

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

PAR
JEAN-FRANÇOIS DUCHESNE

FACTEURS DÉTERMINANTS DE LA STRUCTURE
DES POPULATIONS ET DES PARAMÈTRES DU CYCLE VITAL
DU MEUNIER NOIR, *Catostomus commersoni*

FÉVRIER 1994

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

RÉSUMÉ

Le Meunier noir, *Catostomus commersoni*, a été introduit dans plusieurs lacs à Omble de fontaine, *Salvelinus fontinalis*, du Québec par les pêcheurs utilisant des poissons-appâts. Ces introductions ont entraîné des réductions importantes du rendement en Omble de fontaine et donc des pertes considérables pour cette pêcherie. En 1991, le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec a donné à un groupe de chercheurs de l'Université du Québec à Trois-Rivières le mandat de mettre sur pied un programme de recherche permettant de trouver des moyens efficaces de contrôler les espèces compétitrices dans les lacs où elles ont été introduites. Toutefois, l'efficacité d'un tel programme dépend en grande partie de l'acquisition de certaines données biologiques de base des espèces impliquées. Les objectifs de mon projet de maîtrise ont donc été établis dans le but de mieux orienter la gestion future de ces communautés. Ces objectifs étaient: 1) évaluer les paramètres du cycle vital du Meunier noir en présence de l'Ombre de fontaine dans 19 lacs du bouclier laurentien, 2) identifier les déterminants de l'abondance et de la structure des populations du Meunier noir et 3) expliquer les variations de certains paramètres du cycle vital du Meunier noir en fonction du climat.

Les valeurs moyennes de chacun des paramètres de la structure de population de Meunier noir calculées sur l'ensemble des populations étudiées ont été les suivantes: prises par unité d'effort (PUE), 9.70 ± 5.58 kg; longueur asymptotique (L_{∞}), 510 ± 174 mm; taux de croissance instantané (K), 0.130 ± 0.080 ; âge théorique (t_0) du poisson à $l_{t=0}$, -1.342 ± 1.165 ; longueur maximale, 445 ± 41 mm; longueur totale à 2 ans, 137 ± 23 mm; âge maximal, 14 ± 4 ans; rapport des sexes (proportion de mâles dans la population), 0.370 ± 0.180 ; longueur et âge à maturité chez les mâles, 173 ± 28 mm et 3.44 ± 1.47 ans; longueur et âge à maturité chez les femelles, 193 ± 41 mm et 3.57 ± 1.01 ans; indice gonadosomatique chez les mâles, 3.07 ± 0.69 ; indice gonadosomatique chez les femelles, 2.78 ± 0.38 ; poids moyen des gonades chez les mâles, 1.73 ± 0.44 ; poids moyen des gonades chez les femelles, 1.59 ± 0.26 ; mortalité à l'atteinte de la maturité, 0.50 ± 0.22 .

A partir de résultats d'un relevé de 18 lacs contenant du Meunier noir nous avons élaboré 12 modèles de régression linéaire multiple afin de prédire l'abondance et la structure des populations du Meunier noir du bouclier laurentien. La profondeur maximale (-), le pH (+), la pente (-) et la présence/absence du Méné de lac, *Couesius plumbeus*, (-) ont expliqué 88% de la variation de l'abondance (prises par unité d'effort (PUE) en kg) du Meunier noir. Deux modèles nous ont permis de décrire la longueur à maturité des mâles. Le premier modèle explique 84% de la variation à partir de la pente (-), la longueur de la ligne de rivage (+) et l'indice morphoédaphique (+). Le deuxième modèle explique aussi 84% de la variation mais cette fois à partir de la longueur de la ligne de rivage (+), les PUE du Meunier noir (+) et l'indice morphoédaphique (+). Près de 87% de la variation de la longueur à maturité des femelles a pu être expliquée par la superficie de l'habitat thermique (+), les PUE en Meunier noir (utilisées comme variable indépendante) (+) et les PUE du Mulet perlé (*Semotilus margarita*) (-). Le développement de la ligne de rivage (+), la profondeur moyenne (-) et les prises par unité d'effort des autres espèces de poissons (+) ont expliqué 81% de la variation de l'âge à maturité des mâles. Plus de 86% de la variation de l'âge à maturité des femelles a été expliquée par la superficie de la zone littorale (+), les PUE du Mulet perlé (-) et la profondeur maximale (-). La variation du rapport des sexes (proportion de mâles dans la population) a été expliquée à 53% par le phosphore total (-) et les PUE du Mulet perlé (+). La variation de la mortalité (à l'atteinte de la maturité) a été expliquée par les PUE de l'Ombre de fontaine (+) et la longueur de la ligne de rivage (-) pour un pourcentage de 87%. Le pH (+) et la profondeur moyenne (+) ont expliqué respectivement 91% et 89% de la variation de l'indice gonadosomatique et du poids moyen des gonades chez les mâles. Nos modèles de prédiction indiquent que la productivité du lac (déterminée principalement par les paramètres morphométriques), la physico-chimie (qui peut affecter la physiologie des poissons) et les paramètres biologiques (par le biais de la compétition intra- et interspécifique) sont les trois types de variables indépendantes qui ont un effet sur l'abondance et la structure des populations de Meunier noir.

Nous avons utilisé des données provenant de la littérature et de nos travaux pour vérifier s'il existait une variation nord-sud au niveau des paramètres du cycle vital du Meunier noir. Quatre descripteurs du climat ont été utilisés pour prédire ces variations dans les paramètres du cycle vital: (1) la latitude, (2) la température annuelle moyenne associée à chacun des lacs, (3) la classification des climats de Litynski (1984) et (4) l'importance des précipitations combinée à l'indice de continentalité, tels que définis par Litynski (1984). La latitude et la température annuelle moyenne de l'air associée à chacun des lacs n'ont pas permis d'expliquer efficacement les variations des paramètres du cycle vital du Meunier. Cependant, en subdivisant les populations étudiées en fonction des climats subpolaire (45° - 58° N) et modéré (36° - 45° N), tels que définis par Litynski (1984), nous avons observé qu'il y avait une relation significative entre ces entités climatiques et les variations dans la croissance, ainsi que dans la longueur et l'âge à maturité du Meunier noir. Une analyse tenant compte de l'importance des précipitations et de l'indice de continentalité a également permis d'identifier des relations significatives entre ces descripteurs du climat et les mêmes paramètres du cycle vital. Ainsi, la longévité et l'âge à maturité sont plus élevés chez les populations du nord, tandis que les populations se retrouvant plus au sud ont une croissance en longueur et une longueur à maturité plus élevées. Nos résultats indiquent que le regroupement des populations en unités climatiques fonctionnelles offre une meilleure résolution que la latitude ou la température moyenne annuelle, qui sont couramment utilisées pour l'étude des stratégies du cycle vital chez les ectothermes. Nos résultats suggèrent également que la longueur de la saison de croissance est le principal facteur qui règle les variations du cycle vital des populations lacustres du Meunier noir, suivant une tendance nord-sud.

AVANT-PROPOS

Suite aux réformes effectuées en septembre 1991, concernant les exigences à l'obtention du diplôme de 2e cycle en Sciences de l'environnement, les étudiants peuvent maintenant présenter leurs résultats sous forme d'article scientifique plutôt que sous forme de mémoire, comme il était obligatoire par le passé.

Il a été convenu avec mon directeur de recherche, le professeur Pierre Magnan, que deux articles issus de mon projet seraient soumis à des revues scientifiques. Le présent mémoire comprend donc ces deux articles scientifiques (chapitres 1 et 2) auxquels nous avons ajouté la problématique, présentée lors de la remise du protocole de recherche en avril 1991, et une revue de littérature à jour sur le sujet.

REMERCIEMENTS

Mes premiers remerciements vont à mon directeur, le Dr Pierre Magnan, qui a su bien m'encadrer et m'encourager tout au long de mes études à l'UQTR. Son expertise et sa disponibilité sont les facteurs clés qui ont fait de ma maîtrise une expérience enrichissante et qui m'ont permis d'acquérir une certaine autonomie. M. Pierre Magnan a toujours été pour moi une source d'inspiration, tant lors de mes études de premier cycle que lors de ma maîtrise.

En deuxième lieu, je tiens à souligner le travail exceptionnel de Mme Michèle Lapointe et de M. Pierre East. Leur soutien professionnel lors des travaux sur le terrain et au laboratoire m'ont été d'un secours très appréciable.

L'échantillonnage et les travaux en laboratoire n'auraient jamais pu être effectués sans la participation de certains aides-étudiants, auxiliaires de recherche et techniciens. Je tiens donc à remercier très sincèrement mesdames Nicole Dubois, Nathalie Gélinas, Nathalie Godbout et Nancy Novak ainsi que messieurs Jean-Louis Benoit, Dany Dumont, Patrice Hamel, Sylvain Lacasse et Phylippe Laurendeau.

La participation de mon co-directeur, le Dr Richard Couture, lors de l'élaboration du projet de recherche et de la lecture du mémoire a été très appréciée.

Ce projet faisait partie d'un programme de recherche pour développer des moyens de contrôle des espèces introduites qui était financé par le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche (MLCP) et la Fondation de la faune du Québec (FFQ). Je m'en voudrais donc de ne pas souligner l'apport de plusieurs biologistes et techniciens du MLCP qui ont participé à mon étude, en particulier lors de la période d'échantillonnage. Je remercie aussi tous les employés de la réserve faunique Mastigouche qui ont facilité notre séjour sur le terrain.

Finalement, je remercie tous les membres du Laboratoire de recherche sur les communautés aquatiques de l'UQTR pour leur aide, leurs critiques constructives et leur amabilité.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
RÉSUMÉ.....	i
AVANT-PROPOS.....	iv
REMERCIEMENTS.....	v
TABLE DES MATIÈRES.....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES FIGURES.....	xi
LISTE DES ANNEXES.....	xii
1) INTRODUCTION.....	1
1.1) Problématique et objectif général.....	1
1.2) Revue de littérature.....	3
1.2.1) Croissance.....	3
1.2.2) Coefficient de condition.....	5
1.2.3) Indice gonadosomatique.....	6
1.2.4) Fécondité.....	7
1.2.5) Age à maturité.....	7
1.2.6) Rapport des sexes.....	8
1.2.7) Mortalité.....	9
1.2.8) Déterminants de la structure de population.....	10
2) CHAPITRE 1: Déterminants de la structure des populations du Meunier noir, <i>Catostomus commersoni</i> , dans les lacs du bouclier laurentien.....	12
2.1) Résumé.....	13
2.2) Introduction.....	14
2.3) Matériel et Méthodes.....	16
2.3.1) Lacs étudiés.....	16

2.3.2) Échantillonnage.....	16
2.3.3) Variables indépendantes.....	22
2.3.4) Variables dépendantes.....	26
2.3.5) Analyses statistiques.....	28
2.4) Résultats.....	30
2.5) Discussion.....	36
2.5.1) Déterminants de l'abondance du Meunier noir.....	36
2.5.2) Déterminants de la longueur et de l'âge à maturité du Meunier noir.....	38
2.5.3) Déterminants du rapport des sexes et de la mortalité à l'atteinte de la maturité chez le Meunier noir.....	39
2.5.4) Déterminants de l'indice gonadosomatique et du poids moyen des gonades chez le Meunier noir.....	40
2.6) Conclusion.....	41
2.7) Remerciements.....	42
2.8) Références.....	42
3) CHAPITRE 2: Variations dans le cycle vital du Meunier noir, <i>Catostomus commersoni</i> , en fonction du climat.....	48
3.1) Résumé.....	49
3.2) Introduction.....	50
3.3) Matériel et Méthodes.....	52
3.3.1) Données provenant de la littérature.....	52
3.3.2) Données de cette étude.....	55
3.3.2.1) Lacs étudiés.....	55
3.3.2.2) Echantillonnage.....	59
3.3.2.3) Paramètres du cycle vital.....	60
3.3.3) Classification climatique.....	62
3.3.4) Analyses statistiques.....	65
3.4) Résultats.....	67

3.4.1) Gradient latitudinal.....	67
3.4.2) Température annuelle moyenne associée à chacun des lacs.....	67
3.4.3) Classification des climats de Litynski (1984).....	67
3.4.3.1) Longévité et croissance.....	67
3.4.3.2) Reproduction.....	70
3.4.4) Précipitations et indice de continentalité.....	72
3.5) Discussion.....	72
3.6) Remerciements.....	77
3.7) Références.....	77
4) RÉFÉRENCES DE L'INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	82

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
1. Localisation, morphométrie et paramètres physico-chimiques des lacs étudiés	17
2. Prises par unité d'effort (kg) des espèces capturées lors de l'échantillonnage des différents plans d'eau	19
3. Composition de l'échantillon dans chacun des lacs étudiés	21
4. Paramètres de la structure de population du Meunier noir	24
5. Coefficients de corrélation (r) entre les paramètres de la structure des populations du Meunier noir et des paramètres morphométriques, physico-chimiques et biologiques.....	31
6. Meilleurs modèles pour la prédiction de différents paramètres de la structure des populations du Meunier noir. La probabilité (p) associée à chaque variable indépendante, l'écart-type des coefficients de régression (ET), le R^2 partiel associé à chaque variable, le R^2 ajusté, et l'écart-type de l'estimé (E_{xy}) sont aussi indiqués	33
7. Paramètres du cycle vital des populations de Meunier noir. Données provenant de la littérature	56
8. Paramètres du cycle vital des populations de Meunier noir. Données de cette étude.....	57

9. Espèces capturées lors de l'échantillonnage des différents plans d'eau	58
10. Paramètres des régressions linéaires simples entre la latitude et les différentes variables du cycle vital chez le Meunier noir	68
11. Paramètres des régressions linéaires simples entre la température annuelle moyenne de l'air associée à chacun des lacs et les différentes variables du cycle vital chez le Meunier noir	69
12. Paramètres des tests de t de Student pour les comparaisons entre le climat subpolaire (1) et le climat modéré (2) au niveau des différentes variables du cycle vital du Meunier noir	71
13. Meilleurs modèles pour la prédiction de différents paramètres du cycle vital du Meunier noir en fonction des précipitations (Pr_1 ; Pr_2) et de l'indice de continentalité (I_c). La probabilité (p) associée à chaque variable indépendante, l'écart-type des coefficients de régression (ET), le R^2 partiel associé à chaque variable, le R^2 ajusté, et l'écart-type de l'estimé (E_{xy}) sont aussi indiqués	73
14. Tableau comparatif des paramètres utilisés pour décrire les variations du cycle vital du Meunier noir; X: relation statistiquement significative entre un paramètre du cycle vital et un descripteur du climat	74

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
1. Localisation des populations de Meunier noir recensées	53
2. Localisation sommaire des climats selon la classification numérique de Litynski (1984).....	63

LISTE DES ANNEXES

Annexe	Page
1. Structure en âge (%) des populations de Meunier noir échantillonnées.....	86

1. INTRODUCTION

1.1 Problématique et objectif général

Le Meunier noir¹, *Catostomus commersoni*, est une espèce nuisible à l'Ombre de fontaine, *Salvelinus fontinalis*, dans les lacs où il a été introduit par les pêcheurs sportifs. Ces derniers utilisaient entre autres le Meunier comme poisson-appât pour capturer l'Ombre, mais à la fin de leur journée de pêche, déversaient souvent le surplus de poissons-appâts dans le lac. Cette pratique a fait en sorte que ce Catostome est devenu très abondant dans certains lacs du Québec où seul l'Ombre de fontaine était présent auparavant. Aussi, certains travaux forestiers comme la drave ont également contribué à la propagation de certaines espèces dans des bassins versants du bouclier laurentien (Lacasse et Magnan 1993).

Le Meunier noir, tout comme l'Ombre de fontaine, s'alimente principalement d'organismes benthiques (Tremblay et Magnan 1991). L'Ombre étant par contre moins bien adapté pour se nourrir de zoobenthos, déplace sa niche alimentaire sur le zooplancton en présence du Meunier noir (Magnan 1988). En effet, la bouche infère du Meunier noir donne à ce dernier un avantage pour l'alimentation sur le substrat, contrairement à la bouche terminale de l'Ombre. Cette compétition interspécifique entraîne une réduction importante des prises par unité d'effort des Ombres de fontaine (Tremblay et Magnan 1991), entraînant par le fait même une perte socio-économique considérable pour cette pêcherie (Magnan *et al.* 1990).

Il devient donc impératif de trouver un moyen efficace de contrôler la prolifération du Meunier noir dans les lacs et les bassins où il a été introduit. Jusqu'à présent, aucune technologie d'appoint n'a été développée afin de réduire la compétition des espèces nuisibles sur l'Ombre de fontaine. Des chercheurs du Laboratoire de recherche sur les communautés aquatiques de l'Université du Québec à Trois-Rivières ont eu le mandat d'effectuer la recherche et le

¹L'emploi d'une majuscule ou d'une minuscule pour le nom générique suit la recommandation de Chabot et David (1986)

développement de modes de contrôle pour rehausser le rendement en Omble de fontaine dans les lacs où il y a eu des introductions d'espèces (Magnan *et al.* 1990).

Il existe cinq grandes catégories de contrôle des poissons indésirables; le contrôle chimique, à l'aide d'agents non sélectifs et sélectifs, le contrôle physique, le contrôle à l'aide d'agents biologiques, le contrôle à l'aide de l'utilisation parallèle de deux ou plusieurs méthodes et finalement le contrôle basé sur le principe de la lutte intégrée, où il s'agit d'identifier les "maillons faibles" de l'espèce nuisible et d'agir sur ces maillons à l'aide des méthodes conventionnelles nommées ci-haut (Magnan *et al.* 1990).

L'évaluation, le développement et la mise sur pied d'un tel programme de contrôle doivent passer par différentes étapes dont l'acquisition de certaines connaissances biologiques de base concernant les espèces impliquées. Plusieurs études ont porté sur la biologie de l'Ombre de fontaine et en particulier sur les populations que l'on retrouve dans la réserve Mastigouche (Magnan 1988; Lachance et Magnan 1990; Tremblay et Magnan 1991; East et Magnan 1991; Venne 1991; Lacasse et Magnan 1992). Par contre, seulement quelques auteurs ont traité de la biologie du Meunier noir au Québec. La biologie du Meunier noir reste donc à étudier, car l'efficacité d'un programme de contrôle des espèces introduites dépend en grande partie de l'acquisition de certaines données biologiques de base sur ces espèces.

Les objectifs de mon projet de maîtrise ont donc été établis dans le but de mieux orienter la gestion future de ces communautés. Ces objectifs étaient: 1) d'évaluer les paramètres du cycle vital du Meunier noir en présence de l'Ombre de fontaine dans 18 lacs du bouclier laurentien, 2) d'identifier les déterminants de la structure et de l'abondance des populations de Meunier noir et 3) d'expliquer les variations dans le cycle vital du Meunier noir en fonction du climat.

Les populations de Meunier noir ont été échantillonnées à l'été 1991 dans cinq régions administratives du Québec (Bas-Saint-Laurent-Gaspésie, Montréal, Québec, Saguenay-Lac-Saint-Jean, Mauricie-Bois-Francs). Nous avons évalué l'abondance (prises par unité d'effort (PUE) en kg), les paramètres de la croissance en longueur, la longévité, le rapport des sexes, la taille et l'âge à maturité, l'indice gonadosomatique, le poids moyen des gonades ainsi que la mortalité, chez

toutes les populations de Meunier noir échantillonnées. La mesure des paramètres reliés à la morphométrie et à la physico-chimie des plans d'eau ainsi que l'approche des régressions linéaires multiples nous ont permis d'évaluer les déterminants de l'abondance et de certains paramètres de la structure des populations de Meunier noir.

Le troisième objectif de mon projet de maîtrise était de tenter d'expliquer les variations de certains paramètres du cycle vital du Meunier noir en fonction du climat. A cette fin, nous avons comparé l'utilisation de la latitude (comme indice du climat), de la température annuelle moyenne de l'air associée aux lacs et de la classification de Litynski (1984) pour l'analyse des variations des paramètres du cycle vital (croissance en longueur, longévité, longueur et âge à maturité) chez les ectothermes. Notre étude a été effectuée à partir des 18 populations de Meunier noir provenant du bouclier laurentien et de 44 autres populations recensées dans la littérature.

1.2 Revue de littérature

Nous aborderons dans cette section chacun des paramètres de la structure des populations qui ont été étudiés pour les populations de 18 lacs du bouclier laurentien. En complément, nous avons aussi ajouté la revue de littérature concernant la croissance en poids, le coefficient de condition et la fécondité parce que ces paramètres ont une certaine importance dans la structure des populations.

1.2.1 Croissance

Il semble que la croissance annuelle du Meunier noir peut varier d'une population à l'autre. En effet, Verdon et Magnin (1977a) ont remarqué pour la population du lac Croche (Québec) que l'accroissement en longueur avait tendance à diminuer avec l'âge, tandis que Fortin (1967) affirme que la population du lac l'Assomption (Québec) a tendance à avoir un accroissement annuel en longueur qui demeure constant. Il ajoute toutefois que certains catostomes ont un taux de croissance très rapide jusqu'à leur sixième, septième et huitième année et que ce taux diminue

probablement brusquement après la huitième année. Cette tendance à une diminution du taux de croissance pour les individus plus âgés est aussi observée pour les populations des lacs George (Ontario; Beamish 1973), Muskellunge (Wisconsin; Spoor 1939) et Gamelin (Québec; Lalancette 1973). La croissance en longueur s'accomplit surtout au cours des mois de juillet, août et septembre (Fortin 1967), mais dès le mois de mai on remarque une augmentation de la croissance chez les juvéniles (Verdon et Magnin 1977a). La croissance estivale chez les adultes débute aussi en mai, mais il y a un arrêt durant la période de la fraye. Leur croissance recommence vers le 20 juin (Lalancette 1973).

Il semble que la croissance des mâles diffère significativement de celle des femelles dès l'âge de 3 ans dans le lac Croche (Verdon et Magnin 1977a). A partir de cet âge, les femelles semblent croître plus rapidement que les mâles, la différence de longueur s'accroissant avec l'âge. Les différences qu'on y observe entre les femelles et les mâles sont de l'ordre de 18 mm à 6 ans, 24 mm à 7 ans et de 33 mm à 8 ans. Lalancette (1973) et Spoor (1939) ont observé des tendances semblables pour les lacs Gamelin et Muskellunge. Dans le lac Gamelin, les femelles sont toujours plus grandes de 8 mm environ que les mâles du même âge après la maturation sexuelle, c'est-à-dire à 3 ans. Spoor a observé que la différence entre femelles et mâles augmentait avec l'âge; 4 mm à 6 ans, 8 mm à 7 ans et 11 mm à 8 ans. La maturité sexuelle était atteinte à 5 ans pour les mâles et à 6 ans pour les femelles. Fortin (1967), par contre, n'a pas trouvé de différence pour la croissance entre les mâles et les femelles dans le lac l'Assomption.

Selon Lalancette (1973), les mâles et les femelles immatures ont le même taux de croissance. Il affirme toutefois qu'il y a une différence significative entre les immatures et les adultes mâles et femelles. Les immatures auraient un taux de croissance élevé jusqu'à ce qu'ils atteignent l'âge à maturité, à partir duquel on observerait une réduction du taux de croissance. Chalanchuk (1985) a aussi observé ce phénomène pour le lac 223 en Ontario.

Tout comme la croissance, la longévité de cette espèce varie d'un lac à l'autre. Beamish (1973) a observé des individus de 17 ans dans le lac George, tandis que dans le lac Gamelin les

meuniers ne dépassaient pas l'âge de 8 ans. Les meuniers des lacs Croche (Verdon 1976) et l'Assomption (Fortin 1967), quant à eux, atteignaient l'âge maximal de 14 ans.

Comme au niveau de la croissance en longueur, les femelles ont une croissance en poids supérieure aux mâles. Toutefois, il n'y a pas de différence entre les mâles et les femelles au niveau de la relation longueur-poids (Fortin 1967; Lalancette 1973; Verdon 1976). Selon Fortin, une seule droite n'est pas justifiable pour exprimer l'équation du poids en fonction de la longueur des meuniers. Les meuniers subissent des changements de forme au cours de leur croissance: ils passent d'un stade "court-trapu" à un stade "long-svelte". Verdon (1976) a remarqué le même phénomène. La relation poids/longueur n'est donc pas affectée par le sexe, mais change plutôt avec l'âge. Il semble que les meuniers aient une croissance en poids plus rapide avant la première reproduction. En effet, Verdon (1976) a remarqué que dans le lac Croche, l'accroissement annuel diminuait à partir de la sixième année chez les femelles, alors qu'il commençait à diminuer dès la cinquième année pour les mâles. Ces âges correspondaient à l'atteinte de la maturité pour les femelles et les mâles de cette population.

Il est cependant difficile d'évaluer de façon précise l'accroissement en poids des individus d'un an et plus à cause des variations phénotypiques, du poids des gonades, de la période de capture et du contenu stomacal (Lalancette 1973).

1.2.2 Coefficient de condition

Il est intéressant d'établir la relation entre le poids et la longueur des meuniers noirs. L'équation permet de décrire la croissance en poids des poissons en fonction de la longueur et de calculer leur coefficient de condition (Verdon 1976).

Un changement dans l'embonpoint d'un poisson entraînera un changement de la valeur du coefficient de condition, décrit par la formule $C = kW/L^3$, où C représente le coefficient de condition, W, le poids, L, la longueur et k, une constante (Vibert et Lagler 1961). Ce coefficient de condition varie avec l'espèce, la race, le sexe, l'état de maturité sexuelle, la saison, le milieu.

Cette variabilité peut donc être choisie comme un indice valable dans les études comparées, soit sur l'état physiologique des populations, soit sur les qualités de divers milieux.

Lalancette (1973) et Verdon (1976) ont observé que le facteur de condition chez les Meuniers noirs est différent, pour une période donnée, entre les mâles et les femelles et entre les juvéniles et les adultes. La condition des spécimens varie avec la saison et est influencée par la fraye (Lalancette 1973). Toutefois ce coefficient varie moins chez les juvéniles que chez les adultes (Verdon 1976). Pour la population de Meunier noir du lac Croche (Verdon 1976) le facteur de condition est toujours maximal en mai. Pour cette même population, chez les mâles adultes, la condition diminue de mai à juillet probablement à cause de la fraye puis augmente jusqu'au mois d'août pour ensuite diminuer jusqu'en octobre (Verdon 1976). Tout comme les mâles, les femelles perdent de l'embonpoint après la fraye, mais chez celles-ci on observe une forte baisse de la condition d'août à septembre. Le facteur de condition ne varie pas avec l'âge (sauf lorsque l'on compare les juvéniles avec les adultes) et la taille (Lalancette 1973).

1.2.3 Indice gonadosomatique

L'indice gonadosomatique (IGS) représente le poids des gonades en pourcentage du poids total du poisson. Il semble qu'en général on n'observe pas de variation de l'IGS parallèlement à l'augmentation du poids des individus adultes et juvéniles. C'est ce qu'ont remarqué Fortin (1967) et Lalancette (1973) dans les lacs L'Assomption et Gamelin. Toutefois, Lalancette (1973) a observé une diminution significative de l'IGS avec le poids seulement chez les mâles adultes capturés au mois de novembre. Verdon (1976) fait remarquer que chez les femelles adultes gravides et les juvéniles, l'IGS ne varie pas avec le poids du poisson. Par contre, l'IGS des mâles adultes aurait tendance à diminuer avec le poids. Ainsi, dans le lac Croche, les mâles adultes les plus jeunes seraient capables de donner plus de spermatozoïdes par unité de poids que les plus âgés (Verdon 1976).

1.2.4 Fécondité

Selon Scott et Crossman (1974), le nombre d'oeufs chez les femelles du Meunier noir varie généralement de 20 000 à 50 000, tandis que Carlander (1969) mentionne des quantités d'oeufs variant de 18 000 à 140 000 pour différentes régions des Etats-Unis et du Canada. Au Québec, Fortin (1967) a calculé des quantités variant de 2778 à 21 513, pour des femelles pesant entre 177.2 g et 885.9 g. Verdon (1976) a obtenu, pour une femelle pesant 182 g et mesurant 265 mm, un nombre minimum d'oeufs égal à 2550, tandis que le nombre maximal, 15 408, a été calculé pour une femelle pesant 885 g et mesurant 401 mm. Lalancette (1973) a compté une quantité d'oeufs par femelle variant de 224 à 1572. Cependant, le poids des femelles gravides ne variait que de 13.6 g à 80.2 g.

1.2.5 Age à maturité

On considère habituellement que l'âge à maturité est l'âge auquel 50% des individus deviennent adultes (i.e. reproducteurs; Verdon 1976). Il semble, dans la majorité des études qui ont été réalisées sur le Meunier noir, que les mâles frayent à un âge moindre que les femelles. Verdon (1976) et Spoor (1939) ont établi à 5 ans l'âge de la maturité sexuelle chez les mâles et à 6 ans chez les femelles dans les lacs Croche et Muskellunge respectivement. Dans le lac Gamelin (Lalancette 1973), les catostomes mâles et femelles sont matures à 3 ans; toutefois, 44% des mâles de 2 ans sont matures, tandis que 23% des femelles de 2 ans ont atteint la maturité sexuelle. Par contre, Bouchard (1955) a montré que les femelles du lac Lauzon (Québec) atteignent la maturité sexuelle un an avant les mâles (respectivement 3 ans et 4 ans).

Les résultats semblent indiquer que plus l'âge maximal est élevé dans une population de Meuniers, plus l'âge à maturité sexuelle est tardif (Fortin 1967). En effet, les mâles et les femelles du lac L'Assomption atteignent l'âge à maturité sexuelle plus tardivement que les autres populations nommées ci-haut, soit 10 ans. Par contre l'âge maximal de cette population est plus élevé (14 ans).

A la suite de marquage, Geen *et al.* (1966) ont montré que 25 à 50% seulement de la population de Catostomes adultes du lac Sixteenmile (Colombie-Britannique) frayent annuellement.

Plusieurs années peuvent séparer deux frayes successives pour certains poissons. Verdon (1976) affirme que le fait que certaines femelles ne frayent pas à l'âge de 8 ou 9 ans ne signifie pas pour autant qu'elles n'ont pas frayé au cours des années antérieures. Il faut donc être prudent dans l'établissement de l'âge à maturité, car certains spécimens, considérés comme juvéniles, peuvent fort bien être des spécimens adultes en période de repos entre deux frayes.

1.2.6 Rapport des sexes

Le rapport des sexes est par définition le rapport entre le nombre de mâles et le nombre total d'individus d'une population, exprimé en pourcentage (Vibert et Lagler 1961).

Sans que cela soit toujours significatif, il semble que le faible pourcentage de mâles dans une population de Meuniers est un phénomène assez général. Campbell (1935) a estimé le pourcentage de mâles à 42% chez les Meuniers noirs du lac Waskesiu (Saskatchewan). Fortin (1967) a calculé un pourcentage de 38% pour les individus adultes de cette même espèce au lac L'Assomption. Toutefois, si on fait l'analyse du rapport des sexes pour chacune des classes d'âge de cette population, seulement deux classes présentent des différences significatives avec le rapport théorique, soit 1:1. Spoor (1939) a observé au lac Muskellunge un rapport d'un mâle pour une femelle dans la population de Catostomes. Cependant, il remarque que pour les classes d'âge 3, 4, 8 et 9 les femelles sont plus nombreuses que les mâles. Pour le lac Croche, Verdon (1976) arrive à la conclusion que le nombre de femelles de cette population de Meuniers est significativement supérieur au nombre de mâles. En ce qui concerne les juvéniles, Fortin (1967) mentionne que le rapport ne diffère pas significativement de 1:1 dans le lac L'Assomption.

Fortin (1967) ne peut expliquer pourquoi les femelles sont plus nombreuses que les mâles pour certaines classes d'âge. Verdon (1976) mentionne toutefois qu'il est assez difficile d'expliquer les raisons du pourcentage plus faible de mâles dans la population totale d'un lac, mais la maturité sexuelle plus précoce des mâles est probablement un facteur important causant une mortalité plus élevée chez ces derniers. Il semble d'ailleurs que les femelles aient une longévité

plus grande. Il faut ajouter qu'un biais dans l'échantillonnage pourrait expliquer les différences observées (sélectivité des engins).

1.2.7 Mortalité

Il peut exister plusieurs facteurs de mortalité dans une population de poissons. Les prédateurs, les parasites, la rareté de la nourriture, les maladies sont autant de causes qui entraînent la mortalité naturelle. Si on ajoute à cela la mortalité due à la pêche, nous avons la mortalité totale.

A la lumière des résultats obtenus pour différentes études sur le Meunier noir, il semble que le taux de mortalité ne varie pas beaucoup d'une population à l'autre. Geen (1966) a estimé que le taux annuel de mortalité des Catostomes adultes du lac Sixteenmile était très proche de 45%. Verdon et Magnin (1977b) ont établi ce taux à 41% pour le lac Croche, tandis que Fortin (1967) mentionne que les meuniers âgés entre 2 et 6 ans du lac L'Assomption avaient un taux annuel moyen de mortalité de 39.7%. Lalancette (1973) a établi ce taux global annuel pour les mâles à 49.3% et à 53.2% pour les femelles du lac Gamelin.

Presque toutes les études de mortalité dans les populations inexploitées de poissons ont montré une augmentation du taux de mortalité avec l'âge. Fortin (1967) a remarqué ce phénomène chez le Meunier noir. Dans le lac L'Assomption, le taux annuel de mortalité pour les individus de la classe 1 à 6 est évalué à 40%. Ce taux est établi à 43% pour les groupes d'âges 8 à 10, et à 53%, 71% et 81% pour les classes d'âges 11, 12, et 13 respectivement. Ces résultats semblent concorder assez bien avec ceux des autres chercheurs. En effet, Verdon et Magnin (1977b) ont obtenu des taux de mortalité annuels de 21%, 27%, 40%, 76% et 90% pour les groupes d'âges 2, 3 et 4 combinés, 5, 6, et 7 ans et plus respectivement.

Geen *et al.* (1966) a observé que de 10 à 40% des Catostomes adultes meurent immédiatement après la fraye.

1.2.8 Déterminants de la structure de population

Selon Verdon (1976) les facteurs pouvant influencer la croissance d'une population de poissons sont aussi variés que multiples et l'influence quantitative attribuée à chacun d'eux doit être envisagée avec circonspection. Parmi ceux-ci, on peut citer les caractéristiques physico-chimiques de l'eau, la nourriture disponible dans le milieu, les facteurs génétiques, la densité des populations, la compétition et la prédation. Le faible taux de croissance observé dans le lac Gamelin par Lalancette (1973) est probablement attribuable à la densité de population très forte du Meunier. Selon Verdon (1976), la faible productivité du lac Croche est un facteur limitant. La taille et le type de nourriture peuvent influencer la croissance et le rendement d'une population de poissons (Lacasse et Magnan 1992). Par exemple, Boisclair et Leggett (1989) ont démontré que la contribution relative d'un type de proie ou d'une classe de taille de proie était corrélée au taux de croissance chez la Perchaude, *Perca flavescens*, alors que la qualité totale de nourriture ingérée, en poids, ne l'était pas.

Dans les lacs de la Radissonnie québécoise, Beauvais (1977) a trouvé une corrélation négative significative entre la présence de Meunier noir et la transparence de l'eau. Une relation négative entre les rendements en Meunier noir et la transparence de l'eau, ainsi qu'une relation positive entre les rendements en Meunier et la température de l'eau à neuf stations situées dans les réservoirs LG2 et Opinaca, et dans le détournement Boyd-Sakami ont aussi été observées par Deslandes *et al.* (1993).

Chalanchuk (1985) a observé dans le lac 223 (Ontario) qu'une baisse du pH (6.5 à 5.5) entraînait une progression de la croissance des poissons âgés de deux à six ans. En effet, cette diminution du pH entraîne une baisse dans le succès de reproduction, donc une réduction de la densité de la population. Cette densité faible aurait pour conséquence d'augmenter la quantité de nourriture disponible donc une croissance élevée pour les Catostomes.

L'étude de Trippel et Harvey (1987) sur huit lacs de l'Ontario a démontré que les poissons les plus longs se retrouvent dans les lacs profonds et en eaux acides ou quasi neutres et les plus petits poissons dans les eaux peu profondes. Les corrélations qu'ils ont fait ressortir indiquent que

les lacs oligotrophes contiennent des catostomes plus longs et c'est avec la profondeur maximale des lacs que la corrélation est la plus forte. Une forte valeur de L_{∞} (longueur à la fourche asymptotique) est associée à des lacs de profondeur moyenne et grande, à une faible concentration de phosphore et à un indice morphoédaphique faible.

En ce qui concerne la croissance en poids, Ricker (1980) mentionne que l'on observe parfois des différences marquées entre des populations d'une même espèce, ou dans la même population entre différentes années, différences présumément reliées à leur état nutritionnel. Cependant d'autres variables comme le sexe, la saison et la longévité peuvent contribuer aux différences dans la relation longueur/poids. Chalanchuk (1985) a démontré que dans les lacs où le pH est passé de 6.5 à 5.5 le coefficient de condition de tous les poissons étudiés a augmenté suite à une hausse de l'apport de nourriture. A un pH de 5.02 une baisse de l'approvisionnement en nourriture couplée à l'abondance de la population a entraîné une chute des coefficients de condition et un léger ralentissement de la croissance des poissons âgés de deux à six ans. Le plus fort coefficient de condition apparaît dans le lac 223 lorsque le pH atteint 5.93 après deux ans d'acidification (Chalanchuk 1985).

CHAPITRE 1

Déterminants de la structure des populations de Meunier noir,
Catostomus commersoni, dans les lacs du bouclier laurentien

2.1 Résumé

A partir de résultats d'un relevé de 18 lacs contenant du Meunier noir, *Catostomus commersoni*, nous avons élaboré 12 modèles de régression linéaire multiple afin de prédire l'abondance et la structure des populations de Meunier noir du bouclier laurentien. La profondeur maximale (-), le pH (+), la pente (-) et la présence/absence du Méné de lac, *Couesius plumbeus*, (-) ont expliqué 88% de la variation de l'abondance (prises par unité d'effort (PUE) en kg) du Meunier noir. Deux modèles nous ont permis de prédire la longueur à maturité des mâles. Le premier modèle explique à 84% de la variation à partir de la pente (-), la longueur de la ligne de rivage (+) et l'indice morphoédaphique (+). Le deuxième modèle explique aussi 84% de la variation mais cette fois à partir de la longueur de la ligne de rivage (+), les PUE du Meunier noir (+) et l'indice morphoédaphique (+). Près de 87% de la variation de la longueur à maturité des femelles a pu être expliquée par la superficie de l'habitat thermique (+), les PUE en Meunier noir (utilisées comme variable indépendante) (+) et les PUE du Mulet perlé (*Semotilus margarita*) (-). Le développement de la ligne de rivage (+), la profondeur moyenne (-) et les prises par unité d'effort des autres espèces de poissons (+) ont expliqué 81% de la variation de l'âge à maturité des mâles. Plus de 86% de la variation de l'âge à maturité des femelles a été expliquée par la superficie de la zone littorale (+), les PUE du Mulet perlé (-) et la profondeur maximale (-). La variation du rapport des sexes (proportion de mâles dans la population) a été expliquée à 53% par le phosphore total (-) et les PUE du Mulet perlé (+). La variation de la mortalité (à l'atteinte de la maturité) a été expliquée par les PUE de l'Ombre de fontaine (+) et la longueur de la ligne de rivage (-) pour un pourcentage de 87%. Le pH (+) et la profondeur moyenne (+) ont expliqué respectivement 91% et 89% de la variation de l'indice gonadosomatique et du poids moyen des gonades chez les mâles. Nos modèles de prédiction indiquent que la productivité du lac (déterminée principalement par les paramètres morphométriques), la physico-chimie (qui peut affecter la physiologie des poissons) et les paramètres biologiques (par le biais de la compétition intra- et interspécifique) sont les trois

types de variables indépendantes qui ont un effet direct sur l'abondance et la structure des populations de Meunier noir.

2.2 Introduction

Depuis longtemps les chercheurs ont tenté de prédire et d'expliquer les variations des différentes composantes de la structure des populations aquatiques de tous les niveaux trophiques. Chez les poissons, les facteurs biotiques (biomasse et abondance des organismes zooplanctoniques, zoobenthiques et piscicoles) et abiotiques (physico-chimie et morphométrie du lac) ont été utilisés pour prédire l'alimentation (Werner *et al.* 1983; Lacasse et Magnan 1992), le rendement (Oglesby 1977; Schlesinger et Regier 1983; Marshall et Ryan 1987; Godbout et Peters 1988), la croissance (Ryan et Harvey 1977; Boisclair et Leggett 1989), le recrutement (Taylor *et al.* 1987), ainsi que la diversité piscicole (Matuszek et Beggs 1988). La structure des communautés de zooplancton (Pinel-Alloul *et al.* 1990; Rodriguez *et al.* 1993) et de zoobenthos (Rasmussen et Kalff 1987; Rasmussen 1988; Rodriguez et Magnan 1993) a également été étudiée dans ce contexte. La limnologie prédictive est fondamentale pour le contrôle de l'eutrophisation et la gestion des communautés de poissons parce qu'elle offre des prédictions biologiques et socio-économiques qui ont été confirmées dans plusieurs études au niveau international (Peters 1986). L'élaboration de modèles prédictifs, à l'aide des régressions linéaires multiples, est la principale approche empirique qui a été utilisée pour déterminer l'influence des facteurs biotiques et abiotiques qui agissent directement ou indirectement sur les caractéristiques d'une population aquatique (Hanson et Leggett 1982; Peters 1986; Rasmussen et Kalff 1987; Rasmussen 1988; Boisclair et Leggett 1989; Lacasse et Magnan 1992).

Le Meunier noir, *Catostomus commersoni*, est largement distribué en Amérique du Nord et représente une espèce de poisson qui a été relativement bien étudiée (Fortin 1967; Beamish 1973; Lalancette 1973; Verdon 1976; Fowden III 1980; Trippel et Harvey 1987a, 1987b). Le Meunier noir affiche une grande flexibilité au niveau de la plupart des paramètres décrivant la structure de

ses populations (voir Chapitre 2) et sa biologie est bien connue. Par contre, les facteurs régissant la structure des populations le sont beaucoup moins. En effet, seules quelques études ont pu relier les paramètres du cycle vital et la densité des populations à certains paramètres chimiques et biologiques, tels le pH (Chalanchuk 1985; Beamish et Harvey 1969), certains contaminants (Munkittrick et Dixon 1989) et la disponibilité de la nourriture (Beamish 1974). Trippel et Harvey (1987a) ont été les premiers à chercher de façon systématique une association entre l'abondance, la croissance, la disponibilité de nourriture (larves de chironomides et d'éphéméroptères) du Meunier noir d'une part, et la morphométrie et la physico-chimie du lac d'autre part, dans huit plans d'eau de l'Ontario. L'utilisation des coefficients de corrélation a montré, dans leur cas, que la croissance en longueur du Meunier noir est corrélée au pH (-), à la densité de larves de chironomides (+), à la profondeur maximale (+) et à l'abondance des catostomes (-), tandis que l'abondance en Meunier noir est reliée à la profondeur moyenne et maximale (-) et à l'indice morphoédaphique (+). Cependant, cette approche demeure limitée puisqu'elle considère une seule variable indépendante à la fois.

L'objectif de la présente étude est d'évaluer les déterminants de l'abondance et de la structure des populations de Meunier noir (croissance en longueur, longévité, maturité, rapport des sexes, indice gonadosomatique, mortalité) sur dix-huit lacs du bouclier laurentien, en utilisant l'approche des régressions linéaires multiples. Cette approche a le double avantage d'étudier plus d'une variable indépendante à la fois et de donner un pourcentage d'explication de la variation d'une variable dépendante à partir d'une ou de plusieurs variables indépendantes. Pour ce faire, nous avons évalué les prises par unité d'effort du Meunier noir et des autres espèces retrouvées dans chacun des lacs et les différentes variables reliées aux communautés de poissons, à la structure des populations, la morphométrie et la physico-chimie de chacun des plans d'eau.

2.3 Matériel et Méthodes

2.3.1 Lacs étudiés

L'étude a été effectuée entre le 15 juillet et le 6 septembre 1991 sur 18 lacs (le lac Bigorne a été éliminé des analyses à cause du trop faible nombre de meuniers capturés, soit 27) de la province de Québec (Canada) (Tableau 1). Ces lacs sont distribués sur toute la zone d'exploitation par la pêche sportive de l'Ombre de fontaine, *Salvelinus fontinalis*. Le choix des plans d'eau s'est fait en fonction de la superficie et du type de communauté piscicole retrouvé. La superficie des lacs variait entre 8.1 et 500.8 ha, selon cinq classes: 5-25, 26-50, 51-100, 101-200 et 201-500 ha (Tableau 1). Idéalement, la communauté piscicole devait se limiter à la présence du Meunier noir et de l'Ombre de fontaine, mais étant donné la difficulté de trouver des lacs ne contenant que ces deux espèces, certains des plans d'eau sélectionnés contenaient une association un peu plus complexe (Tableau 2).

2.3.2 Echantillonnage

Les populations ont été échantillonnées à l'aide de filets maillants expérimentaux (monofilament) de 67.5 m x 1.8 m de hauteur qui possédaient neuf panneaux de mailles étirées de 20, 24, 33, 36, 50, 60, 76, 90 et 100 mm et dont le diamètre des filaments était de 0.13, 0.15, 0.17, 0.17, 0.17, 0.17, 0.20, 0.20 et 0.25 mm respectivement. Une progression géométrique dans la grandeur des mailles réduirait la sélectivité des engins (Bagenal 1979; Hamley 1980; Jensen 1986). Le nombre de filets variait principalement en fonction de la superficie du lac mais aussi en fonction des contraintes logistiques (abondance de poissons, temps limité pour l'échantillonnage). Ainsi, de 4 à 18 filets ont été placés dans chacun des lacs sur une période de temps variant de un à cinq jours. Les filets devaient être posés à partir de la berge et perpendiculairement à la rive en alternant d'un engin à l'autre les petites mailles et les grandes mailles vers le large. Les engins étaient placés de façon équidistante les uns des autres. La profondeur à l'extrémité du filet pouvait varier de 1.5 à 16.0 mètres. Les pêches se faisaient de nuit et la durée variait entre 16 et 24 heures,

Tableau 1: Localisation, morphométrie et paramètres physico-chimiques des lacs étudiés.

Lacs	Latitude nord	Longitude ouest	Superficie (ha)	Volume (m ³ x10 ⁶)	Profondeur (m)		Profondeur Secchi (m)	Longueur de la ligne de rivage (m)	Développement de la ligne de rivage
					Maximale	Moyenne			
Réserve Mastigouche									
Brisé	46°40'	73°35'	36.6	1.42	20.0	3.9	4.55	6691	3.121
Grand lac des Iles	46°43'	73°30'	500.8	59.70	42.5	11.9	8.30	35834	4.520
Grignon	46°36'	73°35'	27.5	2.16	19.2	7.9	8.00	2320	1.248
de la Joie	46°37'	73°36'	10.9	0.71	19.8	6.5	6.37	1832	1.562
Mastigou	46°34'	73°34'	158.3	11.67	21.3	7.4	5.19	12226	2.741
Montour	46°38'	73°38'	8.3	0.22	3.9	2.7	3.00	1306	1.277
Pimbina	46°45'	72°51'	67.2	2.65	15.2	4.0	4.50	6968	2.398
Plouf	46°37'	73°36'	60.9	5.59	29.6	9.2	8.19	4907	1.774
Sauterelle	46°36'	73°36'	8.1	0.43	13.7	5.4	6.71	1573	1.561
Vert	46°39'	73°19'	17.1	1.48	22.9	8.7	8.12	1920	1.310
Région de Montréal									
Cirier	46°46'	74°22'	29.9	2.70	24.0	9.0	3.90	3014	1.560
Jacques	46°37'	74°41'	23.3	1.65	31.0	7.1	4.73	5508	3.220
Région de Québec									
Martel	47°16'	72°19'	14.8	0.68	12.5	4.6	3.50	2755	2.020
Trampe	47°15'	72°22'	33.0	2.33	19.7	7.0	4.57	3462	1.700
Région du Saguenay-Lac-St-Jean									
Claudette	48°40'	70°37'	115.2	6.26	14.0	5.4	5.46	12367	3.250
Villeneuve	48°41'	70°36'	31.6	0.50	9.0	1.6	4.20	4667	2.340
Région du Bas-St-Laurent-Gaspésie									
Blanc	48°00'	68°16'	11.1	0.20	5.2	1.8	4.55	1215	1.029
Dépot	48°14'	68°22'	43.0	2.09	16.0	4.8	3.94	3725	1.600
Moyenne			66.5	5.69	18.9	6.1	5.43	6238	2.120
± 1 Écart type			115.3	13.77	3.4	2.8	1.74	8102	0.930

Tableau 1: (suite).

Lacs	Zone littorale 0-2 m de profondeur (ha)	Volume de la zone littorale (m ³ x10 ⁶)	THA ^a (ha)	THV ^b (m ³ x10 ⁶)	Pente	pH	O ₂ (mg/l)	Conductivité (µS/cm)	IME ^c	Phosphore total (µg/l)	PUEE ^c (kg)
Réserve Mastigouche											
Brisé	15.5	0.48	23.35	0.73	0.10	5.41	7.95	19	3.26	11.73	1.94
Grand lac des Iles	60.0	3.99	115.47	7.68	0.06	6.40	7.95	26	1.46	7.86	2.82
Grignon	5.7	0.46	8.95	0.74	0.12	5.74	8.13	16	1.36	6.74	3.03
de la Joie	2.4	0.18	1.42	0.11	0.19	5.70	7.83	16	1.65	4.55	2.15
Mastigou	27.7	2.27	34.23	2.80	0.05	6.44	8.34	23	2.08	5.83	2.54
Montour	1.8	0.15	4.95	0.21	0.04	6.47	7.72	25	6.20	11.22	0.50
Pimbina	20.8	1.01	40.89	1.84	0.06	6.16	7.97	23	3.85	7.73	3.76
Plouf	8.5	0.95	6.02	0.67	0.12	6.05	8.39	21	1.53	5.23	2.23
Sauterelle	1.3	0.15	1.33	0.13	0.15	6.33	8.02	23	2.85	10.30	3.50
Vert	3.1	0.29	1.14	0.13	0.17	6.68	8.23	21	1.62	16.35	2.70
Région de Montréal											
Cirier	6.4	0.53	10.44	0.96	0.14	6.50	8.15	23	1.71	7.55	3.78
Jacques	9.7	0.36	11.37	0.63	0.20	6.76	8.03	39	3.68	17.73	3.20
Région de Québec											
Martel	4.1	0.25	5.33	0.35	0.10	5.17	7.32	20	2.91	10.26	0.50
Trampe	6.4	0.60	12.46	1.33	0.11	6.51	7.74	29	2.78	17.59	2.71
Région du Saguenay-Lac-St-Jean											
Claudette	39.7	1.89	62.14	4.96	0.04	6.25	7.80	18	2.23	9.22	1.66
Villeneuve	20.0	0.34	29.21	0.47	0.05	6.39	7.82	29	12.14	9.84	1.29
Région du Bas-St-Laurent-Gaspésie											
Blanc	6.3	0.06	11.15	0.20	0.05	7.54	4.60	168	62.53	16.10	2.96
Dépot	10.4	0.75	29.71	1.66	0.08	7.43	5.83	74	10.33	24.02	2.80
Moyenne	13.9	0.82	22.75	1.42	0.10	6.33	7.66	34	6.90	11.10	2.45
± 1 Écart type	15.4	0.99	28.38	1.98	0.05	0.60	0.95	35	14.21	5.26	0.97

^aSuperficie de l'habitat thermique.^bVolume de l'habitat thermique.^cIndice morphoédaphique.^dPrise par unité d'effort des autres espèces.

Tableau 2: Prises par unité d'effort (kg) des espèces capturées lors de l'échantillonnage des différents plans d'eau.

Lac	Espèce											
	Caco	Safo	Seat	Sema	Copl	Pheo	Saal	Sana	Caca	Seco	Lolo	Coco
Réserve Mastigouche												
Brisé	5.33	1.64	0.30									
Grand lac des Iles	5.12	2.49	0.33			X						
Grignon	4.95	3.02		0.01								
de la Joie	6.21	2.15		0.006								
Mastigou	11.50	2.51		0.03								
Montour	22.08	0.50				X						
Pimbina	6.79	1.36	1.22	0.34	0.85							
Plouf	6.24	2.19		0.04								
Sauterelle	7.50	3.50		0.01								
Vert	12.52	2.40	0.30	0.002								
Région de Montréal												
Cirier	6.77	2.18			1.60							
Jacques	3.20	2.30	0.90									
Région de Québec												
Martel	4.32	0.008	0.14		0.28							
Trampe	8.23	0.67	0.11		0.21		0.70	0.80	0.18	0.03		
Région du Saguenay-Lac-Saint-Jean												
Claudette	13.40	1.66										
Villeneuve	14.75	1.29										
Région du Bas-Saint-Laurent-Gaspésie												
Blanc	20.37	1.79			1.17							
Dépot	15.23	1.26			1.50						X	X

x: biomasse capturée négligeable.

Caco: Meunier noir, *Catostomus commersoni*
 Safo: Omble de fontaine, *Salvelinus fontinalis*
 Seat: Mulet à cornes, *Semotilus atromaculatus*
 Sema: Mulet perlé, *Semotilus margarita*
 Copl: Méné de lac, *Couesius plumbeus*
 Pheo: Ventre rouge du nord, *Phoxinus eos*

Saal: Omble chevalier, *Salvelinus alpinus*
 Sana: Touladi, *Salvelinus namaycush*
 Caca: Meunier rouge, *Catostomus catostomus*
 Seco: Ouitouche, *Semotilus corporalis*
 Lolo: Lotte, *Lota lota*
 Coco: Chabot visqueux, *Cottus cognatus*

en englobant toujours la période 18h00 à 9h00. Le tableau 3 présente la composition de l'échantillon dans chacun des lacs étudiés.

Pour chacun des meuniers capturés, nous avons mesuré la longueur totale (± 1 mm), le poids total (± 0.1 g), ainsi que le poids du poisson sans les gonades pour estimer le poids de celles-ci (± 0.1 g). Le sexe, quand c'était possible, et la maturité (i.e. individu ayant ou non la possibilité physiologique de se reproduire le printemps suivant) étaient déterminés par observation des gonades. De plus, pour un nombre d'au moins 400 meuniers par lac (lorsque l'effectif était suffisant), nous avons prélevé la nageoire pectorale droite pour la détermination de l'âge. Pour les espèces autres que le Meunier noir, nous nous limitons à la mesure de la longueur totale (± 1 mm) et du poids total (± 0.1 g) de chacun des spécimens.

La technique de détermination de l'âge du Meunier noir a maintes fois été décrite (Beamish et Harvey 1969; Beamish 1973; Quinn et Ross 1982; Chalanchuk 1984; Cormier 1987). D'abord, tout au plus une semaine après leur prélèvement, les nageoires pectorales ont été séchées au four. Les premiers rayons des nageoires furent coulés dans de la résine d'époxy et coupés à l'aide d'une scie rotative au carbone de marque Isomet pour obtenir de 2 à 5 coupes d'une épaisseur de 0.5 mm. Avant d'être fixées sur une lame de microscope avec de la colle Cytoseal™ 60, les coupes étaient trempées dans du toluène pour les éclaircir. La détermination de l'âge, par le compte des annuli de croissance, s'est faite au microscope par deux lecteurs. Nous avons utilisé la distribution de fréquence de taille comme outil lors de l'exercice préliminaire à la lecture d'âge, pour nous permettre d'acquérir une idée du modèle de dépôt des annuli et de leur configuration. Cette façon de procéder était surtout utile pour localiser le premier annulus qui est souvent très difficile à voir sur les structures des plus vieux poissons. Lorsque les deux lecteurs avaient terminé leurs lectures, les résultats étaient comparés. Une deuxième lecture de la part des deux lecteurs était effectuée pour tous les spécimens où il y avait désaccord sur l'âge. S'il y avait toujours désaccord entre les lecteurs après cette étape, le spécimen était éliminé de l'échantillon, sauf s'il était âgé de plus de dix ans. Pour les poissons de plus de dix ans nous leur accordions la moyenne de tous les âges attribués par les deux lecteurs (exemple: 15-13-14-14 = 14). Les structures d'au moins cent

Tableau 3: Composition de l'échantillon dans chacun des lacs étudiés.

Lacs	Nombre de meuniers capturés	Nombre total			Nombre d'individus agés
		de mâles	de femelles	d'indéterminés*	
Réserve Mastigouche					
Brisé	726	65	182	479	89
Grand lac des Iles					
Grignon	230	46	114	70	139
de la Joie	352	117	138	97	117
Mastigou	444	95	139	210	111
Montour	2 165	282	439	1 444	84
Pimbina	900	48	167	685	91
Plouf	1 714	43	174	1 497	84
Sauterelle	1 030	226	294	510	89
Vert	214	42	71	101	94
Région de Montréal					
Cirier	612	102	250	260	91
Jacques	948	150	356	442	90
Région de Québec					
Martel	465	15	137	313	83
Trampe	519	69	235	215	90
Région du Saguenay-Lac-St-Jean					
Claudette	796	123	363	310	85
Villeneuve	1 103	77	139	887	99
Région du Bas-St-Laurent					
Blanc	1 805	77	137	1 591	90
Dépot	729	34	76	619	93
	915	18	182	715	92

*Individus immatures ou individus dont le sexe n'a pas été déterminé.

individus par population ont été sélectionnés pour la détermination de l'âge. Tous les spécimens des classes de taille les moins abondantes, c'est-à-dire les poissons les plus courts et les plus longs, ont été sélectionnés. Le sous-échantillon était complété avec un nombre fixe d'individus sélectionnés de façon aléatoire dans les autres classes de taille (à intervalle de classe de 10 mm).

2.3.3 Variables indépendantes

La superficie (m^2), le volume (m^3), les profondeurs moyenne et maximale (m), la pente (estimée par le rapport profondeur maximale/racine carrée de la superficie; Godbout et Peters 1988), la longueur (m) et le développement de la ligne de rivage, la superficie (m^2) et le volume (m^3) de la zone littorale (zone comprise entre 0 et 2 m de profondeur) ont été calculés à partir de cartes bathymétriques (les cartes utilisées pour les calculs n'avaient pas toutes la même échelle, ainsi l'erreur sur l'estimation n'est pas la même partout) (Tableau 1).

Nous avons estimé l'habitat thermique parce qu'il a été relié au rendement de quelques espèces de poissons (Christie et Regier 1988) et par conséquent il pourrait influencer l'abondance et la structure de population du Meunier (Tableau 1). L'habitat thermique est défini comme la superficie du fond du lac ou le volume d'eau dont les températures correspondent à la niche thermique fondamentale d'une espèce (Christie et Regier 1988). La niche thermique est estimée comme $\pm 2^\circ\text{C}$ autour du préférendum final décalée de 1°C plus bas pour tenir compte de la différence entre les températures estimées en laboratoire et les températures sélectionnées en milieu naturel par les poissons (voir Christie et Regier 1988). Le préférendum thermique final pour la croissance serait en moyenne de 20°C (18°C - 22°C) chez le Meunier noir (Coutant 1977). Cincotta et Stauffer (1984) mentionnent plutôt des températures de 22.4° et de 24.1°C comme préférendum final; ces auteurs rapportent aussi qu'en nature le Meunier noir évite des températures supérieures à 26.7°C . Ainsi, la niche thermique fondamentale de l'espèce se situerait entre 15° et 25°C . Un profil de température a donc été dressé au centre de chacun des lacs, puis la superficie et le volume de l'habitat thermique ont été calculés à partir de cartes bathymétriques (Tableau 1).

Les variables chimiques ont été mesurées et calculées à partir de données prises à trois stations dans chacun des lacs. L'oxygène dissous (mg/l), la température (°C), le pH et la conductivité ($\mu S/cm$; $1S = 1mhos$) furent mesurés à l'aide d'une sonde Hydrolab (modèle Surveyor II) à une profondeur de 0,5 m (Tableau 1). La concentration des solides totaux dissous (STD; milligrammes par litre) nécessaire au calcul de l'indice morphoédaphique (IME = $STD/profondeur$ moyenne; Ryder 1965) (Tableau 1) a été estimée à 0.67 fois la conductivité spécifique à 25°C ($\mu S/cm$; $1S = 1mhos$) (Godbout et Peters 1988). Les valeurs de conductivité, de IME et de O_2 des lacs Blanc et Dépôt n'ont pas été utilisées dans les analyses car elles ont été considérées comme atypiques (Tableau 1). Le retrait de ces valeurs dans les analyses permettait d'obtenir la normalité pour ces variables indépendantes, normalité qui est une des conditions d'application des analyses de régression multiple. Les fortes valeurs de conductivité obtenues pour les lacs Blanc et Dépôt sont un reflet de la géologie (zone fortement minéralisée) de la région où se situent ces lacs (Bobée *et al.* 1982). Les valeurs atypiques de O_2 sont toutefois plus difficiles à expliquer. La transparence de l'eau (m) a été déterminée à l'aide d'un disque de Secchi de 20 cm, et d'un hublot de surface (pour éliminer l'effet des vagues et la réflexion lumineuse) (Tableau 1). Un échantillon intégré de la colonne d'eau a été prélevé au moyen d'un tube intégrateur afin de mesurer le phosphore total ($\mu g/l$) (Tableau 1).

Pour chacun des lacs, nous avons déterminé les prises par unité d'effort (PUE) du Meunier noir (Tableau 4). Cet indice d'abondance a été établi en calculant la moyenne des PUE (kg) de meuniers capturés dans un lac donné. Cette variable indépendante permettait de mesurer l'effet de la compétition intraspécifique sur les paramètres du cycle vital. Les prises par unité d'effort (PUE) des différentes espèces de poissons ont aussi été déterminées pour chacun des lacs. Les PUE (kg) de l'Ombre de fontaine (*Salvelinus fontinalis*), du Mulet à cornes (*Semotilus atromaculatus*), du Mulet perlé (*S. margarita*), ainsi que du Méné de lac (*Couesius plumbeus*) ont été employées dans les analyses. Les variables "PUE du Mulet à cornes et Mulet perlé réunis", ainsi que "PUE des autres espèces de poissons" (i.e. regroupant les espèces autres que le Meunier noir) ont également été utilisées dans certaines analyses de régression (Tableau 1). La présence/absence du Méné de lac

Tableau 4: Paramètres de la structure de population du Meunier noir.

Lacs	Prises par unité d'effort (kg)	L_{∞} (mm)	K	t_0	Longueur maximale (mm)	Longueur totale à 2 ans (mm)	Age maximal (année)	Rapport des sexes*
Réserve Mastigouche								
Brisé	5.33	397	0.098	-1.944	429	127	13	0.730
Grand lac des Iles	5.12	636	0.179	0.022	520	190	9	0.421
Grignon	4.95	511	0.159	-0.340	490	159	17	0.550
de la Joie	6.21	308	0.177	-0.365	367	105	14	0.492
Mastigou	11.50	328	0.185	-0.977	395	139	12	0.506
Montour	22.08	418	0.253	0.163	441	156	14	0.500
Pimbina	6.79	476	0.066	-2.511	445	123	15	0.069
Plouf	6.24	579	0.073	-1.510	450	130	16	0.451
Sauterelle	7.50	979	0.061	-0.775	450	152	9	0.584
Vert	12.52	582	0.078	-1.433	471	136	17	0.250
Région de Montréal								
Cirier	6.77	314	0.166	-2.001	382	153	11	0.482
Jacques	3.20	nc	nc	nc	456	97	15	0.129
Région de Québec								
Martel	4.32	442	0.065	-2.880	415	120	16	0.215
Trampe	8.23	413	0.074	-3.003	438	129	23	0.336
Région du Saguenay-Lac-Saint-Jean								
Claudette	13.40	784	0.034	-3.486	433	134	12	0.337
Villeneuve	14.75	471	0.109	-1.186	450	138	12	0.295
Région du Bas-Saint-Laurent-Gaspésie								
Blanc	20.37	438	0.309	0.424	510	169	9	0.261
Dépot	15.23	598	0.067	-1.020	485	110	23	0.085
Moyenne	9.70	510	0.130	-1.342	445	137	14	0.370
± 1 Écart type	5.58	174	0.080	1.165	41	23	4	0.180

nc: la distribution des données n'était pas conforme au modèle de von Bertalanffy.

*Proportion de mâles dans la population.

Tableau 4: (suite).

Lacs	Longueur à maturité (mm)		Age à maturité (année)		Indice gonadosomatique		Poids moyen des gonades (g)		Mortalité*
	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	
Réserve Mastigouche									
Brisé	207	176	6.57	5.01	2.29	2.19	1.17	1.17	
Grand lac des Iles	197	298	3.10	4.55	nd	nd	nd	nd	
Grignon	171	201	3.22	3.80	2.86	2.77	1.60	1.52	0.69
de la Joie	150	161	4.41	4.79	1.95	2.82	1.00	1.46	0.39
Mastigou	197	187	5.00	4.58	4.13	2.99	2.41	1.80	0.44
Montour	181	228	3.41	4.27	2.96	2.61	1.78	1.57	
Pimbina	199	nd	6.68	nd	nd	3.26	nd	1.71	0.40
Plouf	137	151	3.18	3.62	3.04	2.96	1.76	1.78	0.38
Sauterelle	159	148	3.12	2.92	3.12	2.71	1.85	1.53	0.87
Vert	133	179	2.88	4.26	3.90	3.28	2.13	2.05	0.63
Région de Montréal									
Cirier	154	176	3.06	3.95	nd	nd	nd	nd	0.56
Jacques	168	196	5.87	nd	nd	3.14	nd	1.82	
Région de Québec									
Martel	128	149	3.38	4.45	nd	2.56	nd	1.45	0.18
Trampe	168	148	5.04	3.99	3.34	2.11	1.87	1.20	
Région du Saguenay-Lac-St-Jean									
Claudette	216	218	7.00	7.10	nd	nd	nd	nd	
Villeneuve	206	218	5.07	5.50	nd	nd	nd	nd	
Région du Bas-St-Laurent-Gaspésie									
Blanc	nd	254	nd	4.23	nd	nd	nd	nd	0.77
Dépot	nd	203	nd	6.17	nd	nd	nd	nd	0.16
Moyenne	173	193	3.44	3.57	3.07	2.78	1.73	1.59	0.50
± 1 Écart type	28	41	1.47	1.01	0.69	0.38	0.44	0.26	0.22

*Suite à l'atteinte de la maturité sexuelle. Les données manquantes correspondent à des valeurs négatives (voir matériel et méthodes).
nd: non déterminé.

(cette espèce représentait un fort pourcentage de l'abondance totale de toutes les espèces lorsqu'elle était présente dans un lac), du Mulet à cornes, du Mulet perlé ainsi que du Mulet à cornes et Mulet perlé réunis ont aussi été utilisées en tant que variables muettes dans certaines analyses de régression multiple (Tableau 2). Les PUE des autres espèces de poissons ainsi que la présence/absence des autres espèces de poissons sont des variables indépendantes qui ont leur importance à cause de l'effet potentiel qu'elles peuvent avoir sur les populations de Meunier noir par l'entremise d'une compétition interspécifique.

2.3.4 Variables dépendantes

Les PUE en Meunier noir ont été utilisées comme variables indépendantes et aussi comme variables dépendantes de façon non simultanée (Tableau 4). La longueur asymptotique (L_{∞}), le taux instantané de croissance (K) et l'âge théorique du poisson lorsque la longueur est égale à zéro (t_0) ont été estimés à partir de l'équation de von Bertalanffy, où $L_t = L_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)})$ (programmée à partir de la procédure Non Linear Regression de SPSS[®].4; Statistical Package for Social Sciences) (Tableau 4). Les régressions non-linéaires ont donné des R^2 variant entre 0.906 et 0.998. Pour chaque population, les données utilisées pour déterminer les paramètres de l'équation de von Bertalanffy proviennent d'au moins 83 individus dont les longueurs à chacun des âges ont été rétrocalculées. Le rétrocalcul était essentiel car il permettait de comparer (au niveau de la croissance) des populations qui n'ont pas toutes été échantillonnées à la même date (l'échantillonnage des 18 plans d'eau s'est effectué sur une période de 52 jours). Le rétrocalcul a été effectué à l'aide d'une table graphique utilisant le logiciel DISBCAL (Missouri Department of Conservation, Fisheries Division. 1989. P. O. Box 180. Jefferson City, Missouri 65102-0180. USA). Nous avons employé la méthode de Ketchen (Ricker 1980) pour estimer la structure en âge de la population à partir du sous-échantillon d'individus ayant été âgés (Annexe 1). Les mâles étant trop souvent sous-représentés dans les échantillons servant à déterminer la croissance, il était difficile d'établir une équation distincte, valable pour chacun des sexes. C'est pourquoi l'équation de von Bertalanffy et ses paramètres représentent la croissance des mâles et des femelles réunis. La

longueur à 2 ans a été retenue comme paramètre de la croissance (Tableau 4). Nous avons sélectionné l'âge 2 parce que nos résultats ont démontré que la maturité n'était atteinte pour aucune de nos populations à cet âge, et parce qu'il est connu que chez les juvéniles du Meunier noir la croissance des mâles et des femelles est comparable (Spoor 1939; Lalancette 1973; Verdon 1976). La longueur maximale et l'âge maximal ont aussi été notés (Tableau 4). Ces valeurs correspondent respectivement à la taille et à l'âge du plus long et du plus vieil individu de la population.

Etant donné la possibilité d'une mortalité sélective au niveau des sexes dans les classes d'âge et de taille plus élevées (Spoor 1939; Verdon 1976), nous avons décidé d'établir le rapport des sexes (% de mâles dans la population) comme étant la moyenne du rapport des sexes des classes de taille (de 20 mm) où le nombre d'individus matures était supérieur à dix (Tableau 4). Les individus immatures n'ont pas été utilisés dans l'établissement du rapport des sexes car il était impossible d'établir visuellement le sexe de ces poissons. Pour les populations des lacs Blanc et Dépôt, aucune des classes de taille n'avait un nombre d'individus matures supérieur à dix. Dans ces cas, nous avons calculé le rapport des sexes à partir de tous les individus matures de la population.

Pour permettre de déterminer la taille à maturité des mâles et des femelles (longueur où 50% des individus deviennent matures), nous avons attribué un rapport des sexes aux individus immatures de chacune des populations correspondant au rapport des sexes des adultes obtenu pour chacune des populations (décrit plus haut) (Tableau 4). La distribution de la maturité présentait, pour chacune des populations, soit une augmentation successive de la proportion de poissons matures avec l'augmentation de la longueur, soit une augmentation non successive de la proportion de poissons matures avec une augmentation de la longueur. Trippel et Harvey (1991) recommandent, lorsque la progression de la maturité correspond à ces deux types de distributions, d'utiliser l'analyse probit pour déterminer la taille à maturité. L'analyse probit (SPSS[®].4, Statistical Package for Social Sciences) est basée sur une transformation linéaire d'une courbe sigmoïde qui permet d'estimer la taille où 50% des individus sont matures (Trippel et Harvey 1991). Chez les femelles, les longueurs à maturité obtenues pour chacune des populations

variaient en fonction de la date d'échantillonnage; nous avons donc calculé une longueur à maturité ajustée à l'aide d'une analyse de la covariance (Packard et Boardman 1987). L'âge à maturité (âge où 50% des individus deviennent matures) a par la suite été extrapolé à partir de l'équation de croissance de von Bertalanffy (Trippel et Harvey 1991) (Tableau 4). Les longueurs à maturité, telles que déterminées par les méthodes décrites plus haut, ont été insérées dans l'équation de von Bertalanffy comme valeur de "lt", où "t" représentait l'âge à maturité:

$$lt = L_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)}) \text{ ----> } t = t_0 + \frac{\ln \left(\frac{L_{\infty} - lt}{L_{\infty}} \right)}{-K}$$

Le poids moyen des gonades ainsi que l'indice gonadosomatique ont été calculés pour les mâles et les femelles à partir d'individus matures inclus dans l'intervalle 170-190 mm, lorsque l'effectif était supérieur ou égal à huit individus (Tableau 4). Comme la longueur à maturité chez les femelles, le poids moyen des gonades et l'indice gonadosomatique des deux sexes étaient aussi corrélés à la date d'échantillonnage. Nous avons donc calculé une moyenne ajustée pour ces deux variables à l'aide d'une analyse de covariance, pour comparer les populations entre elles.

Le taux de mortalité à l'atteinte de la maturité a été calculé selon la formule: $M = 1 - (N_{t+1}/N_t)$ où M correspond à la mortalité à l'atteinte de la maturité, N_{t+1} est la cohorte suivant l'âge à maturité de la population et N_t représente la cohorte précédant l'âge à maturité (Tableau 4). L'âge à maturité utilisé est celui obtenu pour les femelles (lorsqu'il était disponible) parce que celles-ci sont généralement plus représentatives de l'échantillon. Des valeurs négatives de mortalité ont été obtenues pour certaines populations; ces résultats peuvent être expliqués par des biais d'échantillonnage. Ces valeurs n'ont pas été utilisées dans les analyses.

2.3.5 Analyses statistiques

Les coefficients de corrélation (r) de Pearson ont été calculés entre les variables dépendantes et indépendantes. Le tableau des corrélations a été utilisé pour déterminer les variables indépendantes à insérer dans les modèles de régression.

Les régressions linéaires multiples pas-à-pas (stepwise) ont été réalisées avec le logiciel SPSS®. Les régressions ont été faites avec chacun des paramètres de la structure de population utilisés comme variables dépendantes. Les variables utilisées étaient: les PUE en Meunier, la longueur asymptotique (L_{∞}), le taux de croissance instantané (K), l'âge théorique (t_0) du poisson à $t=0$, la longueur à l'âge 2, la longueur et l'âge maximal, le rapport des sexes, la longueur et l'âge à maturité des mâles et des femelles, le poids moyen des gonades et l'indice gonadosomatique chez les mâles et les femelles, ainsi que la mortalité à l'atteinte de la maturité. La normalité des variables dépendantes et indépendantes a été vérifiée à l'aide du test de Kolmogorov-Smirnov Lilliefors. La distribution graphique des résidus, la distribution graphique des fréquences relatives cumulées (Tabachnick et Fidell 1983), et la distribution graphique des résidus partiels (Larsen et McCleary 1972) ont aussi été utilisées pour déterminer si les conditions d'application de la régression linéaire multiple étaient satisfaites (i.e la normalité, la linéarité et l'homoscédasticité des résidus). Les variables suivantes ont subi une transformation logarithmique pour répondre aux conditions d'application: la transparence, l'indice morphoédaphique, la superficie du lac et de la zone littorale, la longueur et le développement de la ligne de rivage, le volume total du lac, de l'habitat thermique et de la zone littorale. Les données des variables dépendantes "PUE du Meunier noir", "taux de croissance instantané (K)" et "âge à maturité des mâles" n'étaient pas distribuées normalement à l'état non transformé. Cependant, comme les analyses de régression procuraient de meilleures prédictions avec ces données, comparativement aux valeurs transformées en $\log(x)$, nous avons préféré utiliser les variables non transformées.

Pour construire les modèles de régression multiple nous avons parfois utilisé la méthode qui consiste à introduire toutes les variables indépendantes en même temps dans le processus de régression, qu'elles soient colinéaires ou non. Cette façon de procéder permettait de détecter rapidement des groupements de variables ayant un potentiel dans la prédiction d'une variable dépendante. Dans la procédure pas-à-pas, la variable indépendante qui entre en premier dans un modèle est la plus fortement corrélée à la variable dépendante. Les meilleurs modèles sont ceux qui possèdent les plus hautes valeurs de R^2 et les plus faibles valeurs d'erreurs associées à ces estimés.

La colinéarité entre les variables indépendantes a ensuite été vérifiée à l'aide des coefficients de corrélation deux à deux. La procédure de régression de SPSS.4 permet aussi d'utiliser les indices de tolérance et tolérance minimum pour éviter d'entrer et de garder dans le modèle une variable fortement corrélée à une autre qui s'y trouve déjà (Tabachnik et Fidell 1983). Lorsque deux variables s'avéraient colinéaires, chacune des variables était utilisée séparément pour construire un modèle, lequel pouvait alors être comparé avec les autres modèles.

Nous avons utilisé la méthode de Bonferroni pour tenir compte du fait que 12 modèles ont été produits à partir de la même base de données. Chacune des régressions a donc été réalisée à une probabilité de $0.05/n$, où "n" est le nombre de régressions, donnant alors une valeur critique de 0.004 dans cette étude (Cooper 1968).

2.4 Résultats

La biomasse (PUE) du Meunier noir est positivement corrélée au pH et à la conductivité, et négativement corrélée à la profondeur maximale et moyenne, à la pente et à l'oxygène dissous, ainsi qu'à la présence/absence de Mulet à cornes dans les lacs du bouclier laurentien (Tableau 5). Peu de variables indépendantes sont corrélées aux paramètres de la croissance en longueur. En fait, seul le pH, qui est positivement relié à la longueur maximale, a donné une corrélation significative (Tableau 5). L'âge maximal (+) et le rapport des sexes (-) sont tous deux corrélés significativement au phosphore total. Nous avons aussi obtenu des relations négatives entre la variable dépendante rapport des sexes et la présence/absence de *Couesius plumbeus*, ainsi qu'avec les variables PUE du Mulet à cornes et PUE du Mulet à cornes et Mulet perlé réunis. La variable mortalité s'est montrée négativement reliée aux PUE de l'Ombre de fontaine.

Contrairement aux résultats obtenus pour les paramètres de la croissance, l'analyse montre plusieurs corrélations entre la longueur à maturité et les variables indépendantes, en particulier chez les mâles (Tableau 5). La longueur à maturité des mâles est corrélée positivement à la superficie du lac, de la zone littorale et de l'habitat thermique, au volume de la zone littorale et de l'habitat

Tableau 5: Coefficients de corrélation (r) entre les paramètres de la structure des populations du Meunier noir et des paramètres morphométriques, physico-chimiques et biologiques.

Paramètres	Prises par unité d'effort	Longueur maximale	Age maximal	Rapport des sexes ^a	Mortalité ^b	Longueur à maturité		Age à maturité		Indice gonadosomatique		Poids moyen des gonades	
						Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle
Superficie ^c						0.54*							
Profondeur maximale	- 0.67**												
Profondeur moyenne	- 0.57*												
Zone littorale ^c						0.71**	0.52*	0.53*	0.58*				
Volume de la zone littorale ^c						0.50*							
Pente	- 0.57*					-0.69**	-0.57*						
Ligne de rivage ^c						0.68**							
Développement de la ligne de rivage ^c						0.62**		0.57*					
Conductivité	0.54*												
O ₂	- 0.55*												0.58*
pH	0.61**	0.47*								0.82**		0.84**	
Phosphore total			0.52*	-0.53*									
THA ^d						0.64**	0.71**						
THV ^{c,d}						0.63**							
<i>Couesius plumbeus</i> ^e				-0.52*									
<i>Semotilus margarita</i> ^e										0.61*			
<i>S. atromaculatus</i> ^e	- 0.47*												
<i>S. margarita</i> + <i>S. atromaculatus</i> ^e									-0.52*				
PUE <i>Salvelinus fontinalis</i>					0.77*								
PUE <i>Semotilus atromaculatus</i>				-0.49*									
PUE <i>S. margarita</i> + <i>S. atromaculatus</i>				-0.49*									

^aProportion de mâles dans la population.

^bSuite à l'atteinte de la maturité (voir matériel et méthode).

^cAnalyses effectuées sur des données transformées en log (x).

^dTHA: Superficie de l'habitat thermique; THV: Volume de l'habitat thermique.

^ePrésence/absence.

Note : *P < 0.05; **P < 0.01.

: Le nombre de cas utilisés varie de 9 à 18.

thermique, à la longueur et au développement de la ligne de rivage, tandis qu'elle est négativement corrélée à la pente. Nous avons obtenu une relation négative entre la longueur à maturité des femelles et la pente, tandis que cette variable dépendante était positivement corrélée à la superficie de la zone littorale et de l'habitat thermique. L'âge à maturité était positivement relié à la superficie de la zone littorale chez les deux sexes. L'âge à maturité des mâles est aussi corrélé positivement au développement de la ligne de rivage, tandis que l'âge à maturité des femelles est corrélé négativement à la présence/absence de Mulet à cornes et de Mulet perlé réunis. L'indice gonadosomatique et le poids moyen des gonades chez les mâles est positivement corrélé au pH, tandis que le poids moyen des gonades chez les femelles est relié positivement à l'oxygène dissous (Tableau 5). La variable biologique présence/absence de Mulet perlé a aussi donné une corrélation positive avec l'indice gonadosomatique des femelles.

Il est à noter qu'aucune relation significative n'a été obtenue entre les différentes variables indépendantes et les variables dépendantes suivantes: (L_{∞}), K, t_0 , et la longueur totale à deux ans.

Nous avons aussi effectué une analyse des coefficients de corrélation entre les différentes variables indépendantes pour détecter les risques de colinéarité. Nous avons obtenu plusieurs corrélations significatives. Cependant aucun des modèles de régression présentés ne contient deux variables indépendantes significativement corrélées entre elles.

Le meilleur modèle prédisant les PUE du Meunier noir explique 88% de la variation (Tableau 6). Les deux premières variables indépendantes à entrer dans ce modèle expliquent à elles seules plus de 73% de cette variation, soit la profondeur maximale (-) avec 38% et le pH (+) avec 35%. L'ajout de la pente du lac dans ce modèle permet d'expliquer un autre 17% de la variation. Finalement, la variable présence/absence de *Couesius plumbeus* apparaît dans la régression comme variable suppressive (i.e. une variable qui n'est pas corrélée à la variable dépendante mais qui est utile dans le modèle parce qu'elle supprime une partie de la variance associée aux autres variables indépendantes, variance qui est inutile dans la prédiction de la variable dépendante; Tabachnik et Fidell 1983).

Tableau 6: Meilleurs modèles pour la prédiction de différents paramètres de la structure des populations du Meunier noir. La probabilité (p) associée à chaque variable indépendante, l'écart-type des coefficients de régression (ET), le R² partiel^a associé à chaque variable, le R² ajusté, et l'écart-type de l'estimé (E_{xy}) sont aussi indiqués.

Modèle		p > t	ET	R ²	R ² ajt	E _{xy}
Prises par unité d'effort du Meunier noir (kg) =						
-	13.79	0.0426	6.13	88.0	84.3	2.21
-	0.34	0.0001	0.06	37.9		
+	5.40	0.0001	0.93	35.4		
-	31.71	0.0147	11.28	16.9		
-	3.21	0.0179	1.18	(2.15) ^c		
Longueur à maturité pour les mâles (mm) =						
+	38.37	0.2874	34.47	83.5	79.37	12.90
-	225.52	0.0093	72.85	28.5		
+	40.05	0.0003	8.05	42.3		
+	35.96	0.0294	14.55	12.7		
Longueur à maturité pour les mâles (mm) =						
-	62.50	0.0683	31.21	83.7	79.7	12.80
+	56.16	0.0000	7.98	59.3		
+	0.002	0.0083	0.0007	12.9		
+	32.88	0.0468	14.84	11.7		
Longueur à maturité pour les femelles (mm) =						
+	143.22	0.0000	9.20	86.8	83.8	16.50
+	1.15	0.0015	0.15	56.5		
+	0.003	0.0022	0.0007	16.9		
-	0.20	0.0000	0.05	13.5		
Age à maturité pour les mâles (année) =						
+	2.78	0.0007	0.61	81.0	76.3	0.72
+	6.53	0.0001	1.10	44.3		
-	0.42	0.0001	0.08	36.8		
+	0.54	0.0251	0.21	(< 0.00) ^c		
Age à maturité pour les femelles (année) =						
+	3.02	0.0000	0.28	86.1	82.6	42.2
+	2.06	0.0002	0.27	54.5		
-	0.008	0.0005	0.001	22.6		
-	0.06	0.0000	0.01	9.0		

^aCalculé en multipliant le coefficient de régression standardisé (b') par le coefficient de corrélation (r) entre la variable dépendante et la variable indépendante (Tabachnick et Fidell 1983).

^bVariable muette.

^cVariable suppressive (voir texte).

^dAnalyses effectuées sur des données transformées en log (x).

Tableau 6: (suite).

Modèle			p > t	ET	R ²	R ² ajt	E _{xy}
Rapport des sexes (proportion de mâles dans la population) =					52.7	46.4	0.13
+	0.65		0.0000	0.08			
-	0.02	Phosphore total	0.0031	0.006	33.8		
+	0.001	Prises par unité d'effort du Mulet perlé	0.0131	0.0004	18.9		
Mortalité =					87.1	83.8	0.09
+	1.08		0.0018	0.24			
+	0.0002	Prises par unité d'effort de l'Ombre de fontaine	0.0002	0.00003	66.5		
-	0.28	Longueur de la ligne de rivage ^b	0.0018	0.07	20.6		
Indice gonadosomatique pour les mâles =					91.4	88.5	0.23
-	3.99		0.0047	0.91			
+	1.00	pH	0.0004	0.14	70.8		
+	0.12	Profondeur moyenne	0.0060	0.03	20.6		
Indice gonadosomatique pour les femelles =					84.5	78.7	0.17
-	0.62		0.3740	0.66			
+	0.67	Mulet perlé ^c	0.0004	0.11	54.3		
+	0.45	pH	0.0014	0.10	29.4		
+	0.91	Développement de la ligne de rivage ^b	0.0235	0.33	(0.8) ^d		
Indice gonadosomatique pour les femelles =					87.0	82.1	0.16
+	0.15		0.7888	0.53			
+	0.54	Mulet perlé ^c	0.0006	0.10	43.8		
+	0.37	pH	0.0020	0.08	25.9		
+	0.0005	Prises par unité d'effort du Mulet à cornes	0.0110	0.0001	19.3		
Poids moyen des gonades pour les mâles (g) =					88.6	84.9	0.17
-	2.73		0.0062	0.66			
+	0.64	pH	0.0007	0.10	73.8		
+	0.07	Profondeur moyenne	0.0205	0.02	14.8		

^aCalculé en multipliant le coefficient de regression standardisé (b') par le coefficient de corrélation (r) entre la variable dépendante et la variable indépendante (Tabachnick et Fidell 1983).

^bAnalyses effectuées sur des données transformées en log (x).

^cVariable muette.

^dVariable suppressive (voir texte).

Nous avons obtenu deux modèles permettant de prédire plus de 83% de la variation de la longueur à maturité des mâles. La pente du lac (-) avec 29%, la longueur de la ligne de rivage (+) avec 42% et l'indice morphoédaphique avec 13% ont été les variables impliquées dans le premier modèle (Tableau 6). Le deuxième modèle présente les variables indépendantes suivantes: la longueur de la ligne de rivage (+) qui explique 59% de la variation, les PUE du Meunier noir (+) avec 13% et l'indice morphoédaphique qui explique 12% de la variation (Tableau 6). Le meilleur modèle prédisant la longueur à maturité des femelles implique la superficie de l'habitat thermique (+) et la prise par unité d'effort de Meunier noir (+) (Tableau 6). Plus de 73% de la variation a pu être expliquée par ces deux variables indépendantes, la superficie de l'habitat thermique expliquant à elle seule 57% de la variation. La variable biologique "PUE des autres espèces de poissons" (-) explique un autre 14% de la variation.

Le modèle prédisant l'âge à maturité des mâles montre que cette variable dépendante augmente avec l'indice de développement de la ligne de rivage (44% de la variation) tandis qu'il diminue avec l'augmentation de la profondeur moyenne (37% de la variation) (Tableau 6). Les PUE des autres espèces de poissons sont aussi présentes dans ce modèle en agissant comme variable suppressive. Au total, 81% de la variation est expliquée. Le meilleur prédicteur de l'âge à maturité des femelles est la superficie de la zone littorale (+), qui explique 55% de la variation (Tableau 6). Les PUE du Mulet perlé (-) entrent en deuxième lieu dans le modèle et expliquent 23% de la variation. La profondeur maximale (-) explique le reste de la variation, soit 9%.

Le rapport des sexes (proportion de mâles dans la population) augmente avec une diminution du phosphore total et une augmentation des prises par unité d'effort du Mulet perlé (Tableau 6). Ces variables expliquent respectivement 34% et 19% de la variation, pour un total de près de 53%.

Les PUE de l'Ombre de fontaine (+) est une variable importante dans la prédiction de la mortalité (à l'atteinte de la maturité) avec un pourcentage d'explication de 67% (Tableau 6). Au total, 87% de la variation de la mortalité a pu être expliquée, la longueur de la ligne de rivage (-) prédisant le reste (21%).

Le pH (+) et la profondeur moyenne (+) sont les variables impliquées dans les modèles de régression multiple prédisant l'indice gonadosomatique et le poids moyen des gonades chez les mâles (Tableau 6). Nous avons obtenu de forts R^2 pour chacun des modèles, soit 91% pour l'indice gonadosomatique et 89% pour le poids moyen des gonades. Les deux variables indépendantes expliquent sensiblement le même pourcentage de variation dans chacun des modèles. Deux modèles de régression nous ont permis de décrire l'indice gonadosomatique des femelles (Tableau 6). Cet indice varie positivement avec les variables présence/absence du Mulet perlé et le pH dans les deux modèles obtenus, avec des pourcentages d'explication de la variation relativement semblables. La principale différence se situe au niveau de la troisième variable à entrer dans les modèles. Dans le premier, l'indice de développement de la ligne de rivage (+) augmente le pouvoir de prédiction mais agit cependant comme variable suppressive. Dans le deuxième modèle, les PUE du Mulet à cornes (+) expliquent un pourcentage non négligeable de la variation, soit 19%.

2.5 Discussion

Les modèles prédictifs obtenus ont mis en relief trois grands types de variables ayant un impact significatif sur les paramètres de la structure de population du Meunier noir: les variables morphométriques des lacs, les variables physico-chimiques et les variables biologiques.

2.5.1 Déterminants de l'abondance du Meunier noir

Nos résultats suggèrent que l'abondance en Meunier noir (en terme de biomasse par unité d'effort) augmente avec la productivité du lac et le pH. Les paramètres morphométriques retenus dans ce modèle de régression de même que ceux obtenus dans les autres modèles sont tous reliés à la productivité des lacs. La profondeur moyenne est considérée comme le meilleur indice de la condition morphométrique des lacs et montre clairement une corrélation inverse à la productivité et ce, à tous les niveaux trophiques (Wetzel 1983). La profondeur maximale, tout comme la profondeur moyenne, donne un indice de la surface benthique disponible pour les poissons. Ainsi,

à l'intérieur d'une région donnée, les lacs peu profonds sont considérés comme plus productifs parce que la zone littorale occupe une proportion importante de la surface benthique totale et parce que les éléments critiques sont recyclés plus rapidement (Hanson et Leggett 1982). La superficie sert aussi d'indice pour évaluer l'étendue de l'habitat disponible d'un lac (Marshall et Ryan 1987). La pente du lac ainsi que la longueur et le développement de la ligne de rivage sont trois autres variables morphométriques qui sont reliées à l'importance de la zone littorale. Ces variables ont un intérêt considérable car elles reflètent le potentiel de développement des communautés littorales, en proportion du volume total du lac (Wetzel 1983). La zone littorale aurait un plus haut niveau de productivité primaire et une plus grande diversité et biomasse en zoobenthos que la zone pélagique (Hanson et Leggett 1982).

Plusieurs études ont relié la biomasse ou les rendements en poisson à la productivité (Oglesby 1977; Hanson et Leggett 1982; Schlesinger et Regier 1983; Marshall et Ryan 1987; Trippel et Harvey 1987a). Ces études ont généralement démontré une augmentation de l'abondance inversement proportionnelle aux profondeurs moyenne et maximale, et directement proportionnelle à l'indice morphoédaphique, au phosphore total, à la biomasse du zoobenthos/profondeur moyenne, à la superficie du lac, aux solides totaux dissous et à la productivité primaire. La disponibilité des ressources dans les lacs productifs est probablement le principal facteur qui explique l'abondance du Meunier noir dans ces milieux.

Le pH est reconnu pour avoir certains effets sur les mécanismes physiologiques des poissons. Par exemple, une augmentation de l'acidité peut affecter la régulation en sel du poisson et le fonctionnement normal des branchies (Chalanchuk 1985). Un pH faible peut aussi causer une baisse dans la ponte des oeufs par les femelles (Sayer *et al.* 1993) et réduire l'éclosion en plus de provoquer une forte mortalité des embryons (Chalanchuk 1985). La biomasse en Meunier noir moins élevée dans les lacs acides pourrait être expliquée, en partie, par une réduction du recrutement (Chalanchuk 1985).

Comme la variable indépendante "présence/absence du Méné de lac" agit comme variable suppressive, son rôle ne peut donc être interprété car elle n'est pas corrélée à la variable dépendante (voir résultats 2.4).

2.5.2 Déterminants de la longueur et de l'âge à maturité du Meunier noir

L'importance de la pente, de la longueur de la ligne de rivage et de l'indice morphoédaphique dans les deux modèles prédisant la longueur à maturité des mâles indique une relation positive entre ce paramètre de la structure des populations et la productivité. L'indice morphoédaphique est reconnu pour être un indicateur de la productivité d'un lac (Johnson 1974; Oglesby 1977; Ryder *et al.* 1974), étant relié positivement, entre autres, à la production de zoobenthos. Nous croyons que la présence de la variable "PUE du Meunier noir" dans les modèles de prédiction de la longueur à maturité (mâles et femelles) est beaucoup plus reliée à la productivité des lacs qu'à la compétition intraspécifique (voir modèle sur les PUE du Meunier noir). Il est fort probable que la relation observée entre la longueur à maturité et la productivité soit due à une croissance en taille accélérée dans les lacs plus productifs plutôt qu'à un retard dans l'âge à maturité. Ainsi dans ce type de lac, le poisson est déjà plus long lorsque vient le premier printemps où il est physiologiquement capable de se reproduire. La superficie de l'habitat thermique est le principal déterminant de la longueur à maturité des femelles. Il est reconnu que la température est un "facteur de contrôle" majeur affectant la performance ou l'activité des organismes poïkilothermes (Christie et Regier 1988). La compétition interspécifique pourrait avoir un effet sur la longueur à maturité des femelles, tel que suggéré par la présence de la variable "PUE de autres espèces" dans le modèle. Trippel et Harvey (1987a) donnent des exemples où la densité de populations de certaines espèces a eu un impact sur des paramètres de la structure des population du Meunier (croissance, facteur de condition).

Deux facteurs majeurs semblent influencer l'âge à maturité du Meunier noir: la productivité des lacs (+) et la compétition interspécifique (-) (particulièrement chez les femelles, car dans le modèle pour les mâles les PUE des autres espèces agissent comme variable suppressive). Ces

résultats suggèrent que dans les milieux plus productifs, les individus retarderaient leur première reproduction; cette stratégie permettrait aux femelles, entre autres, de produire plus d'oeufs et des oeufs de meilleure qualité (parce que, par exemple, la fécondité et la taille des oeufs chez les femelles sont corrélées à la taille corporelle) dans le but d'augmenter la survie des juvéniles et ainsi augmenter leur "fitness" (Krebs et Davis 1978; Moyle et Cech 1982; Stearns 1992). Un tel phénomène est prédit par la théorie de la stratégie reproductive dans un environnement stable (Potts et Wootton 1983).

L'examen attentif des données de maturité (Tableau 4) permet de constater qu'il existe de grandes variabilités au niveau de la comparaison mâle-femelle. Comme le mentionnent Spoor (1939), Lalancette (1973) et Verdon (1976), nous avons observé que les mâles mûrent avant les femelles, à l'exception de quatre lacs où la situation est inverse (Tableau 4). De plus, nous pouvons remarquer des tailles et âges à maturité mâle-femelle très variables. Ces variabilités pourraient être causées par des biais d'échantillonnage, mais l'examen des effectifs de base nous permet de croire qu'il s'agit plus de variabilités naturelles.

2.5.3 Déterminants du rapport des sexes et de la mortalité à l'atteinte de la maturité chez le Meunier noir

Le rapport des sexes (proportion de mâles dans la population) augmente avec une diminution du phosphore total et une augmentation des PUE du Mulet perlé. Il est difficile de comprendre les relations obtenues dans ce modèle. Le phosphore total est reconnu comme étant un indicateur de la production primaire (Schindler 1975), donc de la productivité d'un lac. Pourtant nous avons obtenu très peu de relations entre cette variable et les paramètres de la structure de population du Meunier noir, ce qui suppose que les variables morphométriques intègrent mieux les valeurs de productivité associées à chacun des lacs. La grande variabilité du phosphore total dans le lac et en fonction de la saison est probablement la plus grande faiblesse prédictive de cette variable chimique lorsque peu de prélèvements sont effectués, comme dans notre étude (France et Peters 1992).

L'abondance en Omble de fontaine semble avoir un impact sur la mortalité du Meunier noir. Même si des études ont démontré clairement l'impact du Meunier sur l'Ombre de fontaine (Magnan 1988; Tremblay et Magnan 1991), aucune documentation ne fait état de l'effet inverse. Il n'est pas difficile d'imaginer qu'une plus faible productivité augmente la mortalité.

2.5.4 Déterminants de l'indice gonadosomatique et du poids moyen des gonades chez le Meunier noir

La variable indépendante pH apparaît dans tous les modèles prédisant l'importance des gonades. L'importance des gonades augmente avec une augmentation du pH (5.2 à 7.5 dans cette étude). Le pH de l'eau peut affecter la reproduction en empêchant la production de gamètes (Lee et Gerking 1977). Les résultats obtenus concernant la relation entre le pH et l'indice gonadosomatique et le poids moyen des gonades ne concordent pas avec ceux obtenus par Trippel et Harvey (1987b). Ces auteurs ont remarqué que chez le Meunier noir le poids des testicules et l'indice somatique testiculaire des individus se trouvant en lacs acides étaient significativement plus élevés ou égaux à ceux notés chez les poissons des lacs à pH presque neutre, tandis que le poids des ovaires de même que l'indice somatique ovarien ne différaient pas de façon significative entre les femelles des deux types de lacs. Il est important de noter que leur étude a été effectuée sur des lacs de morphométrie comparable tandis que nos populations se situaient dans des lacs qui variaient grandement en superficie et en profondeur, ce qui pourrait faire varier les relations. Il nous est toutefois impossible d'expliquer pourquoi l'indice gonadosomatique et le poids des gonades chez les mâles augmentent avec une augmentation de la profondeur et pourquoi l'augmentation des PUE en Mulet perlé a le même effet sur l'indice gonadosomatique des femelles. Il demeure que l'interprétation des modèles obtenus est difficile et doit être faite avec prudence car la présence d'une variable indépendante dans un modèle peut être due à sa forte corrélation avec une autre variable qui n'a pas été mesurée.

L'utilisation de l'indice gonadosomatique et du poids moyen des gonades peut être qualifiée de redondante car ces paramètres estiment tous deux l'importance des gonades, quoique le calcul

des paramètres se fait différemment. Dans le cas des mâles par exemple, nous avons observé une forte colinéarité entre ces deux variables ($r = 0.98$; $p < 0.001$).

2.6 Conclusion

L'utilisation des modèles empiriques a révélé qu'il était possible de prédire la variation inter-populations des paramètres de la structure des populations du Meunier noir. Il semble que seuls Trippel et Harvey (1987) aient tenté de décrire ou d'expliquer les variations du cycle vital chez le Meunier noir. Toutefois leur analyse s'est limitée à la corrélation simple (coefficients de corrélation (r) de Pearson) et ils n'ont étudié que des paramètres reliés à l'abondance et à la croissance. Notre étude se distingue par l'utilisation de la régression linéaire multiple qui permet de générer des modèles de prédictions. De plus, outre les variables reliées à l'abondance et à la croissance, nous avons réussi à prédire et à expliquer les variations de paramètres liés à la reproduction, à la mortalité et au rapport des sexes.

Du point de vue pratique, ces modèles pourraient servir à connaître l'état d'une population de Meunier noir sans avoir à effectuer un échantillonnage long et coûteux. Ces modèles seraient utiles, entre autres, dans un programme de contrôle des espèces introduites comme le Meunier noir. Évaluer rapidement l'abondance et les paramètres biologiques d'une population de Meunier pourrait permettre aux gestionnaires d'appliquer les méthodes de contrôle en fonction des caractéristiques de cette population.

Du point de vue théorique, il a été démontré de façon claire que les variables biotiques autant qu'abiotiques ont une influence sur la structure des populations de Meunier noir et peuvent contribuer à prédire les variations des paramètres du cycle vital. Nos résultats peuvent servir de base pour l'élaboration de modèles conceptuels visant à expliquer la variation des paramètres étudiés et pour étayer des hypothèses qui pourront être testées ultérieurement.

2.7 Remerciements

Nous remercions J.-L. Benoit, N. Dubois, D. Dumont, N. Gélinas, N. Godbout, P. Hamel, S. Lacasse, P. Laurendeau et N. Novak pour leur assistance très appréciée sur le terrain et en laboratoire. Nous tenons également à remercier particulièrement P. East et M. Lapointe, professionnels de recherche, pour leur aide précieuse à plusieurs niveaux de cette recherche. Nos remerciements vont aussi à tous les techniciens et biologistes du ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche (MLCP) pour leur support logistique. Ce projet a été rendu possible grâce à l'appui financier principal du MLCP et aussi du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada.

2.8 Références

- Bagenal, T. 1979. Methods of assesment of fish production in fresh waters. 3rd ed. IBP Hanbook No3. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 365 p.
- Beamish, R. J. 1973. Determination of age and growth of the white sucker, (*Catostomus commersoni*) exhibiting a wide range in size at maturity. J. Fish. Res. Board Can. 30:607-616.
- Beamish, R. J. 1974. Growth and survival of white suckers (*Catostomus commersoni*) in an acidified lake. J. Fish. Res. Board Can. 31: 49-54.
- Beamish, R. J., and H. H. Harvey. 1969. Age determination in the white sucker. J. Fish. Res. Board Can. 26: 633-638.
- Bobée, B., Y. Grimard, M. Lachance et A. Tessier. 1982. Nature et étendue de l'acidification des lacs du Québec. INRS-Eau, rapport scientifique no 140, 243 ., 3 annexes.
- Boisclair, D., and W. C. Leggett. 1989. Among-population variability of fish growth: II. Influence of fish prey type. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46: 468-482.

- Chalanchuk, S. M. 1984. Aging a population of the white sucker, *Catostomus commersoni*, by the fin-ray method. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1321: iv + 16 p.
- Chalanchuk, S. M. 1985. Recruitment, growth, and condition of the population of the white sucker, *Catostomus commersoni*, in the Lake 223, an experimentally acidified lake. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1396: iv + 18 p.
- Christie, G. C., and H. A. Regier. 1988. Measures of optimal thermal habitat and their relationship to yields for four commercial fish species. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45: 301-314.
- Cincotta, D. A., and J. R. Stauffer, Jr. 1984. Temperature preference and avoidance studies of six North American freshwater fish species. Hydrobiologia 109: 173-177.
- Cooper, D. W. 1968. The significance level in multiple tests made simultaneously. Heredity 23: 614-617.
- Cormier, D. 1987. Etude de l'âge, de la croissance en longueur et des caractéristiques de la population de meuniers noirs (*Catostomus commersoni utawana*) du lac Chaudière ZEC Chapais, Québec: Recommandations concernant le contrôle de cette population. Université du Québec à Rimouski. Pour le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec. Rapp. Tech. 22 p.
- Coutant, C. C. 1977. Compilation of temperature preference data. J. Fish. Res. Board Can. 34: 739-745.
- Fortin, R. 1967. Recherches sur la croissance en longueur, la croissance en poids, la reproduction, la mortalité et la dynamique de la population de *Catostomus commersoni*, du lac L'Assomption. Mémoire de maîtrise. Univ. Montréal, 83 p.
- Fowden, W. M. M. 1980. A study of the age and growth of suckers in Wyoming reservoirs. Master thesis, University of Wyoming. USA. 99 p.
- France, R. L., and R. H. Peters. 1992. Temporal variance function for total phosphorus concentration. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 975-977.

- Godbout, L., and R. H. Peters. 1988. Potential determinants of stable catch in the brook trout (*Salvelinus fontinalis*) sport fishery in Québec. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 1771-1778.
- Hamley, J.M. 1980. Sampling with gillnets, p.37-53. In Backiel, T. and R.L. Welcomes eds. Guidelines for sampling fish in inland waters. *EIFAC Tech. Pap.* 33. 176 p.
- Hanson, J. M., and W. C. Leggett. 1982. Empirical prediction of fish biomass and yield. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 257-263.
- Jensen, J. W. 1986. Gillnet selectivity and the efficiency of alternative combinations of mesh sizes for some freshwater fish. *J. Fish Biol.* 28: 637-646
- Johnson, M. G. 1974. Production and productivity, p. 46-64. In R. O. Brinkhurst [ed.] *The benthos of lakes.* MacMillen Press, London.
- Krebs, J. R., and N. B. Davis. 1978. *Behavioural Ecology. An evolutionary approach.* J. R. Krebs and N. B. Davis [ed.]. Blackwell scientific publications.
- Lacasse, S., and P. Magnan. 1992. Biotic and abiotic determinants of the diet of brook trout, *Salvelinus fontinalis*, in lakes of the Laurentian Shield. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 1001-1009.
- Lalancette, L.-M. 1973. Studies on the growth, reproduction, and diet of the white sucker, *Catostomus commersoni* (Lacépède), of Gamelin Lake, Chicoutimi, Québec. Doctoral thesis, University of Waterloo, Waterloo, Canada.
- Larsen, W. A., and S. J. McCleary. 1972. The use of partial residual plots in regression analysis. *Technometrics* 14: 781-790.
- Lee, R. M. and S. D. Gerking. 1977. Sensitivity of fish eggs to acid stress. *Water Res.* 11: 621-626.
- Magnan, P. 1988. Interactions between brook charr, *Salvelinus fontinalis*, and non-salmonid species; ecological shift, morphological shift and their effect on zooplankton communities. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 999-1009.
- Marshall, T. R., and P. A. Ryan. 1987. Abundance patterns and community attributes of fishes relatives to environmental gradients. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44(Suppl.2): 198-215.

- Matuszek, J. E., and G. L. Beggs. 1988. Fish species richness in relation to lake area, pH, and other abiotic factors in Ontario lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 1931-1941.
- Missouri Department of Conservation. Division of Fisheries. 1989. Fisheries Analysis Tool. P.O. Box 180. Jefferson City, Missouri 65102-0180. USA. 396 p.
- Moyle, A. E., and J. J. Cech. 1982. Fishes: an introduction to ichthyology. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs (N.J.). 593 pp.
- Munkittrick, K. R., and D. G. Dixon. 1989. Use of white suckers (*Catostomus commersoni*) populations to assess the health of aquatic ecosystems exposed to low-level contaminant stress. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46: 1455-1462.
- Oglesby, R. T. 1977. Relationships of fish yield to lake phytoplankton standing crop, production, and morphoedaphic factors. *J. Fish. Res. Board Can.* 34: 2271-2279.
- Packard, G. C., and T. J. Boardman. 1987. The misuse of ratio to scale physiological data that vary allometrically with body size. Pages 216-239 in M. E. Feder, A. F. Bennett, W. W. Burggren, and R. B. Huey, eds. *New directions in ecological physiology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Pinel-Alloul, B., G. Méthot, G. Verreault, and Y. Vigneault. 1990. Zooplankton species associations in Quebec lakes: variation with abiotic factors, including natural and anthropogenic acidification. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47: 110-121.
- Peters, R. H. 1986. The role of prediction in limnology. *Limnol. Oceanogr.* 31: 1143-1159.
- Potts, G. W., and R. J. Wootton. 1983. Fish reproduction. Strategies and tactics. Academic press. Montréal. 410 p.
- Quinn S. P., and M. R. Ross. 1982. Annulus formation by white sucker and the reliability of pectoral fin rays for ageing them. *N. Am. J. Fish. Man.* 2:204-208.
- Rasmussen, J. B. 1988. Littoral zoobenthic biomass in lakes, and its relationship to physical, chemical, and trophic factors. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 1436-1447.
- Rasmussen, J. B., and J. Kalff. 1987. Empirical models for zoobenthic biomass in lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44: 990-1001.

- Ricker, W.E., 1980, Calcul et interprétation des statistiques biologiques des populations de poissons. Bull. Fish. Res. Board Can. 191F: 409 p.
- Rodriguez, M. A., and P. Magnan. 1993. Community structure of lacustrine macrobenthos: do taxon-based and size-based approaches yield similar insights? Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50: 800-815.
- Rodriguez, M. A., P. Magnan, and S. Lacasse. 1993. Fish species composition and lake abiotic variables in relation to the abundance and size structure of cladoceran zooplankton. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50: 638-647.
- Ryan, P. M., and H. H. Harvey. 1977. Growth of the rock bass, *Ambloplites rupestris*, in relation to the morphoedaphic index as an indicator of an environmental stress. J. Fish. Res. Board Can. 34: 2079-2088.
- Ryder, R. A. 1965. A method for estimating the potential fish production of north-temperate lakes. Trans. Am. Fish. Soc. 94: 214-218.
- Ryder, R. A., S. R. Kerr, K. H. Loftus, and H. A. Regier. 1974. The morphoedaphic index, a fish yield estimator - review and evaluation. J. Fish. Res. Board Can. 31: 663-688.222
- Sayer, M. D. J., J. P. Reader et T. R. K. Dalzier. 1993. Freshwater acidification: effects on the early life stages of fish. Reviews in the fish biology and fisheries. 3: 95-132.
- Schindler, D. W. 1975. Whole-lake eutrophication experiments with phosphorus, nitrogen, and carbon. Verh. Int. Ver. Limnol. 19: 3221-3231
- Schlesinger, D. A., and H. A. Regier. 1983. Relationship between environmental temperature and yields of subarctic and temperate zone fish species. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40: 1829-1837.
- Spoor, H. 1939. Age and growth of the sucker, *Catostomus commersoni* (Lacépède), in Muskellunge Lake, Vilas County, Wisconsin. Trans. Wisc. Acad. Sci. 31: 457-505.
- Stearns, S. C. 1992. The evolution of life histories. Oxford University Press, New York. 249 p.

- Tabachnik, B. G., and L. S. Fidell. 1983. Using multivariate statistics. Harper and Row Publishers, New York, NY. 509 p.
- Taylor, W. W., M. A. Smale, and M.H. Freeberg. 1987. Biotic and abiotic determinants of lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) recruitment in northeastern Lake Michigan. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44(Suppl.2): 313-323.
- Tremblay, S., and P. Magnan. 1991. Interactions between distantly related species, brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and white sucker (*Catostomus commersoni*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48: 857-867.
- Trippel, E. A., and H. H. Harvey. 1987a. Abundance, growth, and food supply of the white sucker (*Catostomus commersoni*) in relation to the lake morphometry and pH. Can. J. Zool. 65: 558-564.
- 1987b. Reproductive responses of five white sucker (*Catostomus commersoni*) populations in relation to lake acidity. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 1018-1023.
1991. Comparison of methods used to estimate age and length of fishes at sexual maturity using populations of white sucker (*Catostomus commersoni*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48: 1446-1459.
- Verdon, R. 1976. Croissance et dynamique de la population du meunier noir *Catostomus commersoni* (Lacépède) du lac Croche, dans les Laurentides. Mémoire de maîtrise, Univ. Montréal. 105 p.
- Wetzel, R. G. 1983. Limnology. New-York, Saunders College Publishing. 2nd edition. 767 p.
- Werner, E. E., G. G. Mittelbach, D. J. Hall, and J. F. Gilliam. 1983. Experimental tests of optimal habitat in fish: the role of relative habitat profitability. Ecology 64: 1525-1539.

CHAPITRE 2

Variations dans le cycle vital du Meunier noir,

Catostomus commersoni,

en fonction du climat

3.1 Résumé

Nous avons utilisé des données provenant de la littérature et de nos travaux pour vérifier s'il existait une variation nord-sud au niveau des paramètres du cycle vital du Meunier noir, *Catostomus commersoni*. Quatre descripteurs du climat ont été utilisés pour prédire ces variations dans les paramètres du cycle vital: (1) la latitude, (2) la température annuelle moyenne associée à chacun des lacs, (3) la classification des climats de Litynski (1984) et (4) l'importance des précipitations combinée à l'indice de continentalité, tels que définis par Litynski (1984). La latitude et la température annuelle moyenne de l'air associée à chacun des lacs n'ont pas permis d'expliquer efficacement les variations des paramètres du cycle vital du Meunier. Cependant, en subdivisant les populations étudiées en fonction des climats subpolaire (45° - 58° N) et modéré (36° - 45° N), tels que définis par Litynski (1984), nous avons observé qu'il y avait une relation significative entre ces entités climatiques et les variations dans la croissance, ainsi que dans la longueur et l'âge à maturité du Meunier noir. Une analyse tenant compte de l'importance des précipitations et de l'indice de continentalité a également permis d'identifier des relations significatives entre ces descripteurs du climat et les mêmes paramètres du cycle vital. Ainsi, la longévité et l'âge à maturité sont plus élevés chez les populations du nord, tandis que les populations se retrouvant plus au sud ont une croissance en longueur et une longueur à maturité plus élevées. Nos résultats indiquent que le regroupement des populations en unités climatiques fonctionnelles offre une meilleure résolution que la latitude ou la température moyenne annuelle, qui sont couramment utilisées pour l'étude des stratégies du cycle vital chez les ectothermes. Nos résultats suggèrent également que la longueur de la saison de croissance est le principal facteur qui règle les variations du cycle vital des populations lacustres du Meunier noir, suivant une tendance nord-sud.

3.2 Introduction

Les changements saisonniers des conditions du milieu varient grandement en fonction de la latitude, et pour les ectothermes, un paramètre écologique critique qui varie de façon saisonnière est la température (Conover 1992). En réponse aux conditions environnementales, les animaux développent différentes stratégies qui leur permettent de perpétuer leurs gènes (Wootton 1984). Toute stratégie est caractérisée par une série de tactiques supposément adaptées aux différentes conditions environnementales. Les variations du cycle vital ont été rapportées chez les oiseaux, les lézards, les mammifères et les invertébrés benthiques, et elles sont considérées comme étant des réponses adaptatives aux conditions du milieu (Carscadden et Leggett 1975). Les poissons montrent aussi une grande plasticité en réponse aux changements environnementaux (Carscadden et Leggett 1975; Leggett et Carscadden 1978; Morin *et al.* 1982; Mann *et al.* 1984; L'Abée-Lund *et al.* 1989; Venne et Magnan 1989; Fleming et Gross 1990; Vollestad et L'Abée-Lund 1990). Les variations du cycle vital des organismes sont souvent fonction d'un gradient latitudinal. Un des gradient latitudinal de température parmi les plus abrupts au monde se retrouve le long de la côte est de l'Amérique du nord (Conover 1992). L'étude des variations géographiques chez les espèces d'eau douce est cependant difficile à cause de la grande capacité qu'auraient plusieurs espèces pour des modifications non génétiques du phénotype (L'Abée-Lund *et al.* 1989). Cependant, la variabilité génétique suivant un gradient latitudinal a déjà été démontrée.

En général, les auteurs ont observé en fonction d'une augmentation de la latitude 1) une diminution du taux de croissance (L'Abée-Lund *et al.* 1989; Morin *et al.* 1982; Venne et Magnan 1989; Vollestad et L'Abée-Lund 1990), 2) une augmentation de l'âge à maturité (Morin *et al.* 1982; L'Abée-Lund *et al.* 1989; Venne et Magnan 1989), 3) une augmentation de la longévité (Venne et Magnan 1989), 4) une augmentation de la fréquence de reproduction (Leggett et Carscadden 1978), 5) une diminution du nombre d'oeufs produits (Leggett et Carscadden 1978; Morin *et al.* 1982; Venne et Magnan 1989; Vollestad et L'Abée-Lund 1990) et 6) une augmentation de la taille des oeufs (Venne et Magnan 1989; Vollestad et L'Abée-Lund 1990).

Différentes hypothèses ont été suggérées pour tenter d'expliquer les variations latitudinales des paramètres du cycle vital des populations. Premièrement, Stearns et Crondall (1984) ont proposé que les organismes se retrouvant dans un milieu où ils ne peuvent éviter les stress qui entraînent un ralentissement de la croissance somatique, vont répondre en altérant l'âge et la taille à maturité, altération qui a pour but de minimiser la réduction du "fitness". Cette hypothèse est supportée par les travaux de Morin *et al.* (1982), qui suggèrent également que dans les milieux où la saison de croissance est plus courte, la réduction de la fécondité peut être une adaptation pour assurer une allocation adéquate de l'énergie, pour le maintien et la croissance de l'animal à partir d'un budget d'énergie restreint. Les populations plus nordiques sacrifieraient donc le nombre d'oeufs au profit de la taille de ces derniers. La réduction de la fécondité pourrait être compensée par une augmentation de la longévité, par l'entremise d'un plus grand nombre de cycles de maturation. Deuxièmement, L'Abée-Lund *et al.* (1989) ont suggéré que parmi les populations anadromes, les facteurs température et photopériode (qui varient avec la latitude) sont connus pour influencer le taux de croissance et peuvent, par conséquent, influencer indirectement les caractéristiques du cycle vital comme l'âge de la smoltification, l'âge à maturité et la proportion de poissons qui frayent à nouveau. Un autre facteur connu, qui influence la fécondité et l'âge à maturité, est la qualité et la quantité de nourriture disponible (Leggett et Carscadden, 1978).

Jusqu'à présent, l'étude des variations du cycle vital des ectothermes a presque toujours été faite en fonction de la latitude, en raison de la relation qui existe entre cette variable et le climat (et plus spécifiquement la température). Cependant, en raison de la position des différents systèmes climatiques, cette relation n'est pas toujours linéaire (Litynski 1984), pouvant ainsi entraîner des biais dans l'analyse des corrélations entre les traits du cycle vital et la latitude. Ces biais seraient particulièrement importants lorsque les populations à l'étude se situent sur un faible gradient latitudinal et à l'intérieur de plus d'un système climatique. Litynski (1984) a proposé une classification numérique qui permet de distinguer les différents climats du monde à partir de trois paramètres (la température moyenne annuelle, la somme annuelle des précipitations, ainsi que l'indice de continentalité). L'objectif de cette étude a été de comparer l'utilisation de quatre

descripteurs du climat pour l'analyse des variations du cycle vital chez les ectothermes: (1) la latitude, (2) la température annuelle moyenne associée à chacun des lacs, (3) la classification des climats de Litynski (1984) et (4) l'importance des précipitations combinée à l'indice de continentalité, tels que définis par Litynski (1984). Notre étude a été effectuée à partir de 18 populations de Meunier noir, *Catostomus commersoni*, provenant du bouclier laurentien (Québec, Canada) et de 44 autres populations recensées dans la littérature.

Le Meunier noir est largement répandu en Amérique du nord. Au Canada, on le retrouve de la Colombie-Britannique jusqu'au Labrador et la limite septentrionale de sa distribution se situe à l'Ungava à l'est et au Yukon à l'ouest (Scott et Crossman 1974). Au États-Unis, le Meunier noir est répandu du Montana à la côte est et la limite sud est l'extrême nord des états du Golfe du Mexique (Scott et Crossman 1974). Comme cette espèce montre une grande plasticité au niveau des différents paramètres de la structure de population, comme la longévité (7-23 ans), la taille maximale (350-569 mm), l'âge à maturité (2-10 ans) ou la fécondité (2000-140 000 oeufs), elle représente un bon modèle pour l'étude de la variation des paramètres du cycle vital en fonction du climat.

3.3 Matériel et méthodes

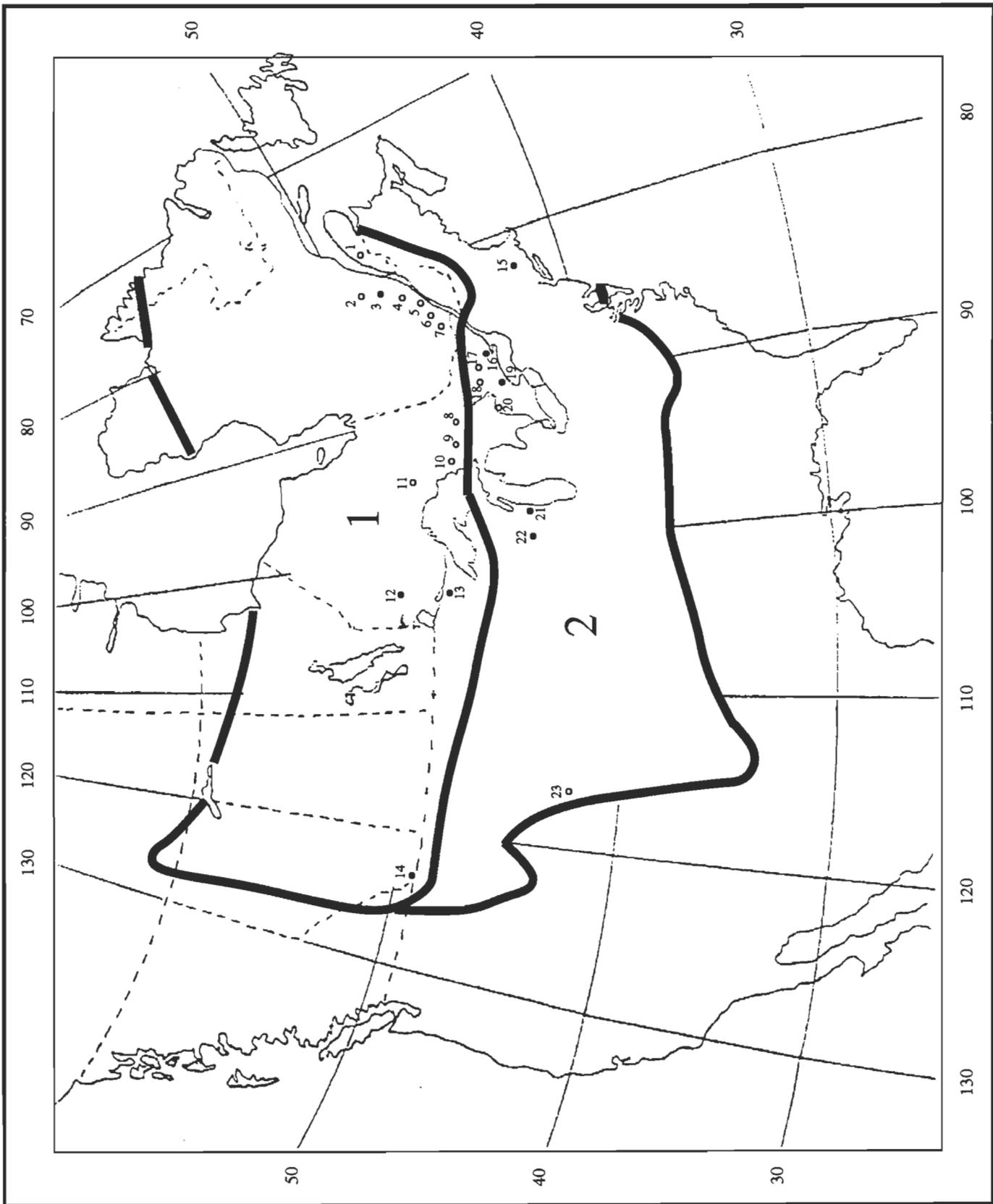
Cette étude a été réalisée en utilisant deux séries de données. La première série est composée de données provenant de la littérature et représente 44 populations de Meunier noir, toutes localisées en Amérique du Nord, au nord du 42e parallèle et à l'est du 113e méridien alors que la deuxième série provient de données recueillies sur le terrain. La figure 1 présente la répartition géographique des lacs recensés.

3.3.1 Données provenant de la littérature

La littérature présente quelques études concernant des populations naines de Meunier noir. Toutefois, seulement les populations dites "normales" ont été considérées. Les données de longévité, de croissance, de taille et d'âge à maturité proviennent des études suivantes: Beamish

Figure 1: Localisation des populations de Meunier noir recensées. Climat subpolaire (1), climat modéré (2). (●) une seule population, (○) plusieurs populations.

- | | |
|--|--|
| <p>1 Lac Blanc, Qc
Lac Dépot, Qc
(cette étude)</p> <p>2 Lac Claudette, Qc
Lac Villeneuve, Qc
(cette étude)</p> <p>3 Lac Gamelin, Qc
(Lalancette, 1976)</p> <p>4 Lac Martel, Qc
Lac Trampe, Qc
(cette étude)</p> <p>5 Lac Brisé, Qc
Grand lac des Iles, Qc
Lac Grignon, Qc
Lac de la Joie, Qc
Lac Mastigou, Qc
Lac Montour, Qc
Lac Pimbina, Qc
Lac Plouf, Qc
Lac Sauterelle, Qc
Lac Vert, Qc
(cette étude)</p> <p>6 Lac Croche, Qc
(Verdon 1976)
Lac Cirier, Qc
Lac Jacques, Qc
(cette étude)
Lac L'Assomption, Qc
(Fortin 1967)</p> <p>7 Lac Cutaway, Qc
Lac Archie, Qc
Lac Wester, Qc
(Dumont 1981)</p> <p>8 Lac George, Ont
(Beamish 1973)
(Trippel et Harvey 1987)
Lac Lumsden, Ont
(Beamish 1973)</p> <p>9 Lac Brigland, Ont
Lac Franklin, Ont
(Beamish 1973)</p> <p>10 Lac Turkey, Ont
Lac Little Turkey, Ont
Lac Wishart, Ont
(Kelso 1988)</p> | <p>11 Lac Manitouwadge, Ont
Lac Loken, Ont
(Munkittrick et Dixon 1989)</p> <p>12 Lac 223, Ont
(Chalanchuk 1985)</p> <p>13 Lac Vermillion, Min
(Carlander et Hiner 1943)</p> <p>14 Lac Paine, Alb
(Barton 1980)</p> <p>15 Lac Warnel, Mass
(Quinn et Ross 1982)</p> <p>16 Lac Wadsworth, Ont
(Beamish 1973)</p> <p>17 Lac Chub, Ont
Lac Red Chalk, Ont
(Trippel et Harvey 1989)
Lac Jack, Ont
(Corbett et Powles 1983)
Lac Boulter, Ont
(Beamish 1973)</p> <p>18 Lac Crosson, Ont
Lac Bigwind, Ont
Lac King, Ont
Lac Gullfeather, Ont
(Trippel et Harvey 1989)</p> <p>19 Lac Simcoe, Ont
(Beamish 1973)</p> <p>20 South Bay (lac Huron, Ont)
South Pine (lac Huron, Ont)
(Beamish 1973)</p> <p>21 Lac Winnebago, Wisc
(Priegel 1976)</p> <p>22 Lac Muskellunge, Wisc
(Spoor 1939)</p> <p>23 Lac Alcova, Wyom
Lac Big Horn, Wyom
Lac Big Sandy, Wyom
Lac Boysen, Wyom
Lac Buffalo Bill, Wyom
Lac deSmet, Wyom
Lac Flaming Gorge, Wyom
Lac Hallie, Wyom
Lac Ocean, Wyom
Lac Seminoe, Wyom
(Fowden III 1980)</p> |
|--|--|



1973; Lalancette 1973; Verdon 1976; Prielgel 1976; Barton 1980; Fowden III 1980; Dumont 1981; Quinn et Ross 1982; Corbett et Powles 1983; Chalanchuk 1985; Kelso 1988; Trippell et Harvey 1987a et b; Munkittrick et Dixon 1989 (Tableau 7). Les données de Spoor (1939), Carlander et Hiner (1943) et Bouchard (1955) proviennent des travaux de Fortin (1967) (Tableau 7). Les données correspondant aux définitions suivantes ont été retenues; longévité: âge du plus vieil individu capturé de la population; croissance: 3 données représentant la croissance ont été retenues, soit: longueur maximale (correspondant à l'individu le plus long de la population), ainsi que les longueurs aux âges 2 et 4 ans (longueur totale ou à la fourche, à la capture ou rétrocalculée, ou estimée à partir d'une courbe de croissance); taille à maturité: classe de taille à laquelle 50% des individus deviennent sexuellement matures, ou bien, taille moyenne des individus matures; âge à maturité: classe d'âge où 50% des individus deviennent sexuellement matures (calculé par différentes méthodes, selon les auteurs). Ces données ont généralement été obtenues directement des tableaux ou des figures présentés par les auteurs.

3.3.2 Données de cette étude

3.3.2.1 Lacs étudiés

L'étude a été effectuée entre le 15 juillet et le 6 septembre 1991, sur 18 lacs (le lac Bigorne a été éliminé des analyses à cause du trop faible nombre de meuniers capturés, soit 27) de la province de Québec (Canada) (Tableau 8). Ces lacs sont distribués sur toute la zone d'exploitation par la pêche sportive de l'Ombre de fontaine, *Salvelinus fontinalis*, au Québec. Le choix des plans d'eau s'est fait en fonction de la superficie et du type de communauté piscicole retrouvé. La superficie des lacs variait entre 8.1 et 500.8 ha, selon cinq classes: 5-25, 26-50, 51-100, 101-200 et 201-500 ha. Idéalement, la communauté piscicole devait se limiter à la présence du Meunier noir et de l'Ombre de fontaine, mais étant donné la difficulté de trouver des lacs ne contenant que ces deux espèces, certains des plans d'eau sélectionnés contenaient une association un peu plus complexe (Tableau 9).

Tableau 7: Paramètres du cycle vital des populations de Meunier noir. Données provenant de la littérature.

Lacs	T°C ^a	Coordonnées		Longueur maximale (mm)	Age maximal	Longueur (mm)		Longueur à maturité (mm)		Age à maturité (mm)	
		N	O			2 ans	4 ans	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle
<u>Climat subpolaire^b</u>											
223	6.1	51	93	470	11	274	387				
Manitouwadge	6.9	49	85								4.1
Loken	6.9	49	85								4.8
Paine	10.3	49	113	420	14	210	290	300	305	5.0	6.0
Gamelin	8.1	48	71		8					3.0	3.0
Vermillon	8.6	48	93	530	14	221	360				
Turkey	nd	47	84		7						
Little Turkey	nd	47	84		8						
Wishart	nd	47	84		6						
Croche	8.8	46	74	450	14	120	220			5.0	6.0
George	10.4	46	81	536	17						
Assomption	8.8	46	74	480	14	94	165	320	320	10.0	10.0
George	10.4	46	81	350	9	270	354	309	348	3.5	4.4
Cutaway	9.8	46	75	440							
Archie	9.8	46	75	410							
Wester	9.8	46	75	380							
Lumsden	10.4	46	81	225	8	100	190				
Brigland	9.5	46	83	350	14	85	135				
Franklin	9.5	46	83	390	13	120	140				
<u>Climat modéré^b</u>											
Crosson	10.4	45	79			240	371	315	345	3.5	4.1
Chub	10.7	45	78			250	339	234	286	1.8	2.8
Red Chalk	10.7	45	78			252	300	224	267	2.3	3.1
Bigwind	10.4	45	79			235	291	146	165	1.3	1.4
King	10.4	45	79		18		327				
Gullfeather	10.4	45	79		17		253				
Jack	10.7	45	78	520	8						
Boulter	10.7	45	78	410	15	175	235				
South Bay	9.4	45	82	440	12	155	260				
South Pine	9.4	45	82	460	9	235	350				
Muskellunge	13.4	44	90	375	14	118	201	218	244	5.0	6.0
Winnebago	12.1	44	88	569	7	325	428	320	330	2.0	2.0
Wadsworth	11.7	44	77	425	8		220				
Simcoe	nd	44	79	520	14		325				
deSmet	14.6	42	106	443	9	196	331				
Alcova	14.6	42	106	423	8	133	274				
BigHorn	14.6	42	106	425	7	191	336				
BigSandy	14.6	42	106	429	12	180	311				
Boysen	14.6	42	106	494	13	148	326				
BuffaloBill	14.6	42	106	406	9	135	290				
FlamingGeorge	14.6	42	106	465	8	165	350				
Ocean	14.6	42	106	390	11	132	296				
Seminole	14.6	42	106	424	11	122	258				
Lake Hallie	14.6	42	106	478	12	128	276				
Warnel	nd	42	72	475	10						

^aTempérature annuelle moyenne de l'air associée à chacun des lacs (tirée de Environnement Canada 1993 ou de Meteorological Office 1980).

^bSelon Litynski (1984).

nd: Non-disponible.

Tableau 8: Paramètres du cycle vital des populations de Meunier noir. Données de cette étude.

Lacs	T°C ^a	Coordonnées		Longueur maximale (mm)	Age maximal	Longueur (mm)		Longueur à maturité (mm)			Age à maturité (mm)		
		N	O			2 ans	4 ans	Mâle	Femelle ^b		Mâle	Femelle ^b	
									N-A	A		N-A	A
<u>Climat subpolaire^c</u>													
Brisé	9.7	46	73	429	13	127	175	207	220	176	6.6	7.3	4.8
Grand Lac des Iles	9.7	46	76	520	17	190	255	197	308	298	3.1	4.7	4.0
Grignon	9.7	46	73	490	9	159	324	171	186	201	3.2	3.5	3.2
de la Joie	9.7	46	73	367	14	105	166	150	159	161	4.4	4.7	4.4
Mastigou	9.7	46	73	395	12	139	198	197	205	187	5.0	5.3	4.3
Montour	9.7	46	73	441	14	156	260	181	209	228	3.4	3.9	3.7
Pimbina	9.7	46	72	445	15	123	167	199			6.7		
Plouf	9.7	46	73	450	16	130	191	137	178	151	3.2	4.5	3.1
Sauterelle	9.7	46	73	450	9	152	247	159	173	148	3.1	3.4	2.2
Vert	9.7	46	73	471	17	136	200	133	154	179	2.9	3.5	3.8
Cirier	8.8	46	74	382	11	153	199	154	145	176	3.1	2.8	3.7
Jacques	8.8	46	74	456	15	97	146	168	159	196	5.9	5.6	5.6
Martel	8.5	47	72	415	16	120	159	128	131	149	3.4	3.5	4.2
Trampe	8.5	47	72	438	23	129	168	168	128	148	5.0	3.0	3.7
Claudette	7.8	48	70	433	12	134	177	216	216	218	7.0	7.0	7.1
Villeneuve	7.8	48	70	450	12	138	203	206	212	218	5.1	5.3	5.3
Blanc	9.7	48	68	510	9	169	294		267	254		4.8	3.7
Dépot	9.7	48	68	485	23	110	171		210	203		6.4	5.9

^aTempérature annuelle moyenne de l'air associée à chacun des lacs (tirée de Environnement Canada 1993 ou de Meteorological Office 1980).

^bLes variables longueur et âge à maturité des femelles représentent des données non-ajustées (N-A) et ajustées (A) en fonction de la date d'échantillonnage.

^cSelon Litynski (1984).

Tableau 9: Espèces capturées lors de l'échantillonnage des différents plans d'eau.

Lac	Espèce											
	Caco	Safo	Seat	Sema	Copl	Pheo	Saal	Sana	Caca	Seco	Lolo	Coco
Réserve Mastigouche												
Brisé	X	X	X									
Grand lac des Iles	X	X	X			X						
Grignon	X	X		X								
de la Joie	X	X		X								
Mastigou	X	X		X								
Montour	X	X				X						
Pimbina	X	X	X	X	X							
Plouf	X	X		X								
Sauterelle	X	X		X								
Vert	X	X	X	X								
Région de Montréal												
Cirier	X	X			X							
Jacques	X	X	X									
Région de Québec												
Martel	X	X	X		X							
Trampe	X	X	X		X		X	X	X	X		
Région du Saguenay-Lac-Saint-Jean												
Claudette	X	X										
Villeneuve	X	X										
Région du Bas-Saint-Laurent-Gaspésie												
Blanc	X	X			X							
Dépot	X	X			X						X	X

Caco: Meunier noir, *Catostomus commersoni*Safo: Omble de fontaine, *Salvelinus fontinalis*Seat: Mulet à cornes, *Semotilus atromaculatus*Sema: Mulet perlé, *Semotilus margarita*Copl: Méné de lac, *Couesius plumbeus*Pheo: Ventre rouge du nord, *Phoxinus eos*Saal: Omble chevalier *Salvelinus alpinus*Sana: Touladi, *Salvelinus namaycush*Caca: Meunier rouge, *Catostomus catostomus*Seco: Ouitouche, *Semotilus corporalis*Lolo: Lotte, *Lota lota*Coco: Chabot visqueux, *Cottus cognatus*

3.3.2.2 Echantillonnage

Les populations ont été échantillonnées à l'aide de filets maillants expérimentaux (monofilament) de 67.5 m x 1.8 m de hauteur qui possédaient neuf panneaux de mailles étirées de 20, 24, 33, 36, 50, 60, 76, 90 et 100 mm et dont le diamètre des filaments étaient de 0.13, 0.15, 0.17, 0.17, 0.17, 0.17, 0.20, 0.20 et 0.25 mm respectivement. Une progression géométrique dans la grandeur des mailles réduirait la sélectivité des engins (Bagenal 1979; Hamley 1980; Jensen 1986). Le nombre de filets variait principalement en fonction de la superficie du lac mais aussi en fonction des contraintes logistiques (abondance de poissons, temps limité pour l'échantillonnage). Ainsi, de 4 à 18 filets ont été placés dans chacun des lacs sur une période de temps variant de un à cinq jours. Les filets devaient être posés à partir de la berge et perpendiculairement à la rive en alternant d'un engin à l'autre les petites mailles et les grandes mailles vers le large. Les filets étaient placés de façon équidistante les uns des autres. La profondeur à l'extrémité du filet pouvait varier de 1.5 à 16.0 mètres. Les pêches se faisaient de nuit et la durée variait entre 16 et 24 heures, en englobant toujours la période 18h00 à 9h00.

Pour chacun des meuniers capturés, nous avons mesuré la longueur totale (± 1 mm), le poids total (± 0.1 g), ainsi que le poids du poisson sans les gonades pour en déduire le poids des gonades (± 0.1 g). Le sexe, quand c'était possible, et la maturité (i.e. individu ayant ou non la possibilité physiologique de se reproduire le printemps suivant) étaient déterminés par observation des gonades. De plus, pour un nombre d'au moins 400 meuniers par lac (lorsque l'effectif était suffisant), nous avons prélevé la nageoire pectorale droite pour la détermination de l'âge. Pour les espèces autres que le Meunier noir, nous nous limitons à la mesure de la longueur totale (± 1 mm) et du poids total (± 1 g) de chacun des spécimens.

La technique de détermination de l'âge du Meunier noir a maintes fois été décrite (Beamish et Harvey 1969; Beamish 1973; Quinn et Ross 1982; Chalanchuk 1984; Cormier 1987). D'abord, tout au plus une semaine après leur prélèvement, les nageoires pectorales ont été séchées au four. Les premiers rayons des nageoires furent coulés dans de la résine d'époxy et coupés à l'aide d'une scie rotative au carbone de marque Isomet pour obtenir de 2 à 5 coupes d'une épaisseur de 0.5 mm.

Avant d'être fixées sur une lame de microscope avec de la colle Cytoseal™ 60, les coupes étaient trempées dans du toluène pour les éclaircir. La détermination de l'âge, par le compte des annuli de croissance, s'est faite au microscope par deux lecteurs. Nous avons utilisé la distribution de fréquence de taille comme outil lors de l'exercice préliminaire à la lecture d'âge, pour nous permettre d'acquérir une idée du modèle de dépôt des annuli et de leur configuration. Cette façon de procéder était surtout utile pour localiser le premier annulus qui est souvent très difficile à voir sur les structures des plus vieux poissons. Lorsque les deux lecteurs avaient terminé leurs lectures, les résultats étaient comparés. Une deuxième lecture de la part des deux lecteurs était effectuée pour tous les spécimens où il y avait désaccord sur l'âge. S'il y avait toujours désaccord entre les lecteurs, le spécimen était éliminé de l'échantillon. Pour les poissons de plus de dix ans nous leur accordions la moyenne de tous les âges attribués par les deux lecteurs (exemple: 15-13-14-14 = 14). Les structures d'au moins cent individus par population ont été sélectionnées pour la détermination de l'âge. Tous les spécimens des classes de taille les moins abondantes, c'est-à-dire les poissons les plus courts et les plus longs, ont été sélectionnés. Le sous-échantillon était complété avec un nombre fixe d'individus sélectionnés de façon aléatoire dans les autres classes de taille (à intervalle de classe de 10 mm).

3.3.2.3 Paramètres du cycle vital

La longueur asymptotique (L_{∞}), le taux instantané de croissance (K) et l'âge théorique du poisson (t_0) lorsque la longueur est égale à zéro ont été estimés à partir de l'équation de von Bertalanffy, où $L_t = L_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)})$ (programmée à partir de la procédure Non Linear Regression de SPSS®.4; Statistical Package for Social Sciences) (Tableau 8). Les régressions non-linéaires ont donné des R^2 variant entre 0.906 et 0.998. Pour chaque population, les données utilisées pour déterminer les paramètres de l'équation de von Bertalanffy proviennent d'au moins 83 individus dont les longueurs à chacun des âges ont été rétrocalculées. Le rétrocalcul était essentiel car il permettait de comparer (au niveau de la croissance) des populations qui n'ont pas toutes été échantillonnées à la même date (l'échantillonnage des 18 plans d'eau s'est effectué sur une période

de 52 jours). Le rétrocalcul s'est fait à l'aide d'une table graphique utilisant le logiciel DISBCAL (Missouri Department of Conservation, Fisheries Division. 1989. P. O. Box 180. Jefferson City, Missouri 65102-0180. USA). Les mâles étant trop souvent sous-représentés dans les échantillons servant à déterminer la croissance, il était difficile d'établir une équation distincte, valable pour chacun des sexes. C'est pourquoi l'équation de von Bertalanffy et ses paramètres représentent la croissance des mâles et des femelles réunis. Cette équation a été utilisée pour obtenir les longueurs aux âges 2 et 4 ans. Les âges 2 et 4 ont été sélectionnés pour permettre la comparaison de la croissance avant et après l'atteinte de la maturité. La longueur maximale et l'âge maximal ont aussi été notés. Ces valeurs correspondent respectivement à la taille et à l'âge du plus long et du plus vieil individu de la population (Tableau 8).

Etant donné la possibilité d'une mortalité sélective au niveau des sexes dans les classes d'âge et de taille plus élevées (Spoor 1939; Verdon 1976), nous avons décidé d'établir le rapport des sexes comme étant la moyenne du rapport des sexes des classes de taille (de 20 mm) où le nombre d'individus matures était supérieur à dix (Tableau 8). Les individus immatures n'ont pas été utilisés dans l'établissement du rapport des sexes car il était impossible d'établir visuellement le sexe de ces poissons. Pour les populations des lacs Blanc et Dépôt, aucune des classes de taille n'avait un nombre d'individus matures supérieur à dix. Dans ces cas, nous avons calculé le rapport des sexes à partir de tous les individus matures de la population.

Pour permettre de déterminer la taille à maturité des mâles et des femelles (longueur où 50% des individus deviennent matures), nous avons attribué un rapport des sexes aux individus immatures de chacune des populations correspondant au rapport des sexes des adultes obtenu pour chacune des populations (Tableau 8). La distribution de la maturité présentait, pour chacune des populations, soit une augmentation successive de la proportion de poissons matures avec l'augmentation de la longueur, soit une augmentation non successive de la proportion de poissons matures avec une augmentation de la longueur. Trippel et Harvey (1991) recommandent, lorsque la progression de la maturité correspond à ces deux types de distributions, d'utiliser l'analyse probit pour déterminer la taille à maturité. L'analyse probit (SPSS[®].4, Statistical Package for

Social Sciences) est basée sur une transformation linéaire d'une courbe sigmoïde. Chez les femelles, les longueurs à maturité obtenues pour chacune des populations variaient en fonction de la date d'échantillonnage; nous avons donc calculé une longueur à maturité ajustée à l'aide d'une analyse de la covariance (Packard et Boardman 1987). L'âge à maturité (âge où 50% des individus deviennent matures) a par la suite été extrapolé à partir de l'équation de croissance de von Bertalanffy (Trippel et Harvey 1991). Les longueurs à maturité, telles que déterminées par les méthodes décrites plus haut, ont été insérées dans l'équation de von Bertalanffy comme valeur de "lt", où "t" représentait l'âge à maturité:

$$lt = L_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)}) \quad \text{---->} \quad t = t_0 + \frac{\ln\left(\frac{L_{\infty} - lt}{L_{\infty}}\right)}{-K}$$

La taille et l'âge à maturité observés ainsi que la taille et l'âge à maturité ajustés en fonction de la date ont été utilisés comme deux groupes distincts dans les analyses (Tableau 8).

3.3.3 Classification climatique .

Litynski (1984) a proposé une classification numérique qui permet de distinguer les différents climats du monde selon 3 éléments: la température moyenne annuelle, la somme annuelle de précipitations (Pc), ainsi que l'indice de continentalité (qui décrit la différence entre la saison chaude et la saison froide). Selon cette classification, l'Amérique du Nord possède plusieurs climats différents (Figure 2). Etant donné que c'est essentiellement la température qui peut jouer sur les paramètres du cycle vital, car nous prenons pour acquis que les précipitations et l'indice de continentalité ont moins d'influence, nous n'avons d'abord considéré que cet élément pour distinguer les climats dans lesquels se retrouvent nos populations. En se référant à cette classification, les populations étudiées sont localisées dans deux types de climat (Figure 1), soit le climat subpolaire, où la température moyenne annuelle se situe entre -6.0°C et 4.5°C, et le climat modéré, où la température se situe entre 4.5°C et 14.0°C (Litynski 1984). Le climat subpolaire se situe, en Amérique du Nord, entre le 45e et le 58e parallèle, et le climat modéré, entre le 36e et le

Figure 2

Localisation sommaire des climats
selon la classification numérique de Litynski (1984).

Codes: 1er chiffre: (1) climat subpolaire, (2) climat modéré, (3) climat subtropical; 2e chiffre: (1) climat assez sec, (2) climat avec précipitations modérées, (3) climat assez humide; lettre: (P) climat polaire, (I) climat intermédiaire, (C) climat continental.

45e parallèle. Les populations de Meunier noir ont donc été séparées en deux groupes distincts, permettant ainsi une comparaison au niveau des différents paramètres du cycle vital des populations.

Nous avons aussi vérifié l'influence des précipitations et de l'indice de continentalité sur les variations des paramètres du cycle vital. Les populations de Meunier noir recensées sont localisées dans trois types de climats différents selon leur précipitation moyenne annuelle soit: le climat semi-aride (1; $250 \leq P_c < 450$ mm); le climat modéré (2; $450 \leq P_c < 800$ mm) et le climat assez humide (3; $800 \leq P_c < 1350$ mm). L'indice de continentalité, qui est calculé d'après la formule: $I_c = (1.7 A_T / \sin(\varnothing + 8^\circ)) - 10$ (Litynski 1984) où I_c est l'indice de continentalité (%), A_T est l'amplitude annuelle de température ($^\circ\text{C}$) et \varnothing est la latitude ($^\circ$), se présente sous deux formes pour nos lacs étudiés, soit: intermédiaire (I) ou continental (C). Nous avons effectué des analyses avec ces éléments de la classification numérique de Litynski (1984) pour vérifier l'importance de ceux-ci dans l'explication des variations des paramètres du cycle vital du Meunier noir.

3.3.4 Analyses statistiques

Nous avons comparé le gradient latitudinal, la variation de la température annuelle moyenne de l'air associée aux lacs et la classification climatique de Litynski (1984) pour expliquer les variations du cycle vital des populations chez le Meunier noir. Premièrement, nous avons utilisé la régression linéaire simple pour déterminer s'il y avait une relation significative entre les variables étudiées et la latitude. Deuxièmement, nous avons tenté de relier la température annuelle moyenne de l'air, associée à chacun des lacs, aux différents paramètres du cycle vital du Meunier noir à l'aide, encore une fois, de la régression linéaire simple. Troisièmement, un test de t de Student a servi à comparer les variables des deux groupes de populations représentant les climats subpolaire et modéré.

L'influence des précipitations et de l'indice de continentalité sur les paramètres du cycle vital du Meunier noir a été vérifiée grâce à la régression linéaire multiple pas-à-pas (stepwise; logiciel SPSS[®].4). Les précipitations et l'indice de continentalité ont agi comme variables indépendantes

dans les analyses, sous forme de variables muettes (ou codées). Les précipitations ont été codées de la façon suivante:

Type de précipitation	Code	
	Pr ₁	Pr ₂
Semi-aride (1)	0	0
Modéré (2)	0	1
Assez humide (3)	1	0

Nous avons donné la valeur 0 à l'indice de continentalité "intermédiaire" et la valeur 1 pour l'indice de continentalité "continentale" créant ainsi la variable muette Ic. Dans la procédure pas-à-pas, la variable indépendante qui entre en premier dans un modèle est la plus fortement corrélée à la variable dépendante. Les meilleurs modèles sont ceux qui possèdent les plus hautes valeurs de R² et les plus faibles valeurs d'erreurs associées à ces estimations. Les données de latitude, de température annuelle moyenne associée au lac, de température (selon la classification de Litynski), de précipitations et d'indice de continentalité n'ont pu être insérées ensemble dans les analyses de régression multiple pour prédire les variations du cycle vital du Meunier noir, à cause de la colinéarité qui existe entre ces paramètres.

Les analyses concernant la longueur et l'âge à maturité des femelles ont été effectuées sur deux groupes de données. Dans le premier groupe, les valeurs de longueur et d'âge à maturité attribuées aux populations que nous avons nous-mêmes échantillonnées n'ont pas été ajustées en fonction de la date d'échantillonnage, tandis qu'elles l'ont été dans le deuxième groupe. Cette distinction est importante, parce que ces populations représentent 65% de l'effectif pour les tests sur la longueur à maturité chez les femelles, et 57% de l'effectif pour les tests sur l'âge à maturité. Cet ajustement n'a pas été effectué pour les mâles car nous n'avons pas observé de relation significative entre la date d'échantillonnage et la longueur et l'âge à maturité. Les variables longévité, longueur à 2 ans et âge à maturité des mâles ont subi une transformation log (x) pour obtenir la normalité des données nécessaire dans les analyses. Certains facteurs ont pu causer des biais dans l'analyse des données comme la taille des échantillons (pour certaines variables nous n'avons que six données) et le manque d'uniformité entre les études (i.e. dates et méthodes

d'échantillonnage, méthodes de mesure et de calcul, définitions utilisées pour attribuer une valeur à une variable).

3.4 Résultats

3.4.1 Gradient latitudinal

Les régressions linéaires simples, impliquant les paramètres du cycle vital en fonction de la latitude, n'ont donné qu'une seule relation significative (Tableau 10), soit une augmentation de l'âge à maturité avec une augmentation de la latitude ($R^2 = 16\%$). Ces résultats suggèrent que la latitude ne peut expliquer à elle seule les tendances biogéographiques des variables du cycle vital chez le Meunier noir.

3.4.2 Température annuelle moyenne associée à chacun des lacs

Les régressions linéaires simples entre la température annuelle moyenne de l'air et les paramètres du cycle vital ont fait ressortir trois relations significatives (Tableau 11). Nous observons une diminution de la longévité et une augmentation de la longueur à 4 ans et de l'âge à maturité des femelles en fonction d'une augmentation de la température annuelle moyenne. Toutefois, les R^2 associés à ces modèles sont plutôt faibles, soit 14%, 11% et 16% respectivement. Les résultats obtenus indiquent qu'il est difficile de prédire les variations des paramètres de la structure des populations du Meunier noir à l'aide du seul facteur température annuelle moyenne de l'air associée à chacun des lacs.

3.4.3 Classification des climats de Litynski (1984)

3.4.3.1 Longévité et croissance

L'âge maximal moyen (longévité) pour le climat subpolaire (13.06 ans) est plus élevé que celui observé pour le climat modéré (11.05 ans), mais cette différence n'est pas significative

Tableau 10: Paramètres des régressions linéaires simples entre la latitude et les différentes variables du cycle vital chez le Meunier noir.

Variables	Ordonnée à l'origine	Pente	R ²	Degrés de liberté	p	n
Longévité ^a	0.362	0.0155	0.0585	50	0.0840	52
Longueur maximale	422.379	0.4715	0.0003	46	0.9047	48
Longueur à 2 ans ^a	2.282	-0.0018	0.0007	44	0.8635	46
Longueur à 4 ans	689.187	-9.5184	0.0690	48	0.0655	50
Longueur à maturité						
-Mâles	332.301	-2.7697	0.0092	23	0.6485	25
-Femelles	471.551	-5.4017	0.0277	24	0.4162	26
-Femelles ^b	467.191	-5.2898	0.0292	24	0.4043	26
Age à maturité						
-Mâles ^a	-1.096	0.0369	0.1604	25	0.0384	27
-Femelles	-4.726	0.2042	0.0611	28	0.1880	30
-Femelles ^b	-5.590	0.2184	0.0763	28	0.1395	30

^aAnalyses effectuées sur des données transformées en log (x).

^bGroupe de données où certaines valeurs ont été ajustées en fonction de la date d'échantillonnage.

Tableau 11: Paramètres des régressions linéaires simples entre la température annuelle moyenne de l'air associée à chacun des lacs et les différentes variables du cycle vital chez le Meunier noir.

Variabes	Ordonnée à l'origine	Pente	R ²	Degrés de liberté	p	n
Longévité ^a	1.303	-0.023	0.1434	45	0.0087	47
Longueur maximale	456.468	-1.213	0.0024	44	0.7472	46
Longueur à 2 ans ^a	2.109	0.009	0.0179	44	0.3754	46
Longueur à 4 ans	141.000	11.047	0.1065	47	0.0221	49
Longueur à maturité						
-Mâles	108.994	9.337	0.1197	23	0.0902	25
-Femelles	100.916	11.983	0.1565	24	0.0455	26
-Femelles ^b	114.713	10.773	0.1392	24	0.0605	26
Age à maturité						
-Mâles ^a	0.913	-0.032	0.1365	25	0.0579	27
-Femelles	6.181	-0.155	0.0405	28	0.2863	30
-Femelles ^b	6.206	-0.178	0.0584	28	0.1982	30

^aAnalyses effectuées sur des données transformées en log (x).

^bGroupe de données où certaines valeurs ont été ajustées en fonction de la date d'échantillonnage.

(Tableau 12). Nous avons observé une croissance accélérée chez les meuniers du climat modéré. En effet, les longueurs moyennes aux âges 2 et 4 ans sont significativement moins élevées chez les populations du climat subpolaire que chez celles du climat modéré (Tableau 12). La différence entre les deux climats, au niveau de la longueur maximale, n'est pas significative, mais nous pouvons tout de même observer une tendance à l'effet que les poissons du sud atteignent une longueur plus élevée que les poissons du nord.

3.4.3.2 Reproduction

a) Longueur et âge à maturité chez les mâles. Du point de vue statistique, la longueur à maturité chez les mâles du nord ne diffère pas de la longueur à maturité des mâles du sud (Tableau 12). Cependant, les poissons du climat modéré auraient tendance à atteindre la maturité sexuelle à une longueur plus élevée que les poissons du climat subpolaire. L'âge à maturité des mâles des populations du climat subpolaire est significativement plus élevé que celui des populations du climat tempéré (Tableau 12). En effet, la moyenne de l'âge à maturité chez les populations du climat nordique est de 4.65 ans, tandis qu'elle est de 2.65 pour les populations plus au sud.

b) Longueur et âge à maturité chez les femelles; avec données non-ajustées en fonction de la date d'échantillonnage. Sans que l'on observe une différence significative, la longueur à laquelle 50% des femelles deviennent matures a tendance à être plus élevée chez les populations du climat modéré (Tableau 12). Comme chez les mâles, l'âge à maturité des femelles est significativement plus élevé chez les populations du nord (Tableau 12). La moyenne de l'âge à maturité des populations du climat subpolaire est de 4.89 ans, tandis que la moyenne pour le climat modéré est de 3.23 ans.

c) Longueur et âge à maturité chez les femelles; avec certaines données ajustées en fonction de la date d'échantillonnage. Cette fois, nous observons que la taille à maturité, pour les femelles, est significativement plus élevée chez les populations du sud (Tableau 12). Par contre, l'âge à maturité chez les femelles n'est plus significativement différent entre les deux climats (Tableau 12).

Tableau 12: Paramètres des tests de t de Student pour les comparaisons entre le climat subpolaire (1) et le climat modéré (2) au niveau des différentes variables du cycle vital du Meunier noir.

Variables	n	Moyenne	Ecart type	t	p
Longévité^a					
Climat 1	31	13.065	4.082	1.81	0.076
Climat 2	21	11.048	3.217		
Longueur maximale					
Climat 1	30	436.933	61.656	-1.09	0.282
Climat 2	18	455.333	46.967		
Longueur à 2 ans^a					
Climat 1	27	146.667	48.884	-3.18	0.003
Climat 2	19	198.526	69.580		
Longueur à 4 ans					
Climat 1	27	220.037	71.816	-4.10	0.000
Climat 2	23	298.435	61.583		
Longueur à maturité					
-Mâles					
Climat 1	19	194.737	57.399	-1.73	0.097
Climat 2	6	242.833	65.710		
-Femelles					
Climat 1	20	211.650	65.547	-2.01	0.056
Climat 2	6	272.833	65.027		
-Femelles					
Climat 1 ^b	20	213.200	61.351	-2.06	0.050
Climat 2	6	272.833	65.027		
Age à maturité					
-Mâles ^a					
Climat 1	21	4.648	1.818	3.39	0.002
Climat 2	6	2.650	1.366		
-Femelles					
Climat 1	24	4.896	1.662	2.20	0.037
Climat 2	6	3.233	1.643		
-Femelles					
Climat 1 ^b	24	4.625	1.614	1.88	0.070
Climat 2	6	3.233	1.643		

^aAnalyses effectuées sur des données transformées en log (x).

^bGroupe de données où certaines valeurs ont été ajustées en fonction de la date d'échantillonnage.

Toutefois, nous observons quand même une tendance à l'effet que les populations du nord aient un âge à maturité plus élevé que les populations du sud.

3.4.4 Précipitations et indice de continentalité

L'importance des précipitations combinée à l'indice de continentalité, tels qu'ils ont été définis par Litynski (1984), peuvent permettre d'expliquer une partie de la variation de certains paramètres du cycle vital du Meunier noir (Tableau 13). La longueur maximale, les longueurs à 2 et 4 ans, la longueur à maturité des mâles et l'âge à maturité des mâles ont été prédits significativement par ces paramètres pour des R^2 respectifs de 9.2%, 39.5%, 40.3%, 19.9% et 32.7%.

3.5 Discussion

Les résultats obtenus dans cette étude supportent la théorie du cycle vital qui prédit que la longévité et l'âge à maturité sont plus élevés chez les populations nordiques comparativement aux populations localisées plus au sud, qui ont une croissance et une taille à maturité plus élevées.

Une comparaison de l'efficacité des paramètres utilisés pour décrire et expliquer les variations du cycle vital du Meunier noir indique que l'utilisation du seul gradient latitudinal n'aurait pu permettre d'identifier le patron ci-haut mentionné (Tableau 14). Nous croyons que l'étendue de la latitude où se retrouvent les populations étudiées était trop faible (de 42° à 52° N) pour faire ressortir une relation en fonction de ce gradient. Nous avons cru au départ que la température moyenne annuelle de l'air associée à chacun des lacs aurait permis de décrire efficacement les variations du cycle vital, ce qui n'a pas été le cas (Tableau 14). Bien que quelques relations aient été obtenues, les R^2 associés à ces relations ont été plutôt faibles. Ce paramètre s'est tout de même montré plus efficace que la latitude, démontrant la faiblesse de cette dernière comme déterminant des paramètres du cycle vital, du moins dans cette étude. L'utilisation de la classification de Litynski (1984), basée sur une analyse statistique des conditions climatiques, a

Tableau 13: Meilleurs modèles pour la prédiction de différents paramètres du cycle vital du Meunier noir en fonction de l'indice des précipitations (Pr_1 ; Pr_2) et de l'indice de continentalité (Ic). La probabilité (p) associée à chaque variable indépendante, l'écart-type des coefficients de régression (ET), le R^2 partiel^a associé à chaque variable, le R^2 ajusté, et l'écart-type de l'estimé (E_{xy}) sont aussi indiqués.

Modèle			$p > t$	ET	R^2	R^2 ajt	E_{xy}
Longueur maximale ^b (mm) =					9.2	7.2	54.70
+	436.57		0.0000	7.27			
+	47.53	Pr_2	0.0362	22.02	9.2		
Longueur à 2 ans ^b (mm) =					39.5	36.7	11.79
+	2.21		0.0000	0.02			
+	0.25	Pr_2	0.0000	0.50	33.4		
-	0.10	Ic	0.0107	0.04	6.1		
Longueur à 4 ans (mm) =					40.3	22.2	68.29
+	341.49		0.0000	16.93			
-	72.27	Pr_1	0.0004	18.99	21.1		
-	63.36	Ic	0.0008	17.61	19.2		
Longueur à maturité chez les mâles (mm) =					19.9	16.4	56.43
+	247.50		0.0000	18.48			
-	59.35	Pr_1	0.0254	24.83	19.9		
Age à maturité chez les mâles ^b (année) =					32.7	30.0	16.46
+	0.46		0.0000	0.04			
+	0.22	Ic	0.0018	0.06	32.7		

^aCalculé en multipliant le coefficient de régression standardisé (b') par le coefficient de corrélation (r) entre la variable dépendante et la variable indépendante (Tabachnick et Fidell 1983).

^bAnalyses effectuées sur des données transformées en $\log(x)$.

Tableau 14: Tableau comparatif des paramètres utilisés pour décrire les variations du cycle vital du Meunier noir; X: relation statistiquement significative entre un paramètre du cycle vital et un descripteur du climat.

Paramètres du cycle vital	Latitude	Température annuelle moyenne de l'air	Classification des climats de Litynski	Précipitations et indice de continentalité
Longévité ^a		X		
Longueur maximale				X
Longueur à 2 ans ^a			X	X
Longueur à 4 ans		X	X	X
Longueur à maturité				
-Mâles				X
-Femelles		X		
-Femelles ^b			X	
Age à maturité				
-Mâles ^a	X		X	X
-Femelles			X	
-Femelles ^b				

^aAnalyses effectuées sur des données transformées en log (x).

^bGroupe de données où certaines valeurs ont été ajustées en fonction de la date d'échantillonnage.

quant à elle permis d'établir beaucoup plus efficacement une relation entre le climat et certains traits du cycle vital de l'espèce étudiée et ce, même si les populations recensées se situaient dans un intervalle de latitude relativement faible (Tableau 14). Le regroupement des populations en fonction du climat subpolaire ou modéré permet d'intégrer les influences des précipitations et de l'indice de continentalité (influences qui ont été démontrées par les analyses de régression multiple), ce qui explique peut-être l'efficacité de cette méthode comparativement à la méthode impliquant la température annuelle moyenne de l'air associée à chacun des lacs. Nos résultats suggèrent donc que le regroupement des populations en unités climatiques fonctionnelles offre une meilleure résolution pour l'étude des stratégies et tactiques du cycle vital chez les ectothermes.

La longueur de la saison de croissance serait le principal facteur qui règle les variations du cycle vital des populations lacustres de poissons suivant une tendance nord-sud (cf. Morin *et al.* 1982; Carscadden et Leggett 1975; Venne et Magnan 1989). La diminution de la longueur de la saison de croissance, lorsque l'on monte en latitude, pourrait affecter l'énergie allouée à la croissance, à la maintenance et à la reproduction. La croissance et la reproduction se produisent seulement lorsque la température de l'eau se réchauffe et débutent sensiblement toujours à la même température pour une espèce donnée. Pour les populations plus au nord, ces processus se produisent donc plus tardivement (Conover 1992). La période de croissance se termine également à peu près à la même température mais plus tôt pour les populations se situant plus haut en latitude (Conover 1992). Les populations septentrionales de rivières, vivant dans des environnements hostiles et variables sous le rapport de la température, affectent une plus grande proportion de leurs réserves énergétiques à la maintenance, assurant ainsi une meilleure survie après la fraie (Leggett et Carscadden 1978). Elles accomplissent ceci en diminuant l'énergie affectée aux gonades. Certains auteurs ont proposé que la température de l'eau (Carscadden et Leggett 1975; Leggett et Carscadden 1978; L'Abée-Lund *et al.* 1989) et la photopériode (L'Abée-Lund *et al.* 1989) peuvent influencer la croissance, le développement des oeufs et la survie des larves. Cependant, ces facteurs ont peu d'influence sur les populations lacustres car, dans ces milieux, il y a peu de

circulation d'eau, et la présence d'une couverture de glace en hiver prévient les influences majeures de la température de l'air et de la photopériode (Venne et Magnan 1989).

Nous croyons que la variation nord-sud de l'âge à maturité chez le Meunier noir est associée à la variation nord-sud de la croissance. En effet, le paramètre responsable de l'atteinte de la maturité chez les poissons est la taille plutôt que l'âge (Venne et Magnan 1989). Ainsi, le retard dans l'atteinte de la maturité chez les populations du climat subpolaire peut être expliqué par la croissance relativement faible de ces populations. Par conséquent, une plus longue période de temps serait nécessaire pour atteindre une longueur où le poisson est physiologiquement capable de se reproduire. Le retard dans l'atteinte de la maturité peut toutefois être compensé par une longévité accrue. Les meuniers des populations nordiques ont tendance à vivre plus longtemps que ceux du sud, ce qui augmenterait la fréquence de leur reproduction. Un grand nombre de cycles de maturation, ainsi que des oeufs plus gros, sont des adaptations qui permettraient de compenser pour une fécondité moins élevée chez les populations de poissons du nord (Carscadden et Leggett 1975; Morin *et al.* 1982, Vollestad et L'Abée-Lund 1990). La fécondité et la taille des oeufs du Meunier noir n'ont cependant pas été considérées dans cette étude.

La croissance relativement rapide des meuniers du climat modéré leur permettrait d'atteindre la maturité à un âge moins avancé. Leggett et Carscadden (1978) suggèrent que la maturité précoce chez les poissons du sud peut, en combinaison avec une forte fécondité relative, aider à compenser pour la réduction du nombre de cycles de maturation (réduction relatif à une diminution de la longévité). Selon Mann *et al.* (1982), les populations locales répondent à l'environnement de façon à maximiser leur "fitness", et par conséquent, à maximiser leur habileté à produire un plus grand nombre de progénitures matures. Nos résultats suggèrent que les meuniers du sud, qui proviennent de lacs plus productifs (plus longue saison de croissance), atteignent la maturité à une longueur plus élevée. Il est probable que, dans ce type de lac, les poissons soient déjà plus longs lorsque vient le premier printemps où ils sont physiologiquement capables de se reproduire. Alternativement à cette hypothèse, il est possible que les poissons retardent leur première reproduction dans les milieux plus productifs, adaptation qui permettrait aux femelles de produire

plus d'oeufs, et des oeufs de plus grande taille, de façon à augmenter leur "fitness" (Potts et Wootton 1984).

Les poissons montrent de la plasticité en réponse aux changements environnementaux et par conséquent, ils peuvent s'adapter à une grande variété de situations écologiques (Carscadden et Leggett 1975). Les espèces largement distribuées sont constituées de populations géographiquement distinctes et diffèrent les unes des autres par leur écologie. Dans de tels cas les populations peuvent être ou génétiquement similaires ou isolées (Mann *et al.* 1984). Quoi qu'il en soit, les populations vont répondre aux stress environnementaux de manière à optimiser l'énergie qui est allouée à la croissance, la maintenance et la reproduction, dans le but ultime de contribuer à la perpétuation du génotype et à la survie des générations futures.

3.6 Remerciements

Nous remercions J.-L. Benoit, N. Dubois, D. Dumont, N. Gélinas, N. Godbout, P. Hamel, S. Lacasse, P. Laurendeau et N. Novak pour leur assistance très appréciée sur le terrain et en laboratoire. Nous tenons également à remercier particulièrement P. East et M. Lapointe, professionnels de recherche, pour leur aide précieuse à plusieurs niveaux de cette recherche. Nos remerciements vont aussi à tous les techniciens et biologistes du ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche (MLCP) pour leur support logistique. Ce projet a été rendu possible grâce à l'appui financier principal du MLCP et aussi du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada.

3.7 Références

Bagenal, T. 1979. Methods of assesment of fish production in fresh waters. 3rd ed. IBP Hanbook No3. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 365 p.

- Barton, B. A. 1980. Spawning migration, age and growth, and summer feeding of white and longnose suckers in an irrigation reservoir. *Canadian Field Naturalist* 94: 300-304.
- Beamish, R. J. 1973. Determination of age and growth of the white sucker, (*Catostomus commersoni*) exhibiting a wide range in size at maturity. *J. Fish. Res. Board Can.* 30:607-616.
- Beamish, R. J., and H. H. Harvey. 1969. Age determination in the white sucker. *J. Fish. Res. Board Can.* 26: 633-638.
- Bouchard, P. 1955. Biologie de la Carpe noire (*Catostomus c. commersoni*, Lacépède), du lac Lauzon, canton Rolland, comté de Montcalm, Parc du Mont Trambulant, Qué. Canada. Mémoire de maîtrise. Université de Montréal. 187 p.
- Carlander, K. D. and L. E. Hiner. 1943. Fisheries investigations and management report for Lake Vermillion, St. Louis County. *Minn. Bur. Fish. Res. Invest.*, 54: 1-175.
- Carscadden, J. E., and W. C. Leggett. 1975. Life history variations in populations of American shad, *Alosa sapidissima* (Wilson), spawning in tributaries of the St John River, New Brunswick. *J. Fish Biol.* 7: 595-609.
- Chalanchuk, S. M. 1984. Aging a population of the white sucker, *Catostomus commersoni*, by the fin-ray method. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1321: iv + 16 p.
- Chalanchuk, S. M. 1985. Recruitment, growth, and condition of the population of the white sucker, *Catostomus commersoni*, in the Lake 223, an experimentally acidified lake. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1396: iv + 18 p.
- Conover, D. O. 1992. Seasonality and the scheduling of life history at different latitudes. *J. Fish Biol.* 41: 161-178.
- Corbett, B., and P. M. Powles. 1983. Spawning and early-life ecological phases of the white sucker in Jack lake, Ontario. *Trans. Am. Fish. Soc.* 112: 308-313.
- Cormier, D. 1987. Etude de l'âge, de la croissance en longueur et des caractéristiques de la population de meuniers noirs (*Catostomus commersoni utawana*) du lac Chaudière ZEC Chapais, Québec: Recommandations concernant le contrôle de cette population. Université

- du Québec à Rimouski pour le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec.
Rap. Tech. 22 p.
- Dumont, P. 1981. Densité de peuplement de Meunier noir (*Catostomus commersoni*) dans trois petits lacs de la réserve Papineau-Labelle. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, région de l'Outaouais. 15 p.
- Environnement Canada. 1993. Service de l'environnement atmosphérique Normales climatiques au Canada , 1961-90. Publication du programme climatologique canadien. 157 p.
- Fleming, I. A., and M. R. Gross. 1990. Latitudinal clines: a trade-off between egg number and size in pacific salmon. *Ecology* 7: 1-11.
- Fortin, R. 1967. Recherches sur la croissance en longueur, la croissance en poids, la reproduction, la mortalité et la dynamique de la population de *Catostomus commersoni*, du lac L'Assomption. Mémoire de maîtrise. Univ. Montréal, 83 p.
- Fowden III, W. M. M. 1980. A study of the age and growth of suckers in Wyoming reservoirs. Master thesis, University of Wyoming. USA. 99 p.
- Hamley, J.M. 1980. Sampling with gillnets, p.37-53. In Backiel, T. and R.L. Welcomes eds. Guidelines for sampling fish in inland waters. EIFAC Tech. Rap. 33. 176 p.
- Jensen, J. W. 1986. Gillnet selectivity and the efficiency of alternative combinations of mesh sizes for some freshwater fish. *J. Fish Biol.* 28: 637-646.
- Kelso, J. R. 1988. Fish community structure, biomass, and production in the Turkey Lakes Watershed, Ontario. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45(Suppl.1): 115-120.
- L'Abée-Lund, J. H., B. Jonsson, A. J. Jensen, L. M. Saettem, T. G. Heggberget, B. O. Johnsen, and T. F. Naesje. 1989. Latitudinal variation in life-history characteristics of sea-run migrant brown trout, *Salmo trutta*. *J. Anim. Ecology* 58: 525-542.
- Lalancette, L.-M. 1973. Studies on the growth, reproduction, and diet of the white sucker, *Catostomus commersoni* (Lacépède), of Gamelin Lake, Chicoutimi, Québec. Doctoral thesis, University of Waterloo, Waterloo, Canada.

- Leggett, W. C., and J. E. Carscadden. 1978. Latitudinal variation in reproductive characteristics of American shad (*Alosa sapidissima*): evidence for population specific life history strategies in fish. *J. Fish. Res. Board Can.* 35: 1469-1478.
- Litynski, J. 1984. Classification numérique des climats mondiaux. Organisation météorologique mondiale, Genève. 46 p.
- Mann, R. H. K., C. A. Mills, and D. T. Crisp. 1984. Geographical variation in the life-history tactics of some species of freshwater fish, p. 171-186 in Fish reproduction: strategies and tactics (G. W Potts & R. J. Wootton eds.). Academic Press, Montreal.
- Meteorological Office. 1980. Tables of temperature, relative humidity, precipitation and sunshine for the world. Met. O. 856a. Part. 1. Her Majesty's Station Office, London. 223 p.
- Missouri Department of Conservation. Division of Fisheries. 1989. Fisheries Analysis Tool. P.O. Box 180. Jefferson City, Missouri 65102-0180. USA. 396 p.
- Morin, R., J. J. Dodson, and G. Power. 1982. Life history variations of anadromous cisco (*Coregonus artedii*), lake whitefish (*C. clupeaformis*), and round whitefish (*Prosopium cylindraceum*) populations of eastern James-Hudson Bay. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 958-967.
- Munkittrick, K. R., and D. G. Dixon. 1989. Use of white suckers (*Catostomus commersoni*) populations to assess the health of aquatic ecosystems exposed to low-level contaminant stress. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46: 1455-1462.
- Packard, G. C., and T. J. Boardman. 1987. The misuse of ratio to scale physiological data that vary allometrically with body size. Pages 216-239 in M. E. Feder, A. F. Bennett, W. W. Burggren, and R. B. Huey, eds. *New directions in ecological physiology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Potts, G. W., and R. J. Wootton. 1983. Fish reproduction. Strategies and tactics. Academic press. Montréal. 410 p.
- Priegel, G. R. 1976. Age and growth of white sucker in lake Winnebago. Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters. Tech. Rep. 64: 132-143.

- Quinn S. P., and M. R. Ross. 1982. Annulus formation by white sucker and the reliability of pectoral fin rays for ageing them. *N. Am. J. Fish. Man.* 2:204-208.
- Scott, W. B., and E. J. Crossman. 1974. *Poissons d'eau douce du Canada*. Office Rech. Pêch. Can. Bull. no 184. 1026 p.
- Spoor, H. 1939. Age and growth of the sucker, *Catostomus commersoni* (Lacépède), in Muskellunge Lake, Vilas County, Wisconsin. *Trans. Wisc. Acad. Sci.* 31: 457-505.
- Stearns, S. C., and R. E. Crandall. 1984. Plasticity for age and size at maturity: a life-history response to unavoidable stress, p.13-33 in *Fish reproduction: strategies and tactics* (G. W. Potts & R. J. Wootton, eds.). Academic Press, Montreal.
- Trippel, E. A., and H. H. Harvey. 1987a. Abundance, growth, and food supply of the white sucker (*Catostomus commersoni*) in relation to the lake morphometry and pH. *Can. J. Zool.* 65: 558-564.
- 1987b. Reproductive responses of five white sucker (*Catostomus commersoni*) populations in relation to lake acidity. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44: 1018-1023.
1991. Comparison of methods used to estimate age and length of fishes at sexual maturity using populations of white sucker (*Catostomus commersoni*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48: 1446-1459.
- Venne, H., and P. Magnan. 1989. Life history tactics in landlocked arctic charr (*Salvelinus alpinus*): a working hypothesis. *Physiol. Ecol. Japan, Spec. Vol. 1*: 239-248.
- Verdon, R. 1976. Croissance et dynamique de la population du meunier noir *Catostomus commersoni* (Lacépède) du lac Croche, dans les Laurentides. Mémoire de maîtrise, Univ. Montréal. 105 p.
- Vollestad, L. A., and J. H. L'Abée-Lund. 1990. Geographic variation in life-history of female roach, *Rutilus rutilus* (L.). *J. of Fish Biol.* 37: 853-864.
- Wootton, R. J. 1984. Introduction: Tactics and Strategies in fish reproduction, p. 1-12 in *Fish reproduction: strategies and tactics* (G. W. Potts & R. J. Wootton eds.). Academic Press. Montreal.

4. RÉFÉRENCES DE L'INTRODUCTION GÉNÉRALE

- Beamish, R. J. 1973. Determination of age and growth of the white sucker, (*Catostomus commersoni*) exhibiting a wide range in size at maturity. J. Fish. Res. Board Can. 30:607-616.
- Beauvais, A. 1977. Niches et associations de poissons dans les lacs de la Radissonnie québécoise. Étude effectuée pour le compte de la Société d'énergie de la Baie James. CERSE, Université du Québec à Montréal. Polycopié. 153 p.
- Boisclair, D., and W. C. Leggett. 1989. Among-population variability of fish: II. Influence of prey type. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46: 468-482.
- Bouchard, P., 1955. Biologie de la carpe noire (*Catostomus c. commersoni*, Lacépède), du lac Lauzon, canton Rolland, comté de Montcalm, Parc du Mont Tremblant, Qué. Canada. - Mémoire de maîtrise, Univ. Montréal, 187 p.
- Campbell, R. S. 1935. A study of common sucker, *Catostomus commersoni* (Lacépède), of Waskesiu Lake.- M. A. Thesis, Dep. Biol., Univ. Saskatchewan, Canada. 48 p.
- Carlander, K. D. 1969. Handbook of Freshwater Fisheries Biology (Vol.1). The Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.
- Chabot, J., et N. David. 1986. La majuscule dans la nomenclature biologique. Can. J. Zool. 64: 2072-2073
- Chalanchuk, S. M. 1985. Recruitment, growth, and condition of the population of the white sucker, *Catostomus commersoni*, in the Lake 223, an experimentally acidified lake. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1396: iv + 18 p.
- Deslandes, J. C., S. Guénette, et R. Fortin. 1993. Évolution des communautés de poissons des milieux affectés par l'aménagement du complexe La Grande (Phase I). Synthèse et interprétation des données de 1977 à 1992. Université de Québec à Montréal, Dép. sciences biologiques, Rapport de recherche commanditée. 232 p.

- East, P., and P. Magnan. 1991. Some factors regulating piscivory of brook trout, *Salvelinus fontinalis*, in lakes of the Laurentian Shield. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48: 1735-1743.
- Fortin, R. 1967. Recherches sur la croissance en longueur, la croissance en poids, la reproduction, la mortalité et la dynamique de la population de *Catostomus commersoni*, du lac L'Assomption.- Mémoire de maîtrise. Univ. Montréal, 83 p.
- Geen, G. H., T. G. Northcote, G. F. Hartman, and C. C. Lindsey. 1966. Life histories of two species of catostomid fishes in Sixteenmile Lake, British Columbia, with particular reference to inlet stream spawning. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 19: 113-126.
- Lacasse, S., and P. Magnan. 1992. Biotic and abiotic determinants of the diet of brook trout, *Salvelinus fontinalis*, in lakes of the Laurentian Shield. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 1001-1009.
1993. Distribution post-glacière des poissons dans le bassin hydrographique du fleuve Saint-Laurent; impact des interventions humaines. Université du Québec à Trois-Rivières, pour le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec. Rapport technique. 69 p.
- Lachance, S., and P. Magnan. 1990. Comparative ecology and behavior of domestic, hybrid, and wild strains of brook trout, *Salvelinus fontinalis*, after stocking. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47: 2285-2292.
- Lalancette, L.-M. 1973. Studies on the growth, reproduction, and diet of the white sucker, *Catostomus commersoni* (Lacépède), of Gamelin Lake, Chicoutimi, Québec. Doctoral thesis, University of Waterloo, Waterloo, Canada.
- Litynski, J. 1984. Classification numérique des climats mondiaux. Organisation météorologique mondiale, Genève. 46 p.
- Magnan, P. 1988. Interactions between brook charr, *Salvelinus fontinalis*, and non-salmonid species; ecological shift, morphological shift and their effect on zooplankton communities. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45: 999-1009.
- Magnan, P., P. East et M. Lapointe. 1990. Modes de contrôle des poissons indésirables: revue et analyse critique de la littérature. Université du Québec à Trois-Rivières, pour le ministère du

- Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec et la fondation de la faune du Québec. Rapp. tech. 198 p.
- Magnan, P., P. East et M. Lapointe. 1990. Modes de contrôle des poissons indésirables: proposition finale de recherche. Université du Québec à Trois-Rivières, pour le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec et la fondation de la faune du Québec. Rapp. tech. 26 p.
- Ricker, W.E., 1980. Calcul et interprétation des statistiques biologiques des populations de poissons. Bull. Fish. Res. Board Can. 191F: 409 p.
- Scott, W. B., et E. J. Crossman. 1974. Poissons d'eau douce du Canada. Office Rech. Pêch. Can. Bull. no 184.
- Spoor, H. 1939. Age and growth of the sucker, *Catostomus commersoni* (Lacépède), in Muskellunge Lake, Vilas County, Wisconsin. Trans. Wisc. Acad. Sci. 31: 457-505.
- Tremblay, S., and P. Magnan. 1991. Interactions between distantly related species, brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and white sucker (*Catostomus commersoni*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48: 857-867.
- Trippel, E. A., and H. H. Harvey. 1987. Abundance, growth, and food supply of the white sucker (*Catostomus commersoni*) in relation to the lake morphometry and pH. Can. J. Zool. 65: 558-564.
- Venne, H. 1991. Impact du Meunier noir (*Catostomus commersoni*) sur l'écologie et le comportement des juvéniles de l'année (0+) de l'Ombre de fontaine (*Salvelinus fontinalis*). Mémoire de maîtrise. Université du Québec à Trois-Rivières. Trois-Rivières (Québec). 72 p.
- Verdon, R. 1976. Croissance et dynamique de la population du meunier noir *Catostomus commersoni* (Lacépède) du lac Croche, dans les Laurentides. Mémoire de maîtrise, Univ. Montréal, 105 p.

- Verdon, R., et E. Magnin. 1977a. Croissance en longueur du meunier noir, *Catostomus commersoni* (Lacépède) du Lac Croche dans Les Laurentides, Québec. *Le Naturaliste Canadien* 104:187-195.
- Verdon, R., et E. Magnin. 1977b. Dynamique de la population de meuniers noirs, *Catostomus commersoni commersoni* (Lacépède) du lac Croche dans les Laurentides, Québec. *Le Naturaliste Canadien*, 104: 197-206.
- Vibert, R., et K. F. Lagler. 1961. Pêches continentales, biologie et aménagement. Dunod, Paris. 720 p.

Annexe 1

Structure en âge (%)
des populations de Meunier noir échantillonnées.

Annexe 1: Structure en âge (%) des populations de Meunier noir échantillonnées.

Lacs	Age														N
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14+	
Réserve Mastigouche															
Brisé	10.4	18.8	49.8	5.1	5.5	1.2	1.6	1.1	1.1	2.4	1.4	0.4	0.4		726
Grand Lac															
des Iles	47.5	5.9	16.2	5.8	8.7	7.5	3.6	1.3	3.4						230
Grignon	25.9	14.3	40.4	12.6	0.6	3.1	1.1	0.7			0.3	0.3		0.9	352
de la Joie	12.2	17.6	6.4	21.7	13.3	13.1	9.5	2.8	2.1	0.5	0.2	0.2		0.3	444
Mastigou	15.8	18.6	23.7	18.8	10.6	5.1	2.3	2.2	0.7	1.2	0.1	0.4			2 165
Montour	50.4	28.9	7.1	1.0	0.1	2.8	4.5	0.8		1.0	0.6	0.2	0.5	0.3	900
Pimbina	7.5	21.1	18.9	18.4	16.2	9.0	5.4		0.1	0.1	0.3	0.6	0.1	0.2	1 714
Plouf	21.2	27.5	22.1	13.7	2.2	5.9	3.9	1.8	0.6	0.1		0.3	0.1	0.3	1 030
Sauterelle	25.2	39.3	4.9	4.0	3.0	11.5	4.7	4.2	0.5						214
Vert	3.0	4.6	14.5	34.9	12.7	10.9	6.4	4.6	2.1	0.5	0.4	0.7	0.9	0.5	612
Région de Montréal															
Cirier	4.9	43.5	21.4	11.9	5.6	6.4	3.5	0.9	0.1	0.3	0.2				948
Jacques	37.6	19.5	21.1	9.4	4.3	1.5	2.5	2.2	0.8	0.2	0.2		0.2	0.2	465
Région de Québec															
Martel	11.0	6.4	13.6	28.0	23.0	6.9	2.1	0.4	1.8	2.6	0.8	1.2	0.8	1.0	519
Trampe	1.5	31.2	4.3	11.2	24.9	2.8	4.3	4.2	3.1	3.6	4.5	2.3	1.3	0.8	796
Région du Saguenay-Lac-St-Jean															
Claudette	7.4	24.7	7.7	20.0	0.8	3.9	8.6	8.9	8.6	3.7	3.6	2.1			1 103
Villeneuve	39.8	11.9	15.8	5.5	6.2	8.8	4.7	5.3	1.1	0.2	0.3	0.1			1 805
Région du Bas-St-Laurent-Gaspésie															
Blanc	48.6	25.9	13.2	6.8	1.6	0.7		0.1	0.8			0.1	0.1		729
Dépot	2.0	17.1	4.8	18.5	7.0	16.3	13.7	5.4	2.8	1.5	1.1	1.7	1.2	2.9	915