989).

RÉSULTATS

PÉRIODE DE PONTE

La période de ponte de la population de choquemorts (*F. heteroclitus*) de Horton Creek a duré environ 9 semaines, soit de la fin du mois de mai à la fin juillet. L'apparition et la disparition de femelles matures de stade 5 (Figure 2A), témoigne du début et de la fin de cette période. L'activité de ponte s'est effectuée de façon cyclique et non-continue et est caractérisée par 4 pics de ponte (visites 2, 5, 7 et 9), distants l'un de l'autre de 21, 15 et 13 jours respectivement (Figure 2A). Trois événements majeurs de ponte ont eu lieu aux visites 2, 5 et 7, alors que les visites 4, 6, 8 et 9 correspondent à des événements mineurs où le pourcentage de femelles à d'autres stades de maturité gonadique est plus élevé (Tableau 1). À l'exception des pics de ponte, le pourcentage de femelles à maturité et le RGS médian de celles-ci tendent à diminuer avec le temps (Figure 3A). Les valeurs médianes maximales du RGS se trouvent aux visites 2 et 5, alors que les pics atteignent 13%.

Pour l'ensemble des femelles, l'analyse de covariance permet de définir deux groupes de visites (A et B) selon les pentes de la relation linéaire entre le poids gonadique et le poids somatique (Tableau 1). Les pentes de ces relations sont difficiles à interpréter, car des femelles de différents stades de maturité sexuelle sont présentes et modifient la pente de la relation. Cependant, les ordonnées à l'origine démontrent bien à quel moment de la période de ponte les gonades atteignent la pleine maturité. Dans les deux groupes, les ordonnées à l'origine des visites 2 et 5 sont supérieures à celle des autres visites; dans le groupe B, l'ordonnée à l'origine de la visite 7 s'ajoute aux deux autres visites. Les femelles capturées à ces visites ont donc un poids gonadique supérieur aux autres, pour un même poids somatique. Pour les visites lors desquelles un nombre suffisant de femelles à pleine maturité a été échantillonné (visites 2, 4, 5 et 7), il est possible de démontrer une relation linéaire entre le poids des gonades et le poids somatique pour les femelles à pleine maturité (Tableau 1). L'analyse de covariance confirme qu'aux pics de ponte des visites 2 et 5, l'ordonnée à l'origine est supérieure, les gonades des femelles étant plus grosses qu'aux visites 4 et 7 pour un même poids somatique.

Le pourcentage de mâles à pleine maturité (Figure 2B) et le RGS médian (Figure 4A) des mâles tendent à décroître de la visite 2 jusqu'à la fin de la période de ponte. C'est à la visite 2, correspondant au premier pic de ponte des femelles, que ce pourcentage ainsi que le RGS médian des mâles atteignent leur maximum. Les pics de ponte des visites 5, 7 et 9 ne semblent pas clairement associés avec une recrudescence des gonades mâles.

Les pentes des relations linéaires entre le poids des gonades mâles et le poids somatique indiquent que la visite 1 est différente de toutes les autres visites (Tableau 3). Les ordonnées à l'origine des autres visites semblent généralement diminuer avec le temps, signifiant que les gonades des mâles sont plus grosses au début de la période de ponte qu'à la fin, pour un même poids somatique.

HORMONES PLASMATIQUES

Chez les femelles, les concentrations moyennes d'estradiol-17 β dans le plasma (Figure 3B) suivent un cycle presque semblable à celui du RGS, mais le précèdent d'une semaine. En effet, on retrouve des pics aux visites 1, 4 et 6, soit une semaine avant les pics de RGS médian. Les concentrations d'estradiol se maintiennent au-dessus de 500 pg/ml et ce n'est qu'après la visite 6 que les valeurs chutent pour atteindre zéro. Un léger soubresaut lors de la visite 8 ne précède pas une remontée du RGS médian, mais précède une augmentation du pourcentage de femelles matures à la visite 9.

Chez les mâles, contrairement au RGS médian et au pourcentage de mâles à pleine maturité, les concentrations de testostérone plasmatique fluctuent de façon marquée pendant la période de ponte, avec des pics aux visites 2, 6 et 9 (Figure 4B). On note que la concentration moyenne de testostérone atteint sa valeur la plus élevée au même moment que le RGS des mâles.

CARACTÉRISTIQUES DES POISSONS LORS DE LA PÉRIODE DE PONTE

Fécondité

La fécondité des femelles à pleine maturité varie beaucoup dans le temps et à l'intérieur d'une même visite (Tableau 4). Le nombre maximal d'oeufs matures retrouvés chez une seule femelle est de 242 (visite 2). Il n'y a qu'aux visites 2 et 5 qu'une relation linéaire peut être démontrée entre la fécondité et la taille des femelles à pleine maturité (Tableau 5), ce qui coïncide avec les valeurs les plus élevées de RGS. Les pentes et ordonnées à l'origine des relations linéaires observées sont semblables. L'équation de la droite regroupant les valeurs de ces deux visites est de la forme $\log(\text{fécondité}) = 3,40 * \log(\text{longueur standard}) - 2,57$ ($p=0,0001$; $r^2=0,50$).

Taille des oeufs matures

Les valeurs moyennes du diamètre des oeufs matures varient entre 1,82mm et 1,93mm (Tableau 4). Le diamètre des oeufs matures ne varie pas temporellement ($p>0,05$, $r^2=0,11$, $dl=6$) et aucune relation n'existe entre le diamètre des oeufs matures et la taille des femelles ($p>0,05$, $r^2=0,0003$, $dl=6$).

Taille des poissons à pleine maturité

La taille des femelles à pleine maturité ne varie pas au cours de la période de ponte (Tableau 4), contrairement à celle des mâles. Les mâles de la visite 1 ont une taille supérieure et ceux des visites 4, 5 et 7 sont inférieurs en taille. Une grande variabilité existe à l'intérieur d'un même échantillon (tableau 4).

CARACTÉRISTIQUES DE LA POPULATION ÉCHANTILLONNÉE

Facteur de condition

Chez les mâles et les femelles, le facteur de condition (FC) est à son plus bas au début de la saison de ponte, puis augmente pour atteindre un plateau à partir de la visite 10 (Figure 5). Le FC des mâles est supérieur à celui des femelles tout au long et même après la période de ponte. On note une légère baisse de la condition des mâles aux visites 1, 4 et 7.

Rapport hépatosomatique

Le rapport hépatosomatique (RHS), contrairement au FC, décroît pendant la saison de ponte (Figure 6). Le RHS des femelles est toujours supérieur à celui des mâles, mais à partir de la visite 8, l'écart entre les deux diminue et le RHS des mâles dépasse celui des femelles. L'écart est plus grand au début de la période de ponte.

Capture

Aux visites correspondant à trois pics de ponte (visites 2, 5 et 9), moins de poissons ont été capturés. Au pic de ponte de la visite 7, le contraire se présente, alors que c'est à ce moment que le plus haut nombre de poissons capturés a été atteint. Un cycle semble exister dans le ratio entre les mâles et les femelles lors de la période d'échantillonnage.

DISCUSSION

La période de ponte de la population de Horton Creek dure environ six semaines, elle est discontinue et est caractérisée par quatre pics de ponte. Cependant, les cycles semi-lunaires de ponte décrits chez des populations de choquemorts vivant plus au sud l'ont été à l'aide d'échantillonnage hebdomadaire (Taylor *et al.* 1977; Taylor *et al.* 1979). La longueur de la période de ponte est supérieure à ce qu'avait noté Penczak (1985) pour une population de la Nouvelle-Écosse, mais est presque semblable à la durée de la période de ponte d'une population du Maine (Taylor 1986). Cette dernière se reproduit en mai et juin et a de 3 à 4 pontes par saison de reproduction.

Le RGS médian des femelles est influencé par trois facteurs: la proportion de femelles matures, la fécondité et le poids gonadique (Taylor *et al.* 1979). Le RGS entre les pics de ponte diminue à mesure que la saison de ponte progresse, même si le RGS des femelles à pleine maturité ainsi que la fécondité ne semblent pas diminuer. Le RGS serait donc plus influencé par la proportion de femelles matures qui diminue avec le temps, alors que moins de femelles sont en mesure de pondre (Taylor *et al.* 1979).

Il est difficile, par des études sur le terrain, de déterminer la fécondité réelle au cours d'une saison de ponte, d'un poisson à pontes multiples dont la maturation gonadique est asynchrone

(Kartas et Quignard 1984). La fécondité partielle du choquemort de Horton Creek peut être estimée à plus de 200 oeufs par acte de ponte. Ce résultat, ce qui est comparable à ceux de Penczak (1985) et Fritz et Garside (1975) qui ont dénombré respectivement 203 et 243 oeufs matures dans des populations de Nouvelle-Écosse. La relation entre la fécondité et la taille des femelles ne peut être mise en évidence que lorsque la majorité d'entre elles sont à pleine maturité, aux pics de ponte des visites 2 et 5. C'est à ces moments, lorsque la relation est linéaire entre la fécondité et la taille du poisson, que l'ordonnée à l'origine de la relation entre le poids des gonades et le poids somatique est élevée et que la plupart des femelles sont à pleine maturité, que le nombre d'oeufs matures dénombrés s'approcherait de la fécondité individuelle par acte de ponte.

Le diamètre des oeufs de *F. heteroclitus* de Horton Creek ne varie pas au cours de la saison de reproduction et n'est pas relié à la taille des femelles. Ces résultats rejoignent ceux de Marteinsdottir et Able (1988), qui n'ont pas mis en évidence de relation entre le diamètre des oeufs et la taille des femelles. La faible taille de l'échantillon peut aussi expliquer qu'aucune relation ne puisse être identifiée.

Les variations du taux d'estradiol 17- β suivent approximativement le même cycle que celui du RGS, mais précèdent habituellement les pics de ponte. La présence d'estradiol 17- β stimule la vitellogénèse (Campbell et Idler 1980; Sundararaj et Nath 1981) et permet la maturation finale des ovocytes. Les résultats coïncident avec les expériences de Bradford et Taylor (1987) et Taylor (1984), qui ont montré que les niveaux d'estrogènes plasmatiques précédaient une augmentation plus marquée du poids des gonades. L'augmentation d'estradiol 17- β à la visite 8 témoigne qu'une portion de l'échantillon subit encore un processus de maturation gonadique qui se reflète sur le pourcentage de femelles matures, mais non sur le RGS médian, car la forte proportion de femelles ne participant pas à la ponte tend à maintenir bas le RGS.

La taille des femelles participant à la ponte ne varie pas entre les visites. Kneib (1986) a démontré, pour une population de Sapelo Island (Georgie), que la fréquence et l'intensité de ponte varie en fonction de la taille des poissons. En effet, les plus grosses femelles ont plus de pics de ponte que les petites et ont une période de ponte prolongée. La période de ponte des choquemorts provenant des plus faibles latitudes est supérieure à celle des poissons du nord. Cette durée plus faible peut faire que toutes les femelles se reproduisent durant la même période, peu importe leur taille, afin de profiter au maximum des meilleures conditions du milieu. Dans la présente étude, l'échantillonnage est cependant insuffisant pour étudier l'effet de la taille sur le cycle reproducteur. De plus, la méthode de capture utilisée dans l'étude peut être sélective pour certains poissons. Contrairement aux femelles, la taille des mâles varie lors de la période de ponte, mais la relation n'est pas claire et n'indique pas de patron temporel spécifique.

Le RGS des mâles varie approximativement selon le même cycle que celui des femelles. Tout comme chez les femelles, on note une diminution du RGS des mâles plus la période de ponte progresse. Cependant, le RGS des mâles et le pourcentage de mâles matures ne sont pas des indicateurs de la maturité sexuelle aussi sensibles que ceux des femelles. Chez les mâles, la phase finale de maturation des spermatozoïdes en spermatozoïdes n'implique pas une augmentation

très accrue du volume de la gonade, contrairement aux femelles, où l'hydratation des ovocytes lors de la maturation finale entraîne une augmentation du poids des gonades (Selman et Wallace 1986). D'autres méthodes de détermination de la maturité sexuelle doivent être alors utilisées. Par exemple en appliquant une légère pression le long de l'abdomen du mâle, un individu mature laisserait alors couler sa laitance (Taylor *et al.* 1979; Hines *et al.* 1985). Une autre technique, l'index spermatique, correspondant à la quantité de sperme multipliée par le RGS, peut aussi être employée (Cochran 1987). La fluctuation des valeurs de testostérone plasmatique est un autre indicateur du cycle de maturation gonadique des mâles, tel que démontré par la présence de pics de concentrations hormonales coïncidant avec des pics moins prononcés de RGS (Cochran 1987).

Le facteur de condition (FC) varie en fonction de deux facteurs importants soient la ponte ("output") et la nourriture ("input") (Penczak 1985; Kneib et Stiven 1978). Les résultats obtenus lors premières visites indiquent que les poissons investissent plus d'énergie dans la reproduction, plutôt que dans l'accumulation de réserves dans leur soma. Plus la saison de ponte avance, plus le FC croît, autant chez les mâles que les femelles. Les poissons commencent graduellement à accumuler des réserves énergétiques dans leur soma, afin de se préparer pour la saison froide. Le FC des mâles est toujours supérieur à celui des femelles, indiquant que le poids de la carcasse mâle est plus grand que celui de la femelle pour une même taille. Cet indice témoigne du caractère plus robuste du mâle reflété par un poids somatique supérieur pour une même longueur (Kneib et Stiven 1978).

L'écart entre le rapport hépatosomatique (RHS) des femelles et des mâles est très grand au début de la période d'échantillonnage et diminue par la suite. Les pics de RHS retrouvés correspondent aux pics de ponte. Le RHS des femelles est supérieur à celui des mâles, car le foie synthétise la vitellogénine (précurseur du vitellus) qui sera envoyée vers les gonades via la circulation sanguine. Les ovocytes séquestreront la vitellogénine, afin de permettre leur maturation (Wallace et Selman 1980). Plus la période de reproduction avance, plus le RHS semble diminuer. Vers la fin du mois d'août, il a tendance à remonter. L'ingestion de plus de nourriture activerait le métabolisme hépatique et divers constituants, tels les graisses et le glucose, seront stockés afin de servir de réserves énergétiques (Goede et Barton 1990).

Aux pics de ponte, à l'exception de celui de la visite 7, beaucoup moins de poissons ont été capturés. Cela peut suggérer que les poissons ne restreignent leurs déplacements et activités que pour des comportements reliés à la reproduction et qu'ils sont moins intéressés par la nourriture. C'est à la visite 7 que l'écart entre le nombre de femelles matures et celles à pleine maturité est le plus grand; on se trouverait alors avant ou après la ponte. D'après nos données, le nombre de mâles capturés par rapport à celui des femelles était souvent supérieur. Les fréquences relatives de capture entre les sexes peuvent être dues à des différences de comportement. Une augmentation de l'activité des mâles et une diminution de celle des femelles à certains moments de la ponte est probable.

La présente étude a permis de mieux décrire la période de ponte de *F. heteroclitus* de Horton Creek. Elle varie de façon cyclique et est plus intense au début du mois de juin. Ces résultats permettront une meilleure planification de l'échantillonnage pour les études écotoxicologiques

dans l'estuaire de la Miramichi. La prochaine étape de ce projet sera de comparer les cycles de ponte de différents sites de la Miramichi, situés selon un gradient de contamination, avec des sites non-contaminés d'un estuaire témoin, avec le même gradient de salinité, pour déterminer si des modifications à la période de ponte peuvent être causées par les effluents de l'usine de pâte et papier kraft à blanchiment au chlore ou bien par des facteurs environnementaux.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Sonia Beaulieu, Hélène Dionne, Francine Bélanger et Jocelyne Hudon pour leur aide lors de l'échantillonnage et la dissection des poissons. Nous remercions aussi Benoît Légaré pour son aide lors de l'échantillonnage et pour ses judicieux conseils lors de l'analyse des résultats et de la rédaction du manuscrit et Jean-Denis Dutil, Jean-Marie Sévigny et Gordon Walsh pour leurs commentaires sur le manuscrit. Cette étude a été financée par le programme sur les substances toxiques du Plan Vert du ministère des Pêches et des Océans.

RÉFÉRENCES

- Able, K.W. 1984. Variation in spawning site selection of the mummichog, *Fundulus heteroclitus*. *Copeia* 1984 : 522-525.
- Able, K.W. et J.D. Felley. 1986. Geographical variation in *Fundulus heteroclitus*: tests for concordance between egg and adult morphologies. *Amer. Zool.* 26 : 145-157.
- Andersson, T., L. Forlin, J. Hardig et A. Larsson. 1988. Physiological disturbances in fish living in coastal water polluted with bleached kraft pulp mill effluents. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45 : 1525-1536.
- Atz, J.W. 1986. *Fundulus heteroclitus* in the laboratory: a history. *Amer. Zool.* 26 : 111-120.
- Bradford, C.S. et M.H. Taylor. 1987. Semilunar changes in estradiol and cortisol coincident with gonadal maturation and spawning. *Gen. Comp. Endocrinol.* 16 : 71
- Brummett, A.R. et J.N. Dumont. 1981. A comparison of chorions from eggs of northern and southern populations of *Fundulus heteroclitus*. *Copeia*, 1981 : 607-614.
- Brummett, A.R., J.N. Dumont et J.R. Larkin. 1982. The ovary of *Fundulus heteroclitus*. *J. Morph.* 173 : 1-16.
- Campbell, C.M. et D.R. Idler. 1980. Characterization of an estradiol-induced protein from rainbow trout serum as vitellogenin by the composition and radioimmunological crossreactivity to ovarian yolk fractions. *Biol. Reprod.* 22 : 605-617.

- Cochran, R.C. 1987. Serum androgens during the annual reproductive cycle of the male mummichog, *Fundulus heteroclitus*. Gen. Comp. Endocrinol. 65 : 141-148.
- Day, J.R. et M.H. Taylor. 1984. Photoperiod and temperature interaction in the seasonal reproduction of female mummichogs. Trans. Amer. Fish. Soc. 113 : 452-457.
- DiMichele, L. et M.H. Taylor. 1980. The environmental control of hatching in *Fundulus heteroclitus*. J. Exp. Zool. 214 : 181-187.
- Eisler, R. 1986. Use of *Fundulus heteroclitus* in pollution studies. Amer. Zool. 26 : 283-288.
- Fritz, E.S. et E.T. Garside. 1975. Comparison of age composition, growth and fecundity between two populations each of *Fundulus heteroclitus* and *F. diaphanus* (Pisces: Cyprinodontidae). Can. J. Zool. 53 : 361-369.
- Fritz, E.S., W.H. Meredith et V.A. Lotrich. 1975. Fall and winter movements and activity of the mummichog, *Fundulus heteroclitus*, in a tidal creek. Chesapeake Sci. 16 : 211-215.
- Gagnon, M.M., D. Bussi eres, J.J. Dodson et P.V. Hodson. 1995. White sucker (*Catostomus commersoni*) growth and sexual maturation in pulp mill-contaminated and reference rivers. Env. Tox. Chem. 14 : 317-327.
- Goede, R.W. et B.A. Barton. 1990. Organismic indices and an autopsy-based assessment as indicators of health and condition of fish. In: S. Marshall Adams (ed) Biological indicators of stress in fish. 8 : 93-108.
- Hines, A.H., K.E. Osgood et J.J. Miklas. 1985. Semilunar reproductive cycles in *Fundulus heteroclitus* (Pisces: Cyprinodontidae) in an area without lunar tidal cycles. Fish. Bull. 83:467-472.
- Jordan, D.S. et B.W. Evermann. 1896. The fishes of North and Middle America. Bull. U.S. Nat. Mus. 47.
- Kartas, F. et J.P. Quignard. 1984. La f ecundit e des poissons t el eost eens. Masson,  ed. Paris. 121p.
- Kneib, R.T. 1986. Size specific patterns in the reproductive cycle of the killifish *Fundulus heteroclitus* (Pisces: Fundulidae), from Sapelo Island, Georgia. Copeia 2 : 342-351.
- Kneib, R.T. et A.E. Stiven. 1978. Growth, reproduction and feeding of *Fundulus heteroclitus* (L.) on a North Carolina salt marsh. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 31 : 121-140.
- Lotrich, V.A. 1975. Summer home range and movements of *Fundulus heteroclitus* (Pisces: Cyprinodontidae) in a tidal creek. Ecology. 56 : 191-198.

- Marteinsdottir, G. et K.W. Able. 1988. Geographic variation in egg size among populations of the mummichog *Fundulus heteroclitus* (Pisces: Fundulidae). *Copeia* 2 : 471-478.
- Marza, V.D., E.V. Marza et M.J. Guthrie. 1937. Histochemistry of the ovary of *Fundulus heteroclitus* with special reference to the differentiating oocytes. *Biol. Bull.* 73 : 67-92.
- Miller, R.R. 1955. An annotated list of the American cyprinodontid fishes of the genus *Fundulus*, with the description of *Fundulus persimilis* from Yucatan. *Occ. Pap. Mus. Zool. Univ. Mich.* 568 : 1-25.
- Morgan, T.H. 1893. Experimental studies on the teleosts eggs (Preliminary communication.) *Anat. Anz.* 8 : 803-814.
- Morin, R.P. et K.W. Able. 1983. Patterns of geographic variation in the egg morphology of the Fundulid fish, *Fundulus heteroclitus*. *Copeia*. 3 : 726-740.
- Munkittrick, K.R., G.J. Vander Kraak, M.E. McMaster, C.B. Portt, M.R. Van den Heuvel et M.R. Servos. 1994. Survey of receiving-water environmental impacts associated with discharges from pulp mills. 2. Gonad size, liver size, hepatic EROD activity and plasma sex steroid levels in white sucker. *Env. Tox. Chem.* 13 : 1089-1101.
- Newman, H.N. 1907. Spawning behavior and sexual dimorphism in *Fundulus heteroclitus* and allied fish. *Biol. Bull.* 12 : 314-346.
- Penczak, T. 1985. Trophic ecology and fecundity of *Fundulus heteroclitus* in Chezzetcook Inlet, Nova-Scotia. *Mar. Biol.* 89 : 235-243.
- Powers, D.A., I. Ropson, D.C. Brown, R. VanBeneden, R. Cashon, L.I. Gonzalez-Villasenor et J.A. DiMichele. 1986. Genetic variation in *Fundulus heteroclitus*: geographic distribution. *Amer. Zool.* 26 : 131-144.
- Sandström, O., E. Neuman et P. Karas. 1988. Effects of a bleached kraft pulp mill effluents on growth and gonad function in Baltic coastal fish. *Wat. Sci. Tech.* 20 : 107-118.
- SAS Institute Inc., SAS/STAT. 1989. User's guide, Version 6, Fourth Edition, Vol. 1, Cary, N.C.: SAS Institute. 943 pp.
- Selman, K. et R. A. Wallace. 1986. Gametogenesis in *Fundulus heteroclitus*. *Amer. Zool.* 26 : 173-192.
- Sollberg, A.N. 1938. The development of a bony fish. *Prog. Fish Cult.* 40 : 1-19.
- Sundararaj, B.I. et P. Nath. 1981. Steroid induced synthesis of vitellogenin in the catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch). *Gen. Comp. Endocrinol.* 43 : 201

- Taylor, M.H. 1984. Lunar synchronization of fish reproduction. *Trans. Am. Fish. Soc.* 113 : 484-493.
- Taylor, M.H. 1986. Environmental and endocrine influences on reproduction of *Fundulus heteroclitus*. *Amer. Zool.* 26 : 159-171.
- Taylor, M.H. et L. DiMichele. 1980. Ovarian changes during the lunar spawning cycle of *Fundulus heteroclitus*. *Copeia.* 2 : 118-125.
- Taylor, M.H., L. DiMichele et G.J. Leach. 1977. Egg stranding in the life of the mummichog, *Fundulus heteroclitus*. *Copeia.* 1 : 397-399.
- Taylor, M.H., G.J. Leach, L. DiMichele, W.M. Levitan et W. F. Jacob. 1979. Lunar spawning cycle in the mummichog, *Fundulus heteroclitus* (Pisces: Cyprinodontidae). *Copeia.* 2 : 291-297.
- Wallace, R.A. et K. Selman. 1980. Oogenesis in *Fundulus heteroclitus*. II. The transition from vitellogenesis into maturation. *Gen. Comp. Endoc.* 42 : 345-354.
- Wallace, R.A. et K. Selman. 1981. The reproductive activity of *Fundulus heteroclitus* from Woods Hole, Massachusetts, as compared with more southern locations. *Copeia* 212-214.

Tableau 1. Pourcentage de femelles choquemorts à différents stades de développement gonadique (STD) et résultats des analyses de la covariance du poids des gonades (g) en fonction du poids somatique (g) et du temps, indiqué par le numéro de la visite.

VISITES (date)	n	Pourcentage de femelles choquemorts à différents stades de maturité gonadique					Analyses de covariance ¹			
							Série A		Série B	
							a	b	a	b
		STD 2	STD 3	STD 4	STD 5A	STD 5B				
1 (17-05-93)	29	0	83	17	0	0	1,20	-1,46a	1,46	-1,62e
2 (31-05-93)	31	0	0	29	0	71	1,20	-1,02b	1,46	-1,15f
4 (14-06-93)	27	0	14	31	14	41	1,20	-1,31a		
5 (21-06-93)	26	0	0	0	8	92	1,20	-1,04b	1,46	-1,18f
6 (28-06-93)	29	3	30	0	50	17			1,46	-1,48e
7 (06-07-93)	30	0	3	0	40	57			1,46	-1,52e
8 (13-07-93)	30	30	60	0	3	7			1,46	-1,97g
9 (19-07-93)	23	54	14	0	4	28				
10 (26-07-93)	29	66	31	3	0	0	1,20	-2,08c		
11 (02-08-93)	27	97	0	0	0	3			1,46	-2,20h
12 (16-08-93)	30	100	0	0	0	0	1,20	-2,30d		
13 (13-09-93)	28	100	0	0	0	0	1,20	-2,15cd		

1. $\log(\text{poids des gonades}) = a(\log(\text{poids somatique})) + b$; les ordonnées à l'origine d'un même groupe portant des indices différents diffèrent statistiquement, analyse de covariance: $p \leq 0,001$.

Tableau 2. Régressions linéaires entre le poids des gonades (g) et le poids somatique (g) des femelles à pleine maturité et résultats des analyses de covariance du poids des gonades en fonction du poids somatique et du temps, indiqué par le numéro de visite.

VISITES	n	r ²	a ¹	b ¹	p
2	24	0,88	1,09a	-0,93b	0,0001
4	10	0,85	1,09a	-1,13c	0,0001
5	24	0,72	1,09a	-0,95b	0,0001
6	5	0,74			n.s.
7	18	0,87	1,09a	-1,16c	0,0001
9	6	0,42			n.s.

1. $\log(\text{poids des gonades}) = a(\log(\text{poids somatique})) + b$

n.s.: régression linéaire non significative à $p > 0.05$.

a. Pentes semblables, analyse de covariance, $p > 0.001$.

b,c. Les ordonnées à l'origine d'un même groupe portant des indices différents diffèrent statistiquement, analyse de covariance, $p \leq 0.001$.

Tableau 3. Régressions linéaires entre le poids des gonades (g) et le poids somatique (g) des mâles et résultats des analyses de covariance du poids des gonades en fonction du poids somatique et du temps, indiqué par le numéro de visite.

Visites	n	r ²	a ¹	b ¹	p
1	27	0,27	0,54	-1,42	0,0001
2	30	0,57	1,09a	-1,50b	0,0001
4	30	0,55	1,09a	-1,70b	0,0001
5	34	0,60	1,09a	-1,70bc	0,0001
6	30	0,53	1,09a	-1,80bd	0,0001
7	30	0,44	1,09a	-1,90cd	0,0001
8	30	0,49	1,09a	-1,90de	0,0001
9	33	0,59	1,09a	-2,10e	0,0001
10	29	0,58	1,09a	-2,30f	0,0001
11	27	0,07	n.s.	n.s.	n.s.
12	26	0,21	1,09a	-2,40f	0,02
13	25	0,20	1,09a	-2,60g	0,03

1. $\log(\text{poids gonades}) = a (\log(\text{poids somatique})) + b$.

n.s.: non-significatif à $p > 0,05$.

a. Pentes semblables, analyse de covariance, $p > 0,001$.

b,c. Les ordonnées à l'origine d'un même groupe portant des indices différents diffèrent statistiquement, analyse de covariance, $p \leq 0,001$.

Tableau 4. Valeurs médianes (méd), minimales (min) et maximales (max) des longueurs standards (L), rapports gonadosomatiques (RGS) et fécondités ainsi que la moyenne et l'écart type (é.t.) des diamètres des oeufs matures pour les visites où l'on retrouve des poissons à pleine maturité¹.

	L (cm) ² méd (min,max) n	RGS méd (min,max) n	Fécondité ³ méd (min,max) n	Diamètre oeufs moyenne ± é.t n
FEMELLES				
Visites				
2	5,6 (4,7-8,3) 24	13,7 (7,0-23,8) 24	42,5 (11-242) 24	1,84 ± 0,06 24
4	6,6 (4,7-9,6) 10	7,6 (6,0-10,7) 10	13,5 (3-71) 8	1,88 ± 0,03 8
5	5,9 (5,0-9,5) 24	13,4 (6,9-25,6) 24	31,5 (4-229) 24	1,85 ± 0,05 24
6	8,2 (5,3-8,7) 5	8,3 (6,6-16,7) 5	43,0 (3-99) 5	1,88 ± 0,07 5
7	6,7 (4,2-9,9) 18	7,4 (6,1-12,0) 18	48,5 (21-140) 10	1,86 ± 0,05 10
9	7,0 (6,0-7,5) 6	14,3 (9,4-20,8) 6	86,5 (68-207) 6	1,82 ± 0,04 6
MÂLES				
Visites				
1	6,0 (5,3-7,9) 14a	2,6 (2,2-5,1) 14	n.a. ⁴	n.a.
2	5,3 (4,1-7,5) 23ab	3,2 (2,0-6,2) 23	n.a.	n.a.
4	4,7 (4,0-6,5) 17b	2,4 (2,1-5,4) 17	n.a.	n.a.
5	5,0 (3,5-6,5) 19b	2,7 (2,1-3,7) 19	n.a.	n.a.
6	5,1 (4,5-6,5) 14ab	2,6 (2,1-12,0) 14	n.a.	n.a.
7	4,9 (4,5-6,2) 6b	2,7 (2,4-3,8) 6	n.a.	n.a.
8	5,1 (4,6-6,7) 8ab	2,7 (2,4-3,8) 8	n.a.	n.a.

1. Les visites dont le n est inférieur à 5 ont été exclues du tableau.
2. Test de Kruskal-Wallis: femelles, non significatif, $p > 0,05$, $dl=6$ et mâles, significatif, $p \leq 0,001$, $dl=6$ (les mêmes lettres correspondent aux visites dont la taille est semblable).
3. Test de Kruskal-Wallis: non significatif, $p > 0,05$, $dl=5$.
4. n.a.: ne s'applique pas.

Tableau 5. Régressions linéaires entre la fécondité et la longueur standard (cm) des femelles ¹

Visites	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>r</i> ²	n
2	3,04	-1,57	0,64	24
4	3,20	-3,13	0,38	10
5	3,86	-3,37	0,46	26
6	3,20	-3,09	0,23	5
7	0,90	2,13	0,05	11
9	2,86	-0,91	0,38	6

1. $\log \text{ fécondité} = a(\log(\text{longueur standard})) + b$.
significatif à $p \leq 0.001$, aux visites 2 et 5.

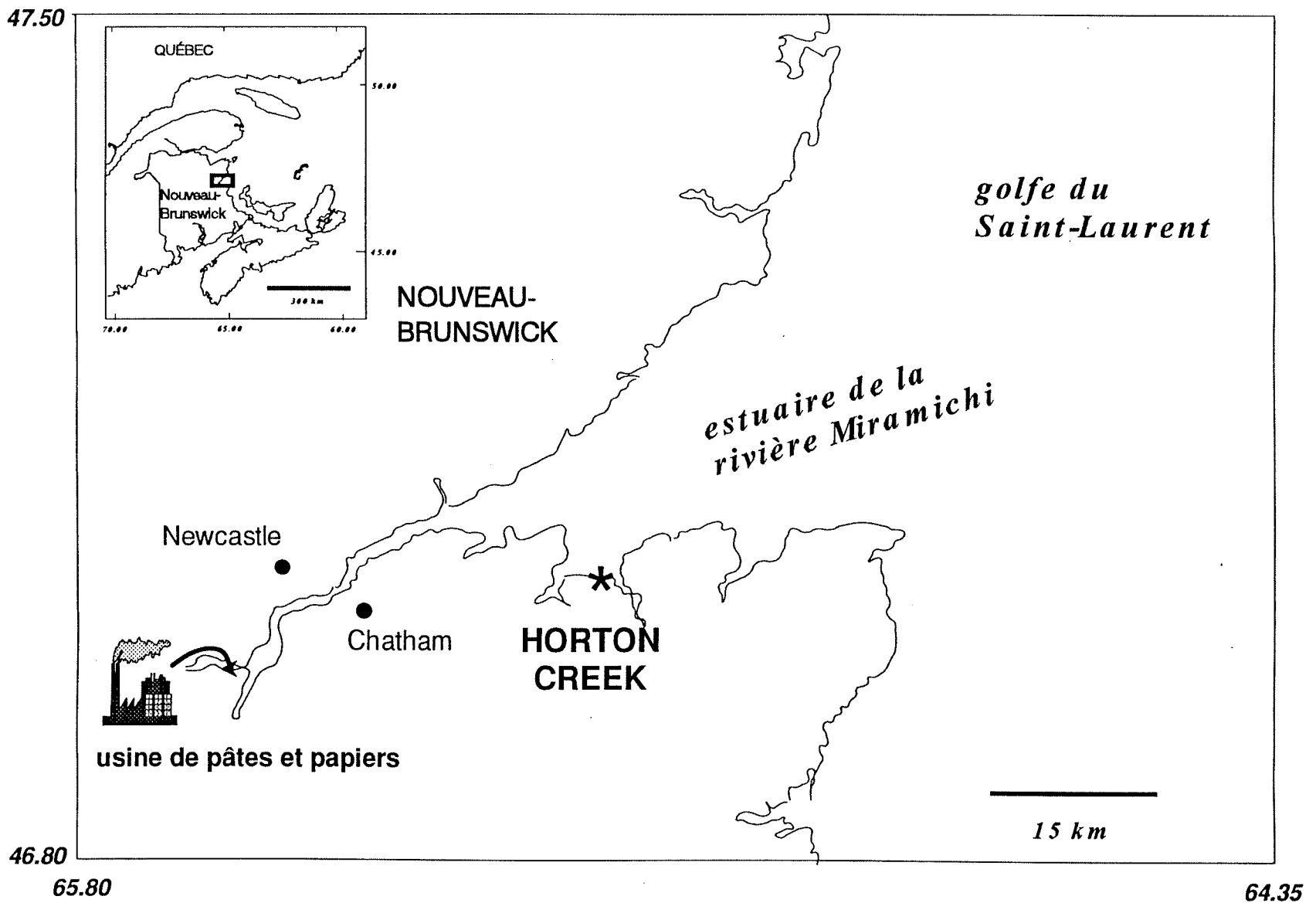


Figure 1. Position du site d'échantillonnage de Horton Creek. Situé dans l'estuaire de la rivière Miramichi (Nouveau-Brunswick, Canada), à 39 km en aval d'une usine de pâtes et papiers.

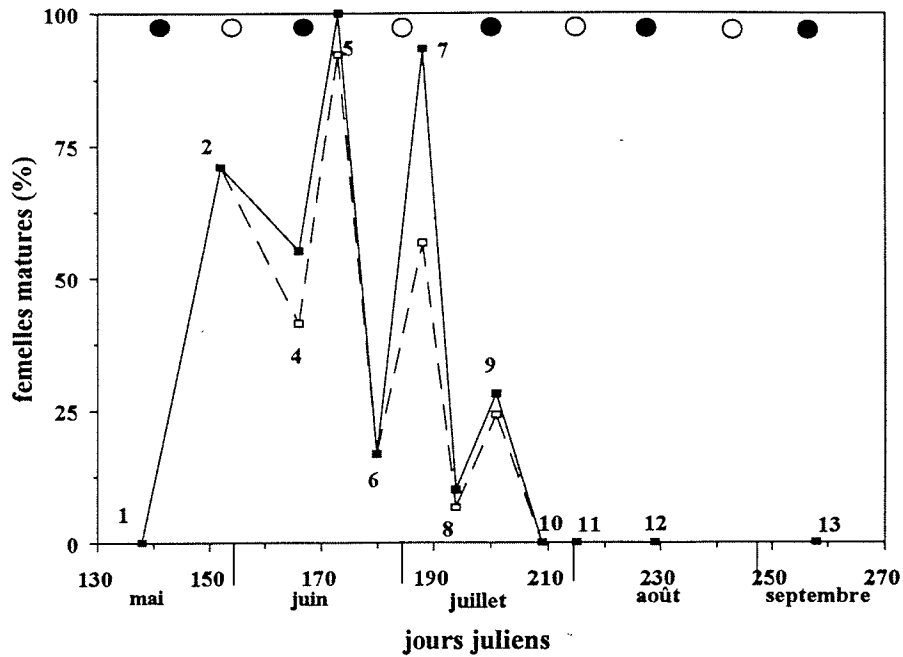


Figure 2A: Variation temporelle du pourcentage de femelles *Fundulus heteroclitus* ayant des gonades matures. La ligne continue représente les femelles de stade 5 et la ligne pointillée désigne les femelles à pleine maturité (stade 5B). Les nombres correspondent aux numéros de visites, les cercles noirs aux nouvelles lunes et les cercles vides aux pleines lunes.

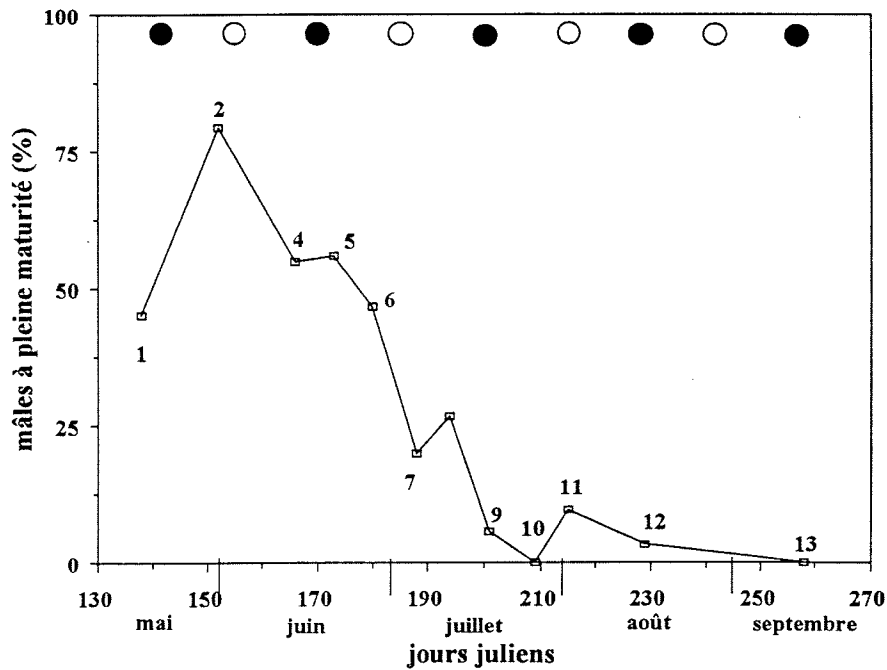


Figure 2B: Variation temporelle du pourcentage de mâles *Fundulus heteroclitus* à pleine maturité. Les nombres correspondent aux numéros de visites, les cercles noirs aux nouvelles lunes et les cercles vides aux pleines lunes.

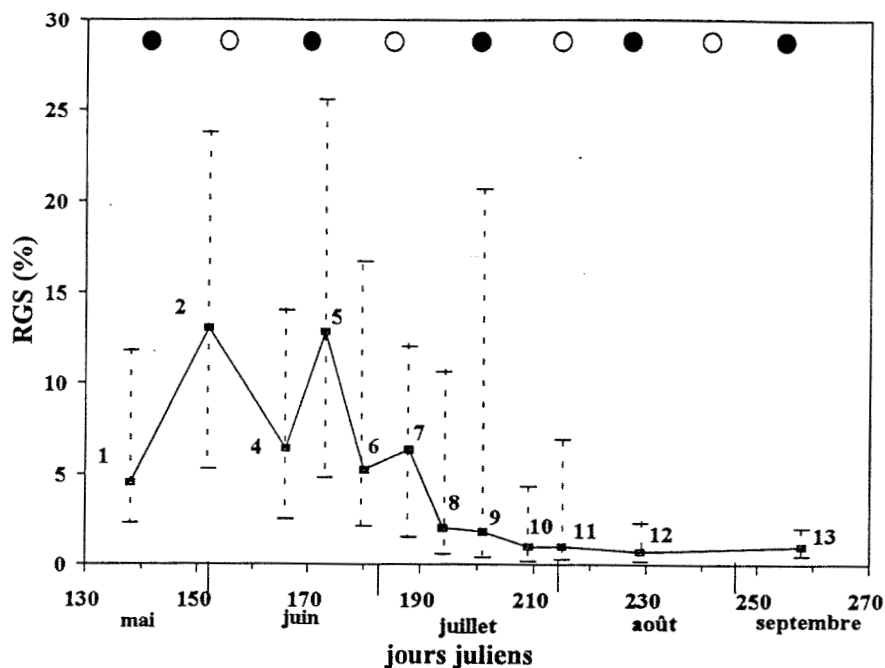


Figure 3A: Variation temporelle du rapport gonadosomatique médian (RGS) des femelles *Fundulus heteroclitus*. Les nombres correspondent aux numéros de visites, les cercles noirs aux nouvelles lunes, les cercles vides aux pleines lunes et les barres verticales aux valeurs minimales et maximales du RGS.

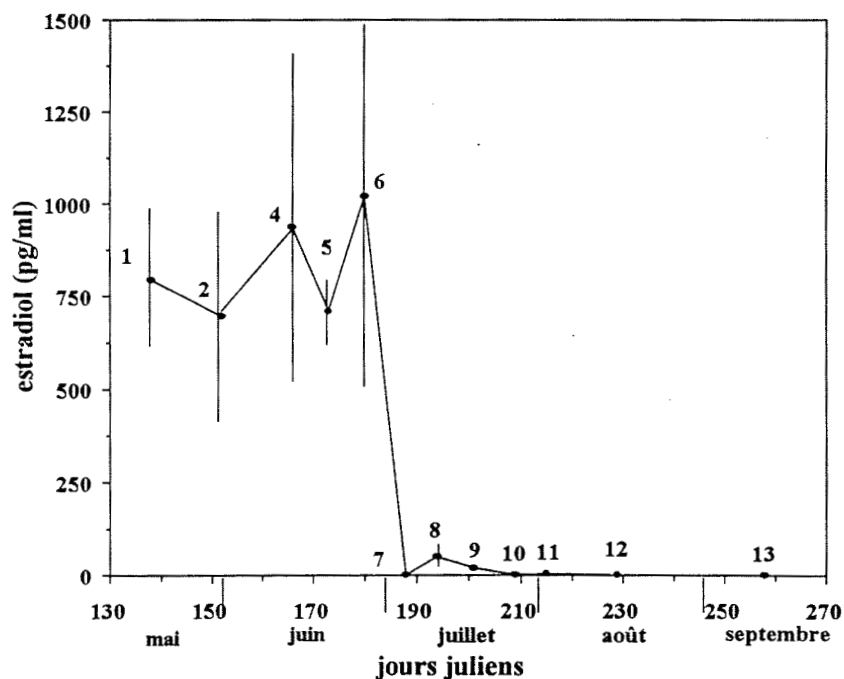


Figure 3B: Variation temporelle de la concentration moyenne d'estradiol 17- β dans le plasma des femelles *Fundulus heteroclitus*. Les nombres correspondent aux numéros de visites et les barres verticales aux écart-types. À la visite 9, $n=2$; aux visites 10 à 13, la concentration hormonale est nulle.

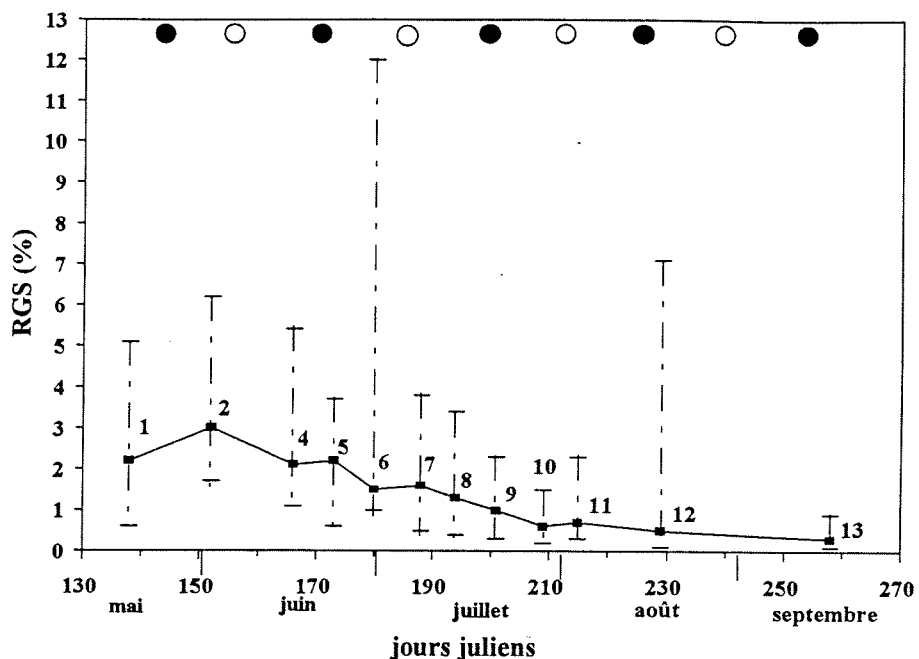


Figure 4A: Variation temporelle du rapport gonadosomatique médian (RGS) des mâles *Fundulus heteroclitus*. Les nombres correspondent aux numéros de visites, les cercles noirs aux nouvelles lunes les cercles vides aux pleines lunes et les barres verticales aux valeurs minimales et maximales du RGS.

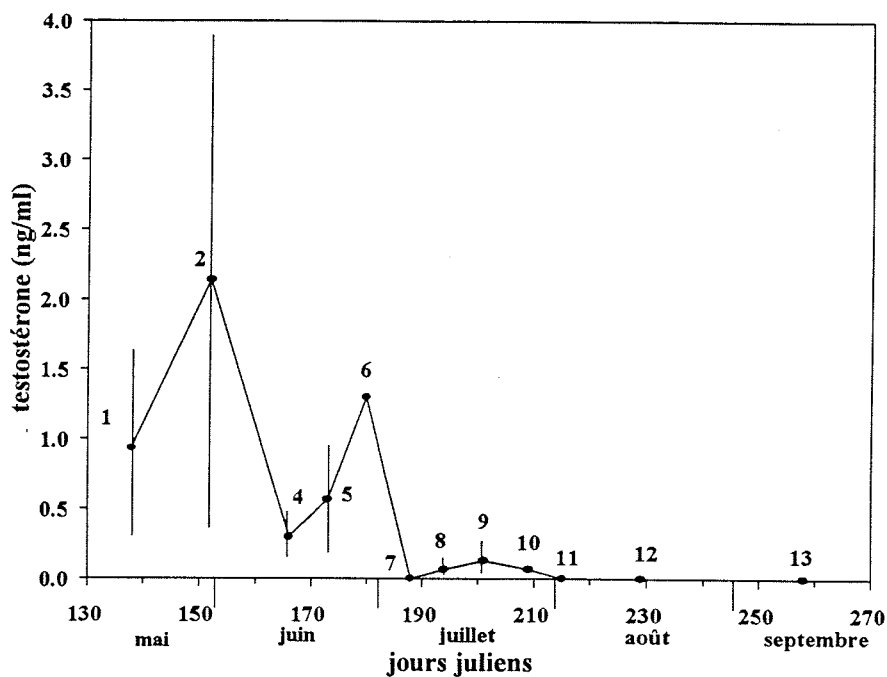


Figure 4B: Variation temporelle de la concentration moyenne de testostérone dans le plasma des mâles *Fundulus heteroclitus*. Les nombres correspondent aux numéros de visites et les barres verticales aux écart-types. Aux visites 6 et 10, $n=2$; aux visites 10 à 13, la concentration hormonale est nulle.

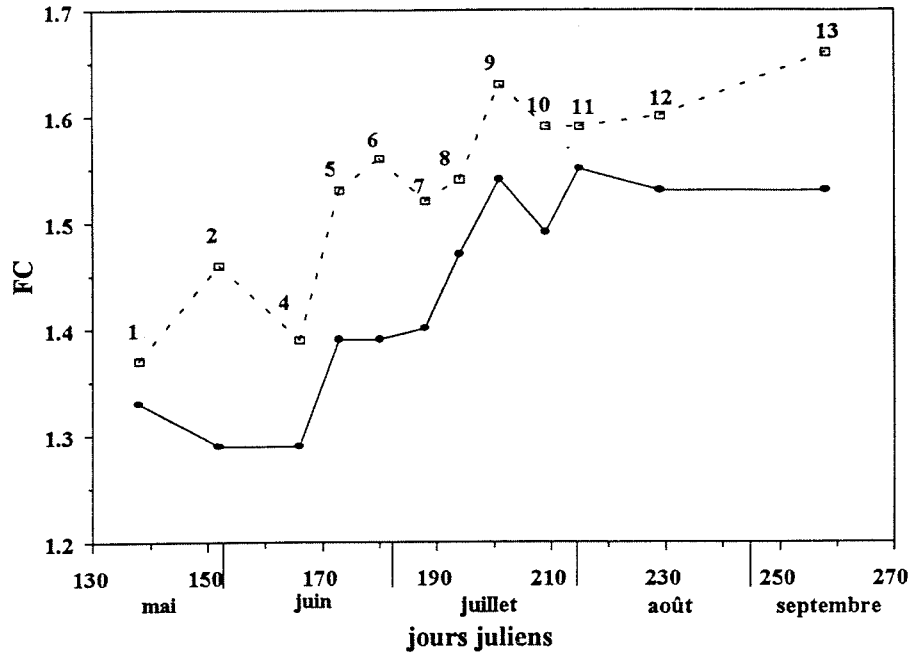


Figure 5: Variation temporelle du facteur de condition médian (FC) de *Fundulus heteroclitus*. La ligne continue représente le FC des femelles, alors que la ligne pointillée désigne celui des mâles. Les nombres correspondent aux numéros de visite.

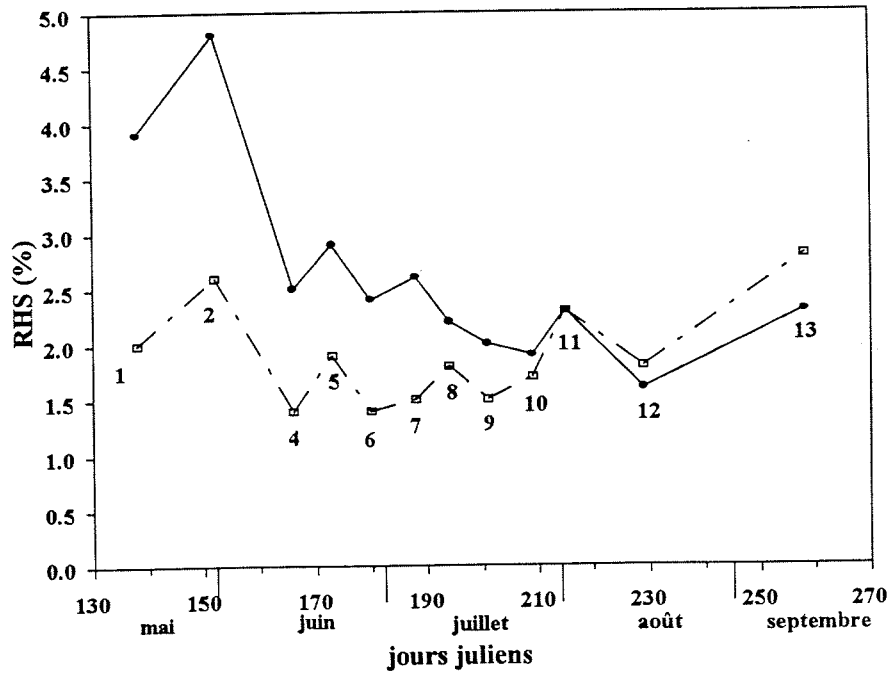


Figure 6: Variation temporelle du rapport hépatosomatique médian (RHS) de *Fundulus heteroclitus*. La ligne continue représente le RHS des femelles, alors que la ligne pointillée désigne celui des mâles. Les nombres correspondent aux numéros de visite.

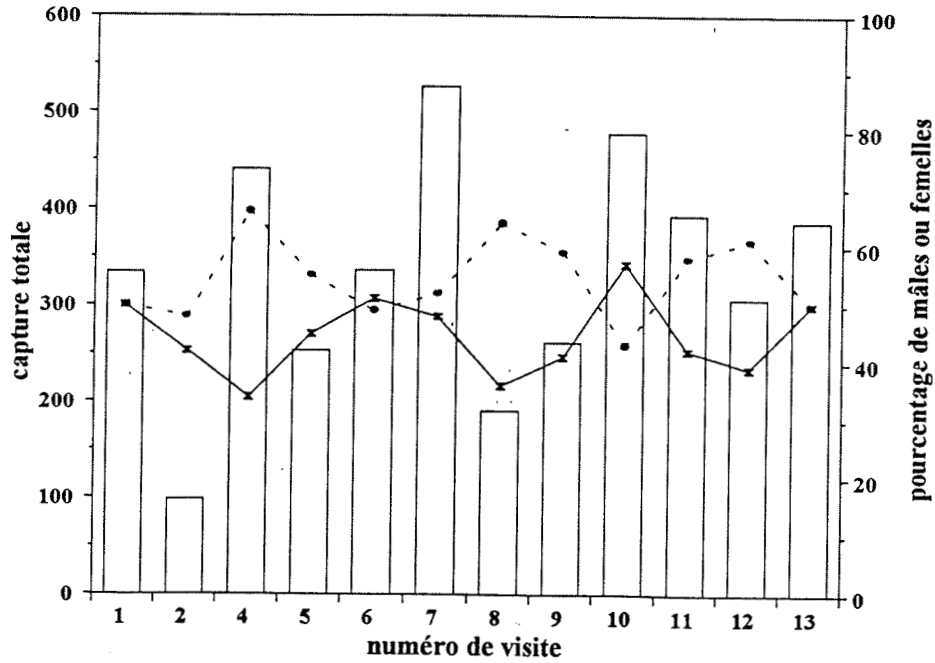


Figure 7: Captures de *Fundulus heteroclitus* à Horton Creek. Les barres correspondent à la capture totale, la ligne continue au pourcentage de femelles capturées et la ligne pointillée au pourcentage de mâles capturés.

ANNEXE 1

Salinité (S), température (Temp), taux d'oxygène dissous dans l'eau (O₂) pris à Horton Creek, pour chaque cage et chaque visite, ainsi que la profondeur (Prof) où se retrouvait la cage et la photopériode. Le premier nombre correspond à la mise à l'eau des cages et le second à la levée. Les cages A et B ont été placées dans le tributaire, alors que les cages C et D l'ont été dans les marelles.

		S (‰)	Temp (°C)	O ₂ (%)	Prof (cm)	Photopériode
VISITES						
Cage A	1	0,3-*	16,3-*	86,6-*	47-52	15h30
	2	0,0-8,9	10,3-8,9			15h30
	3	*	*	*	*	15h45
	4	0,1-0,2	21,8-19,4	87,9-75,2	31-36	16h00
	5	6,8-14,4	20,5-16,7	73,6-63,3	41-31	16h00
	6	0,3-0,5	24,1-19,8	53,6-40,6	22-38	15h50
	7	1,8-6,1	21,4-18,6	55,3-54,5	31-64	15h45
	8	0,7-1,5	22,2-21,0	58,2-49,8	66-27	15h45
	9	5,5-9,8	23,5-20,8	68,9-64,0	33-38	15h30
	10	0,9-2,0	23,0-18,8	71,1-56,5	38-37	15h15
	11	8,5-17,2	23,1-20,7	69,2-66,8	29-34	15h00
	12	10,9-15,7	27,8-23,9	98,2-78,8	37-32	14h30
	13	11,7-15,9	21,0-24,0	109,6-97,5	31-9	12h45
Cage B	1	0,3-*	16,2-*	86,6-*	21-35	15h30
	2	0,0-0,0	10,4-8,8	83,8-62,9	61-28	15h30
	3	*	*	*	*	15h45
	4	0,2-0,2	21,9-19,2	84,8-76,2	23-21	16h00
	5	6,5-14,1	20,5-16,7	71,9-62,9	23-38	16h00
	6	0,2-0,5	23,8-19,7	53,3-40,1	21-15	15h50
	7	1,8-5,5	21,5-18,7	55,5-54,0	31-21	15h45
	8	0,7-1,4	22,0-20,7	56,1-50,0	20-16	15h45
	9	5,5-9,8	23,4-20,5	69,7-63,4	31-26	15h30
	10	0,8-1,9	23,0-18,7	70,6-55,4	22-25	15h15
	11	8,4-16,9	23,1-20,7	69,4-67,5	23-22	15h00
	12	10,8-15,2	27,8-24,0	95,2-79,8	21-14	14h30
	13	11,5-15,1	21,1-23,4	104,9-91,8	18-18	12h45

* indique des données manquantes.

ANNEXE 1 (suite)

	S (‰)	Temp (°C)	O ₂ (%)	Prof (cm)	Photopériode	
VISITES						
Cage C	1	0,7-*	16,3-*	89,6-*	32-35	15h30
	2	0,0-0,0	10,0-9,0	83,8-70,7	34-20	15h30
	3	*	*	*	*	15h45
	4	0,2-0,4	22,1-20,4	86,1-76,2	41-35	16h00
	5	7,5-14,0	20,2-16,8	60,0-53,7	41-53	16h00
	6	0,4-0,6	24,2-19,9	54,3-36,9	37-44	15h50
	7	2,0-5,4	21,8-18,7	57,8-52,4	42-38	15h45
	8	1,6-2,1	23,5-21,2	65,7-51,1	32-31	15h45
	9	6,0-11,2	24,1-20,7	70,9-66,2	42-36	15h30
	10	1,4-2,3	24,2-18,9	74,0-54,9	31-32	15h15
	11	8,6-16,7	23,2-21,1	70,4-61,5	27-30	15h00
	12	11,0-15,5	27,7-24,2	97,8-86,1	24-25	14h30
	13	11,4-14,8	21,4-23,2	106,8-100,4	22-22	12h45
Cage D	1	3,9-*	16,9-*	94,2-*	25-32	15h30
	2	0,0-0,1	10,1-8,5	77,4-62,9	32-20	15h30
	3	*	*	*	*	15h45
	4	4,0-4,0	24,6-21,1	93,6-76,2	42-39	16h00
	5	12,4-15,1	19,1-16,8	22,2-37,9	50-69	16h00
	6	6,9-10,0	25,5-19,5	65,4-18,7	35-58	15h50
	7	8,3-9,6	23,5-20,3	70,1-45,1	53-60	15h45
	8	8,3-7,1	25,8-24,0	53,3-29,8	36-46	15h45
	9	12,9-13,8	23,6-21,2	27,8-51,0	60-54	15h30
	10	11,5-9,3	26,3-21,2	91,3-24,1	47-48	15h15
	11	17,6-16,5	22,3-22,2	19,5-52	50-50	15h00
	12	*-14,3	*-25,0	*-73,5	*-45	14h30
	13	12,7-14,7	21,5-23,5	96,4-100,4	38-40	12h45

* indique des données manquantes.