

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

**INDICE DE VULNÉRABILITÉ À L'EXTINCTION DES POISSONS D'EAU
DOUCE DU QUÉBEC : UNE ANALYSE MULTIVARIÉE DES TRAITS
BIOLOGIQUES, ÉCOLOGIQUES ET BIOGÉOGRAPHIQUES.**

MÉMOIRE DE RECHERCHE

PRÉSENTÉ À

L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI

comme exigence partielle

du programme de maîtrise en gestion de la faune et de ses habitats.

PAR

ARNAUD LÉGER

Septembre 2006

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI
Service de la bibliothèque

Avertissement

La diffusion de ce mémoire ou de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire « *Autorisation de reproduire et de diffuser un rapport, un mémoire ou une thèse* ». En signant ce formulaire, l'auteur concède à l'Université du Québec à Rimouski une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de son travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, l'auteur autorise l'Université du Québec à Rimouski à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de son travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits moraux ni à ses droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, l'auteur conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont il possède un exemplaire.

REMERCIEMENTS ET AVANT-PROPOS

Nous remercions Serge Parent pour sa base de données sur les traits écologiques et les cycles vitaux des espèces de poisson de la biozone du Saint-Laurent. Nous tenons à remercier Alain Caron pour son assistance rapide et efficace sur les analyses statistiques et biogéographiques. Nous remercions aussi Mirabelle Gouat pour son aide dans la compilation des données. Je tiens à remercier personnellement Joëlle Roy pour avoir partagé mes joies et mes déceptions au cours de la réalisation de cette maîtrise et Richard Cloutier pour m'avoir fait confiance jusqu'au bout.

Ce mémoire de recherche est présenté sous la forme d'un mémoire par article. Il comporte deux parties distinctes : la première comprend une introduction et une conclusion d'ordre générale, la seconde développe l'article. Pour éviter toute redondance entre les deux parties et parce que l'article est la pièce maîtresse de cette étude, le résumé et la bibliographie du mémoire ont été placés dans l'article, tels qu'ils doivent être soumis au périodique. Toutes les références de l'introduction générale ont été également citées dans l'article. Cet article sera soumis (en langue anglaise) au Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques (Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences).

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS ET AVANT-PROPOS.....	ii
TABLE DES MATIÈRES	iii
LISTE DES TABLEAUX.....	v
LISTE DES FIGURES.....	vii
LISTE DES ANNEXES.....	xi
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
La productivité.....	6
Le comportement reproducteur	8
Les exigences écologiques	9
Le niveau trophique	9
La répartition géographique	10
Le comportement migratoire	11
Contexte phylogénétique	12
ARTICLE	18
Résumé	19
Abstract.....	20
Introduction	21
Matériel et méthodes.....	23
Sélection des espèces.....	23

Codage des données	24
Régions ichthyogéographiques.....	25
Critères de vulnérabilité	27
Traits des espèces	27
Analyse statistique et comparaison	32
Résultats.....	36
Les régions ichthyogéographiques	36
Analyses multivariées.....	37
Relations entre les traits et les espèces	39
Vulnérabilité et régions ichthyogéographiques	42
Discussion.....	45
Les patrons de vulnérabilité.....	45
Les espèces vulnérables.....	50
Remerciements	55
Bibliographie	56
Tableaux.....	65
Légendes	69
Figures	73
CONCLUSION GÉNÉRALE	79
ANNEXES	81

LISTE DES TABLEAUX

- TABLEAU 1.** Critères, traits des espèces et leurs modalités (ainsi que les numéros auxquels ces critères et ces traits sont associés dans les figures qui suivent) récoltés sur les 98 espèces de poissons d'eau douce du Québec. Le trait « fécondité » est utilisé à la fois pour le critère « productivité » et « comportement reproducteur ». 65
- TABLEAU 2.** Codage de l'Ombre de fontaine, *Salvelinus fontinalis*, pour les trois modalités du trait "niveau trophique" (16) selon l'approche du codage flou. 66
- TABLEAU 3.** Vulnérabilité des 98 espèces de poissons dulcicoles du Québec par région ichthyogéographique (Colonnes A à F). Ces régions ichthyogéographiques sont présentées dans la figure 2. Les cellules grises représentent les régions où l'aire de répartition de l'espèce couvre au moins 25% de la région ou présente plus de 75% de sa superficie dans cette région. Les croix X indiquent les régions où l'espèce est vulnérable. La colonne "Vul" indique le statut de vulnérabilité appliqué aux poissons dulcicoles du Québec par la FAPAQ (<http://www.fapaq.gouv.qc.ca>) : "V" est une espèce, sous-espèce ou population désignée vulnérable, "M" est une espèce, sous-espèce ou population désignée menacée et "S" est une espèce, sous-espèce ou population susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable. La colonne "End" indique les espèces au degré

d'endémisme élevée : "E" désigne une espèce dont plus de 14 % de son aire de répartition se trouve au Québec. La colonne "Dist" indique les espèces de distinction taxonomique élevée ("D") telle que les taxons basaux. 67

TABLEAU 4. Inventaire des espèces appartenant aux trois patrons de vulnérabilité cités dans cette étude. Le patron 1 est caractérisé par des espèces de croissance faible dont la taille, la longévité et la fécondité sont importantes. Elles ne donnent aucun soin parental. Le patron 2 comprend des espèces similaires au patron 1 mais de fécondité plus faible, des oeufs plus gros et des soins parentaux. Elles construisent et gardent un nid ou pondent sous une roche. Le patron 3 est représenté par des espèces très spécialisées au niveau de leur alimentation et des ressources de l'habitat. Elles ont un potentiel de dispersion faible et une aire de répartition restreinte. 68

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1. Représentation dans un plan factoriel à trois dimensions de la spécialisation à l’habitat des espèces de poissons. Chaque axe correspond à un attribut de l’habitat (la profondeur, le substrat et le couvert végétal). Le spectre d’utilisation de l’espèce est défini par le nombre de catégories de l’attribut utilisées par l’espèce. Plus il y a de catégories utilisées par l’espèce, plus le spectre d’utilisation est important et plus l’espèce est généraliste pour cet attribut. La spécialisation à l’habitat est représentée par le produit des trois spectres d’utilisation, matérialisé dans l’espace par un parallélépipède. Plus le volume de ce dernier est important, plus l’espèce est généraliste. Deux exemples illustrent cette méthode, ils correspondent à la spécialisation à l’habitat pour le stade de vie adulte et en lac d’une espèce généraliste, le Meunier noir (*Catostomus commersoni*; grand cube) et d’une espèce spécialiste, le Fouille roche gris (*Percina copelandi*; petit cube)..... 73

FIGURE 2. Carte des régions (en ligne épaisse) et des sous-régions (en ligne mince) ichthyogéographiques de la péninsule québécoise et de la dispersion post-glaciaire des 98 espèces de poissons du Québec. Cette carte a été réalisée sur la base des aires de répartition actuelles des espèces de poissons du Québec et selon

le critère de groupement objectif décrit par Legendre et Legendre (1984). Les flèches représentent la direction du coefficient de dispersion entre deux régions adjacentes. Chaque région est identifiée par une lettre (de A à F) et un chiffre (de 1 à 8). Le nombre entre parenthèses est le nombre d'espèces dont l'aire de répartition couvre au moins 25% de la région ou présente plus de 75% de sa superficie dans cette région..... 74

FIGURE 3. Carte des régions (en ligne épaisse) et des sous-régions (en ligne mince) ichthyogéographiques de l'Amérique du Nord et de la dispersion post-glaciaire des 98 espèces du Québec. Cette carte a été réalisée sur la base des aires de répartition actuelles des espèces de poissons du Québec et selon le critère de groupement objectif décrit par Legendre et Legendre (1984). Les flèches représentent la direction du coefficient de dispersion entre deux régions adjacentes. Chaque région est identifiée par une lettre (de A à G) et un chiffre (de 1 à 4). Le nombre entre parenthèses est le nombre d'espèces dont l'aire de répartition couvre au moins 25% de la région ou présente plus de 75% de sa superficie dans cette région..... 75

FIGURE 4. Ordination des 24 traits biologiques, écologiques et biogéographiques de six analyses de correspondance floue sur le plan factoriel F1xF2 pour les 98 espèces de poissons dulcicoles du Québec. Chaque analyse de correspondance floue fait référence à un des six critères. Le trait « fécondité » est employé dans deux analyses différentes, pour les critères « productivité » et « comportement reproducteur », ce qui explique la présence de deux graphiques pour le même

trait. Les numéros entre parenthèses en haut à droite de chaque graphique correspondent aux numéros des traits dont la nature est précisée à gauche de la figure pour chaque critère ainsi que dans le tableau 1. La distribution des modalités est indiquée par les numéros encadrés (Voir Tableau 1). Les petits cercles vides représentent les 98 espèces. Le ratio de corrélation de chaque trait est indiqué en haut à gauche pour l'axe F2 et en bas à droite pour l'axe F1 76

FIGURE 5. Présentation des groupements d'espèces effectués par critère. Les diagrammes à droite montrent pour chaque critère, la projection des espèces sur le plan factoriel F1xF2 de l'analyse de correspondance. Les ellipses représentent les groupes formés. Les diagrammes au centre montrent la modalité moyenne de chaque trait en fonction des cinq groupements. À chaque symbole correspond un trait particulier. La modalité moyenne des traits pour chaque groupement présentée dans cette figure est une moyenne de la modalité moyenne des espèces (voir Annexe 5) qui composent chaque groupement. Les diagrammes à gauche montrent les résultats du test de comparaison multiple de Tukey par traits et entre chaque groupement. Les barres indiquent les groupements associés par le test..... 77

FIGURE 6. Distribution par région (de A à F) de la moyenne et de l'écart type du rang de vulnérabilité (1 à 5) de chaque groupement d'espèces pour chacun des six critères. Sous chaque diagramme se trouvent à gauche la moyenne générale et son écart-type et à sa droite le type d'analyse de variance utilisé (AN : ANOVA; KW : Test de Kruskal Wallis) et s'il est significatif (S) ou non (NS). Le test de comparaison multiple de Tukey (paramétrique ou non) accompagne les analyses

de variance de probabilité significative. Les traits pleins lient les groupements significativement semblables ($p < 0.05$) et les traits pointillés montrent les tendances fortes ($0,05 < p < 0,15$) observées entre les groupes..... 78

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1. Liste des espèces à risque d'extinction selon trois organismes de conservation : la Société de la faune et des parcs du Québec (FAPAQ), le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) et l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN). Les cellules grises indiquent que l'espèce est classée par l'un ou l'autre de ces trois organismes. Le statut de conservation indiqué dans la cellule grise est définie en bas de l'annexe. Lorsque le statut de conservation est appliqué à une population particulière de l'espèce, celle-ci est indiquée dans la colonne "population". Les espèces dites de statut "Non en péril" et "Données insuffisantes" par le COSEPAC ne sont pas considérées comme des espèces faisant face à un risque d'extinction et sont mentionnées dans cette annexe à titre indicatif.....81

ANNEXE 2. Base de données de l'affinité de chaque espèce de poissons aux 125 modalités regroupées en 24 traits regroupés à leur tour en six critères. Selon l'approche du codage flou, l'affinité d'une espèce donnée pour une modalité donnée est représentée par une cote semi-quantitative allant généralement de 0 à 3, exceptionnellement de 0 à 4 ou 0 à 5. Les numéros des modalités font référence à ceux qui sont présentés dans le tableau 1. La base de données a été divisée en fonction des six critères : la productivité, le comportement

reproducteur, les exigences écologiques, le niveau trophique, la répartition géographique et le comportement migratoire.	82
ANNEXE 3. Données de distribution des poissons en fonction des régions et sous-régions ichthyogéographiques de la péninsule québécoise présentées dans la figure 2. Ces données représentent le pourcentage de présence de chaque espèce dans les différents quadrats qui composent chaque région et sous-région. Ces données de distribution ont été compilées à partir des aires de répartition présentées par Bergeron et Brousseau (1983), Lee et al. (1980) et Scott et Crossman (1974).	89
ANNEXE 4. Données de distribution des poissons en fonction des régions et sous-régions ichthyogéographiques de l'Amérique du Nord présentées dans la figure 3. Ces données représentent le pourcentage de présence de chaque espèce dans les différents quadrats qui composent chaque région et sous-région. Ces données de distribution ont été compilées à partir des aires de répartition présentées par Bergeron et Brousseau (1983), Lee et al. (1980) et Scott et Crossman (1974).	90
ANNEXE 5. Modalité moyenne des 24 traits biologiques, écologiques et biogéographiques des six critères pour chacune des 98 espèces de poissons dulcicoles du Québec. Les numéros affiliés aux différents traits font référence à ceux qui sont présentés dans le Tableau 1. La modalité moyenne est la modalité pour laquelle l'espèce a le plus d'affinité. Les numéros des modalités présentés dans le Tableau 1 font référence aux chiffres des modalités moyennes présentés dans cette annexe. Cependant ces chiffres ne sont pas des entiers, l'affinité d'une	

espèce avec les modalités d'un trait n'étant pas toujours strictement orientée sur une seule modalité. La modalité moyenne des traits pour chaque groupement présentée dans la figure 5 est une moyenne de la modalité moyenne des espèces qui composent chaque groupement.....91

ANNEXE 6. Rang de vulnérabilité des 98 espèces de poissons dulcicoles du Québec pour les six critères. Le chiffre (de 1 à 5), définissant le rang de vulnérabilité, correspond aux numéros des groupements indiqués dans la figure 5. Ces rangs de vulnérabilité ont été définis à partir des groupements d'espèces formés à partir des analyses de correspondance floue et du gradient de vulnérabilité déduit des caractéristiques biologiques, écologiques et biogéographiques de ces groupements.92

ANNEXE 7. Appartenance des 98 espèces de poissons dulcicoles du Québec aux différents groupements établis à partir des six régions ichthyogéographiques de la péninsule Québécoise. Les lettres correspondantes à chaque région ichthyogéographique font référence à celles présentées dans la figure 2. Les groupements correspondent à ceux présentés dans la figure 6. Les "-" indiquent que l'espèce n'est pas présente dans la région et n'appartient donc à aucun groupement.....93

INTRODUCTION GÉNÉRALE

À l'échelle de la planète, les poissons représentent la classe de vertébrés la plus abondante. Environ 25000 espèces ont été décrites jusqu'à présent, ce qui équivaut à environ 60% des espèces connues de vertébrés. Chaque année, environ 100 nouvelles espèces décrites s'ajoutent à la part déjà importante des poissons au sein des vertébrés. Ils vivent dans à peu près tous les habitats aquatiques connus et ont, au cours de leur évolution, développé une variété fascinante de formes et de fonctions (Maitland, 1995). Selon Stiassny (1999), la faune ichthyenne dulcicole représente un quart de la biodiversité mondiale des vertébrés tout en étant confinée dans à peine 0.01% de l'ensemble des milieux aquatiques.

Les poissons ne sont pas seulement le groupe de vertébrés le plus diversifié, ils sont aussi fortement menacés. Entre 1880 et 1990, plus de 20% des espèces de poissons nord-américaines étaient à risque d'extinction dans un futur rapproché (Duncan et Lockwood, 2001). Les causes du déclin des espèces de poissons sont multiples et affectent les poissons de différentes façons. L'accroissement démographique ainsi que le développement industriel exercent une pression de plus en plus forte sur nos écosystèmes aquatiques. Les rejets de polluants, la surpêche, les modifications de l'hydrographie des bassins versants et la destruction de l'habitat sont autant de menaces pour la survie des espèces de poissons. L'effet des contraintes imposées par l'homme sur la communauté biotique semble dépendre

des facteurs intrinsèques aux espèces (Paloheimo et Regier, 1982). Chaque impact que l'homme produit sur l'environnement aquatique a des effets différents sur les poissons suivant leurs caractéristiques intrinsèques. L'étude de la vulnérabilité des espèces de poissons en utilisant des mesures quantitatives de l'environnement, telles que les indicateurs physico-chimiques, comporte certaines limites et n'est pas suffisante pour obtenir un portrait juste de la situation (Rioux et Gagnon, 2000). Les caractéristiques intrinsèques aux espèces de poissons, quant à elles, possèdent un pouvoir d'intégration beaucoup plus grand qui doit permettre l'application d'une méthode systématique pour déterminer la vulnérabilité des espèces de poissons.

Cette méthode est déjà utilisée par différents organismes de recherche pour établir des listes rouges, qui résument le statut de conservation des espèces présentes dans une région donnée. L'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) a établi une liste des espèces menacées au niveau mondial (Red list). Trois espèces de poissons d'eau douce du Québec figurent sur cette liste, soit l'Esturgeon noir (*Acipenser oxyrinchus*), le Dard de sable (*Ammocrypta pellucida*) et le Chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*). Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) est chargé d'attribuer un statut de vulnérabilité aux espèces indigènes du Canada menacées de disparition. Ce comité attribue un statut de vulnérabilité à onze espèces, sous-espèces ou populations de poissons du Québec (Annexe 1). La Société de la faune et des parcs du Québec (FAPAQ; <http://www.fapaq.gouv.qc.ca>) a constitué une liste des espèces désignées menacées ou vulnérables au Québec en vertu de la loi provinciale. Cette liste inclut 18 espèces dont sept sont classées menacées et 11 vulnérables. L'Alose savoureuse, *Alosa sapidissima*, le

Fouille-roche gris, *Percina copelandi* et la population d'Éperlan arc-en-ciel, *Osmerus mordax*, du sud de l'estuaire du Saint-Laurent sont désignés vulnérables tandis qu'une seule espèce de poisson dulcicole est désignée menacée : le Chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*). À cela s'ajoute la liste des espèces de la faune vertébrée susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables qui comprend 67 espèces, sous-espèces ou populations dont 12 sont des poissons dulcicoles du Québec (Annexe 1).

Le Bar rayé (*Morone saxatilis*) a déjà disparu de nos eaux québécoises en 1995 (Parent et Schriml, 1995; Trépanier et Robitaille, 1995) mais il effectue actuellement un retour dans le fleuve Saint-Laurent. La principale cause de son extinction était le dragage de la voie maritime, une pratique qui ne se fait plus aujourd'hui. Cinq espèces de poissons dulcicoles sont considérées comme rares ou très peu communes au Québec : le Chabot des profondeurs (*Myoxocephalus thompsoni*), le Chat-fou liséré (*Noturus insignis*), le Chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*), le Dard de sable (*Ammocrypta pellucida*) et le Fouille-roche gris (*Percina copelandi*) (Bernatchez et Giroux, 2000).

La faune ichthyenne dulcicole du Québec n'échappe pas à la crise actuelle d'extinction des espèces, ce qui justifie le besoin urgent d'identifier toutes les espèces de poissons vulnérables afin de pouvoir entreprendre rapidement des actions de conservation. Au regard de ces problèmes relatifs à la conservation des espèces, le gouvernement du Québec a mis en œuvre de plans d'action nationaux. Leur objectif est l'élaboration de processus d'identification de la vulnérabilité à l'extinction de la faune vertébrée du Québec, permettant par la suite de sélectionner les espèces devant faire l'objet d'un suivi par le Centre de Données sur le Patrimoine Naturel du Québec (CDPNQ;

<http://www.cdpnq.gouv.qc.ca>). La méthode développée dans la présente étude s'inscrit dans cet objectif.

L'essor actuel de la biologie de la conservation a contribué à l'allocation d'efforts importants en matière de prédiction et de surveillance du risque d'extinction des espèces. Idéalement, les méthodes de prédiction nécessitent l'identification des variables d'ordre écologique, biologique ou autre, qui prédisposent certaines espèces à l'extinction, ceci afin d'établir un rang de priorité des espèces potentiellement vulnérables avant même que celles-ci ne soient menacées (Duncan et Lockwood, 2001). Les méthodes de prédiction ont donc l'avantage de nous prévenir des risques et de nous permettre de cibler les actions de conservation.

La présente étude vise à concevoir un indice du risque d'extinction des poissons dulcicoles à l'échelle entière du Québec. L'unité sur laquelle sera basée cette analyse est du niveau de l'espèce. L'espèce est le niveau taxonomique de référence autant pour l'acquisition de données sur les caractéristiques biologiques, écologiques et biogéographiques que pour les organismes chargés d'évaluer la vulnérabilité de la biodiversité. Il est aussi le plus largement utilisé dans la littérature. Cependant, les poissons habitent souvent des écosystèmes contigus et fermés propices à la différenciation de plusieurs populations indépendantes qui exhibent des caractéristiques distinctes développées depuis leur isolation. Plusieurs unités de niveau inférieur à l'espèce ont été développées dans le but de représenter la diversité génétique sur une base rationnelle, afin de mieux cibler les taxons prioritaires aux efforts de conservation. Trois concepts saillants ressortent de l'étude de la littérature : les « management units (MUs) » (Moritz, 1994), les

« evolutionarily significant units (ESUs) » (Waples, 1991) et les « geminate evolutionary units (GEUs) » (Bowen, 1998). Les MUs sont des populations dont les fréquences alléliques divergent considérablement au niveau de l'ADN mitochondrial et nucléaire, sans considérer la distinction phylogénétique des allèles. Les ESUs sont des populations substantiellement isolées sur le plan de la reproduction des autres populations conspécifiques et ayant des adaptations uniques ou différentes (représentant une composante importante du patrimoine évolutif des espèces). Les GEUs sont des unités de conservation dont la définition est proche des ESU. La distinction entre ces deux unités est basée sur la reconnaissance que les divergences par isolation reproductrice ne constituent pas la seule façon de créer une nouvelle espèce. Par exemple, la spéciation peut survenir par réarrangement chromosomique et par duplication. Les GEUs prennent donc en considération toutes les potentialités futures d'évolution des taxons. Cependant, l'acquisition de données permettant de travailler à une échelle infra-spécifique pour la faune ichthyenne dulcicole du Québec et les analyses statistiques qui en découlent sont actuellement impossibles à obtenir.

L'indice développé ici s'applique uniquement aux espèces indigènes du Québec, c'est-à-dire aux espèces présentes depuis au moins 50 ans au Québec, telles que définies par le COSEPAC (2004).

Cet indice du risque d'extinction des poissons dulcicoles du Québec est basé sur six critères du cycles vital du poisson : (1) la productivité, (2) le comportement reproducteur, (3) les exigences écologiques, (4) le niveau trophique, (5) la répartition géographique et (6) le comportement migratoire. Ces six critères permettent d'établir une comparaison

objective de la vulnérabilité des espèces. Afin de mieux comprendre le lien avec la vulnérabilité des espèces et chacun des six critères, nous allons revoir la littérature sur les connaissances préliminaires en lien avec le risque d'extinction.

Le risque d'extinction n'est pas égal entre les taxons; plusieurs études basent le risque d'extinction des espèces sur leurs prédispositions évolutives et identifient différents facteurs intrinsèques associés à la vulnérabilité à l'extinction (Parent et Schriml, 1995; Angermeier, 1995; Purvis *et al.*, 2000). Les processus contribuant à l'évolution des espèces ou, à moindre échelle, à celle d'un phénotype particulier, peuvent être interprétés en terme de coût énergétique d'un organisme répondant aux contraintes de son environnement. Lorsque l'intensité du stress est forte, certaines espèces, dépendamment de leurs caractéristiques, devraient faire face à un risque d'extinction plus ou moins important (Parsons, 1995).

La productivité

Les théories sur les cycles vitaux ont déjà mis en évidence plusieurs stratégies de vie permettant de définir des groupes d'espèces physiquement et biologiquement distincts. On cite dans une large mesure, les stratégies de sélection r-K (Stearns, 1976). Winemiller (1992), à l'aide de statistiques multivariées, a décrit trois stratégies distinctes et d'égale importance de cycles biologiques pour les poissons d'Amérique du Nord : les stratégies périodique, opportuniste et équilibrée. Les espèces de stratégie périodique ont des

caractéristiques semblables à celles de sélection K c'est-à-dire des espèces de grande taille, longévives, à maturité tardive et à croissance lente. Les espèces de stratégie opportuniste ont des caractéristiques semblables à celles de sélection r, c'est-à-dire des espèces de petite taille, de vie courte, à maturité précoce et à croissance rapide. Les espèces de stratégie équilibrée possèdent les mêmes caractéristiques que les espèces de stratégie périodique à l'exception de leur taille plus petite et de certaines particularités au niveau de la reproduction : les espèces de stratégie périodique relâchent une très grande quantité d'œufs de petite taille sans y apporter de soins parentaux tandis que les espèces de stratégie équilibrée relâchent une plus petite quantité d'œufs de grosse taille et apportent des soins parentaux à leur progéniture. Ces différentes stratégies représentent la réponse évolutive aux contraintes démographiques et aux différents environnements (Stearns, 1976; Winemiller, 1992). On peut donc s'attendre à ce que les perturbations de l'environnement entraînent un coût énergétique supplémentaire aux espèces intrinsèquement adaptées à leur environnement d'origine.

D'un point de vue hydrographique, la biozone du Saint-Laurent et des Grands Lacs s'apparente à un environnement stable, mais d'un point de vue écologique, avec les modifications continues de la structure de l'habitat et des communautés, elle est en fait un environnement instable pour les espèces de poissons indigènes (Parent et Schriml, 1995).

Les théories actuelles sur les cycles vitaux (Stearns, 1976) suggèrent que les espèces de sélection r sont favorisées dans des environnements instables. De ce fait, les espèces à risque doivent avoir des caractéristiques ressemblant à celles de sélection K.

Il y a 200 ans, la communauté piscicole de la biozone du Saint-Laurent et des Grands Lacs était encore composée majoritairement, en terme de biomasse, d'espèces de grande taille, longévives et de sélection K telles que l'Esturgeon jaune (*Acipenser fulvescens*) et l'Esturgeon noir (*Acipenser oxyrinchus*) (Parent et Schriml, 1995). Ces mêmes espèces subissent aujourd'hui un important déclin d'abondance et sont classées susceptibles d'être menacées ou vulnérables par la FAPAQ.

Le comportement reproducteur

Certaines espèces se reproduisent de manière synchronisée en relâchant une très grande quantité d'œufs au moment où les conditions environnementales sont les plus favorables pour la croissance des larves et leur survie (Winemiller, 1992). Ce mode de reproduction implique souvent le déplacement des géniteurs sur des sites de fraie correspondant à un habitat particulier. Dans certains cas, la survie d'une population ne dépend que d'un seul site de fraie comme pour l'esturgeon noir (*Acipenser oxyrinchus*; Therrien, 1998) et le Chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*; Comité d'intervention, 1999). Aucun soin parental n'est apporté aux larves étant donné le grand nombre d'œufs produits et leur survie est extrêmement faible (Winemiller, 1992). Le recrutement dépend des mouvements purement stochastiques des larves afin de trouver un environnement favorable (e.g., le Bar rayé, *Morone saxatilis*; Trépanier et Robitaille, 1995). La survie des œufs ou des larves est un facteur déterminant du recrutement et les conditions environnementales et physiques du milieu y jouent un rôle primordial. Cela en fait des espèces particulièrement sensibles aux perturbations anthropiques. La détérioration des habitats de fraie diminue le recrutement

qui, lors de mauvaises conditions environnementales, est déjà très faible. Ajoutons à cela les mortalités additives sur les adultes dues aux perturbations anthropiques et l'effectif d'une population peut chuter sous le seuil du minimum viable et faire d'elle une espèce vulnérable.

Les exigences écologiques

Tout changement apporté à l'habitat d'origine d'une espèce donnée entraîne chez elle des perturbations au niveau de ces exigences écologiques. Plusieurs espèces de poissons ont des habitats et des habitudes alimentaires particulières, ce qui les pousse à se confiner dans des habitats restreints et donc à être contenues dans des limites particulières, ou bien à exhiber un comportement migratoire afin de retrouver les conditions adéquates aux différentes phases de leur cycle vital (Maitland, 1995). La faible habilité à la dispersion ou à la colonisation, la spécialisation à certaines ressources alimentaires ou à des habitats sont des traits permettant de distinguer les exigences écologiques des espèces vulnérables (Maitland, 1995; Angermeier, 1995; Musick *et al.*, 2000; Parent et Schriml, 1995).

Le niveau trophique

Le niveau trophique des espèces est aussi étroitement lié au risque d'extinction. En effet, les espèces de niveau trophique élevé sont plus vulnérables à cause de l'effet cumulé des perturbations auxquelles sont exposées les espèces des niveaux trophiques inférieurs (Purvis *et al.*, 2000; Musick *et al.*, 1999; Parent et Schriml, 1995).

La répartition géographique

La liste rouge des espèces menacées publiée par l'UICN est établie à partir d'une méthode systématique basée sur une association de facteurs tels le taux de déclin en abondance, la taille des populations, les fluctuations d'abondance et le déclin des aires de répartition (UICN, 1996). L'utilisation de tels facteurs implique qu'il existe des données précises sur la dynamique des populations (e.g., nombre, taille et taux de développement dans le temps de chaque population). Pour certains groupes d'animaux, tels que les mammifères terrestres ou les oiseaux, cette méthode est possible, mais pour les organismes aquatiques ces données sont peu disponibles et en général seules les données sur la répartition (présence/absence d'une espèce) sont disponibles (Kirchhofer, 1997). Sur la base de ces dernières, il est possible de faire ressortir plusieurs variables définissant la répartition d'une espèce.

À partir des données de présence/absence de 109 espèces de poissons dulcicoles du Québec, récoltées sur la base d'une grille découpant la péninsule québécoise en de multiples quadrats, Legendre et Legendre (1984) ont divisé la péninsule québécoise en régions fauniques homogènes à partir d'analyse de groupements (Fig. 2). Il en ressort différentes régions ichthyogéographiques dont les limites correspondent à différentes niches écologiques. Les régions ichthyogéographiques contiennent des unités adaptatives de populations substantiellement isolées des autres par des limites naturelles ou des gradients climatiques. Les conditions environnementales caractérisant toute la superficie d'une unité correspondent aux besoins des espèces qui y sont présentes. Les régions ou sous-régions ichthyogéographiques représentent l'aire de répartition normale (sans

perturbations anthropiques) des espèces l'habitant et permettent ainsi une comparaison intéressante par rapport à la superficie actuelle de l'aire de répartition qu'exhibent certaines espèces de poissons. Cette comparaison va nous permettre d'inférer des indicateurs représentatifs de la vulnérabilité à l'extinction.

Généralement, l'abondance d'un taxon et son aire de répartition ne sont pas des paramètres indépendants : les espèces possédant une aire de répartition importante tendent à avoir une abondance plus grande à l'intérieur des sites qu'elles occupent que les espèces géographiquement plus restreintes (Lawton, 1995). Les espèces dont l'aire de répartition est restreinte sont plus sensibles à une éventuelle perturbation.

Le comportement migratoire

Les espèces migratrices sont souvent les plus exposées aux perturbations anthropiques. Les couloirs de migration empruntés sont souvent bloqués par des barrages et l'accessibilité aux sites de fraie en est réduite (Angermeier, 1995). Ce sont pour la plupart des espèces exploitées, même surexploitées lors de la montaison des géniteurs. Les espèces migratrices imposent plusieurs difficultés dans l'interprétation des traits de leur cycle vital. La répartition géographique des espèces anadromes et catadromes est généralement surévaluée à cause des longues migrations que ces espèces effectuent en mer. En réalité ces espèces occupent trois aires de répartition ou plus : l'aire d'alimentation, l'aire de reproduction et le corridor de migration. Ces aires distinctes de répartition sont essentielles à leur survie : la presque totalité des individus d'une espèce peut se déplacer en masse vers des sites souvent uniques et très localisés. Par exemple, l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) n'a pas

vraiment une grande aire de répartition. Elle a trois petites aires : l'aire de reproduction (mer des Sargasses), le corridor de migration (le fleuve Saint-Laurent) et l'aire d'alimentation (les rivières du Québec). Si le corridor de migration est bloqué, l'anguille disparaîtra : elle ne pourra pas terminer son cycle vital dans les deux autres aires de répartition. Le comportement migratoire d'une espèce est donc un point déterminant dans l'analyse de la vulnérabilité des espèces à l'extinction. Les espèces migratrices sortent souvent comme vulnérables dans les analyses du risque à l'extinction via d'autres critères. Ce sont des espèces souvent peu productives (espèces de grande taille, longévives, à maturité tardive et à croissance lente) et qui requièrent des conditions précises pour leur reproduction.

Contexte phylogénétique

En complément à la vulnérabilité des espèces, nous avons voulu souligner, à titre indicatif, l'intérêt à la conservation à travers deux indicateurs : (1) le degré d'endémisme et (2) la distinction taxonomique. Le degré d'endémisme est le rapport entre l'aire de répartition au Québec et celle en Amérique du Nord. Il montre la part de responsabilité qui incombe au Québec pour la pérennité de l'espèce au niveau de toute son aire de répartition. La distinction taxonomique est une mesure de la représentativité phylogénétique des espèces. Certaines espèces en voie d'extinction telles que les esturgeons occupent une place importante dans la représentativité phylogénétique de la biodiversité. Ces espèces présentent donc un intérêt à la conservation tout particulier (Van-Wright *et al.*, 1991; Stiassny et de Pinna, 1994).

Les analyses phylogénétiques ou cladistiques traduisent l'histoire évolutive des espèces à l'aide de diagrammes branchus représentant les relations de parenté basées sur le partage de caractères dérivés. C'est à partir de ces diagrammes branchus que l'on mesure la distinction taxonomique.

La distinction taxonomique permet de faire ressortir les taxons basaux (Trueb et Cloutier, 1991) tels que le Poisson castor (*Amia calva*), le Lépisosté osseux (*Lepisosteus osseus*), l'Esturgeon jaune (*Acipenser fulvescens*) et l'Esturgeon noir (*Acipenser oxyrinchus*). Souvent, les taxons basaux appartiennent à des genres ou des familles qui sont pauvres en espèces. Ils sont aussi extrêmement restreints dans leur répartition géographique et dans l'effectif de leurs populations, ce qui les rend particulièrement vulnérables aux pressions environnementales.

L'analyse de l'information sur les traits biologiques, écologiques et biogéographiques des poissons permet donc d'obtenir une synthèse des connaissances sur la vulnérabilité de ces organismes. Afin d'établir une méthode systématique pour déterminer la vulnérabilité des espèces de poissons du Québec, il faut déterminer plusieurs traits du cycle vital, représentatifs de la vulnérabilité et qui permettent une comparaison objective entre toutes les espèces prises en compte dans cet indice.

Le critère sur la productivité fait ressortir les différences entre les stratégies r-K utilisées par les espèces. Les traits sélectionnés (les numéros entre parenthèses se rapportent au tableau 1) pour ce critère sont : (1) la longévité, (2) la durée de vie reproductive, (3) la fécondité, (4) le coefficient de croissance K, (5) le taux de croissance des jeunes de l'année

et (6) la température préférentielle de l'espèce. Le trait sur la température préférentielle de l'espèce est inclu dans le critère sur la productivité car nous considérons que les poissons vivant en eau tempérée sont plus productifs que les poissons vivant en eau froide. Le coefficient de croissance K a été calculé à partir d'une équation empirique mettant en relation différentes longueurs et l'âge à la maturité (Froese et Binohlan, 2000).

Les traits sur le comportement reproducteur définissent l'investissement que les géniteurs apportent à la reproduction. Cet investissement se mesure tant au niveau physiologique [(3) fécondité et (9) diamètre des œufs] que comportemental [(7) soins apportés au placement des zygotes et (8) protection parentale des œufs ou des larves].

Les données sur les exigences écologiques des poissons d'eau douce sont essentiellement qualitatives. Les qualificatifs employés pour définir les exigences écologiques varient souvent d'une source de littérature à l'autre, ce qui rend difficile l'interprétation de l'information et le codage des données. La compilation des traits sur les exigences écologiques s'est appuyée majoritairement sur une série de base de données synthétique où les caractéristiques du cycle vital et de l'écologie des espèces de poissons d'eau douce du Canada ont été catégorisées (Evans *et al.*, 2002; Coker *et al.*, 2001; Richardson *et al.*, 2001; Bradbury *et al.*, 1999; Portt *et al.*, 1999; Lane *et al.*, 1996a, b, c). Les traits sur les exigences écologiques faisant ressortir les espèces vulnérables se rapportent essentiellement à la spécialisation aux ressources et à l'habilité à la dispersion (Maitland, 1995; Angermeier, 1995; Musick *et al.*, 2000; Parent et Schriml, 1995). De plus, les activités humaines telles que le dragage, la coupe forestière et la voirie entraînent une sédimentation plus active des rivières et des lacs. Plusieurs espèces sont sensibles à

l'envasement et à l'augmentation de la turbidité de leurs habitats. Six traits ont été sélectionnés : la spécialisation au niveau de (10) l'alimentation, de (11) l'habitat et du (12) substrat, la tolérance à (13) la vase et à (14) la turbidité ainsi que (15) l'habilité à la dispersion.

Le critère sur le niveau trophique est composé de deux traits : (16) le niveau trophique et (17) la taille du corps. Les poissons de niveau trophique supérieur sont plus vulnérables que les poissons de niveau trophique inférieur. Cependant, plus l'espèce est de grande taille et plus l'effet cumulé des perturbations auxquelles sont exposées les espèces de niveau trophique inférieur sera ressenti.

Les aires de répartition des poissons dulcicoles du Québec s'étendent toutes au delà des frontières de la province; le Chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) est la seule espèce dont la répartition est circonscrite à l'intérieur du Québec. Il faut donc rendre compte de l'aire de répartition totale sur le continent nord-américain pour connaître l'étendue de la répartition des poissons du Québec à l'extérieur de la province et les possibilités d'une immigration de source externe. Le critère sur la répartition géographique est composé de traits qui s'établissent à partir de deux échelles géographiques : la province du Québec et l'Amérique du Nord. Des analyses biogéographiques ont permis de mettre en place cinq traits sur la base des cartes de répartition nord-américaine et du protocole établi par Legendre et Legendre (1984) : le niveau d'occupation de l'espèce dans les régions ichthyogéographiques de (18) l'Amérique du Nord et du (21) Québec, le nombre de régions ichthyogéographiques où l'espèce est présente en (19) Amérique du Nord et au (22) Québec et (20) l'aire de répartition. L'aire de répartition est communément utilisée pour

évaluer la vulnérabilité des espèces (COSEPAC, 2004; Kirchofer, 1997; UICN, 1996). Les régions ichthyogéographiques définies par Legendre et Legendre (1984) ont été déterminées dans l'analyse de cette étude à l'échelle de la province et du continent nord-américain.

Les variations du comportement migratoire des poissons sont définies par deux traits. Le premier (23) définit le caractère migratoire ou sédentaire de l'espèce et le deuxième (24) définit l'habitat de l'espèce en milieu marin : habitat côtier, estuarien ou hauturier. Plus la route de migration est longue et plus l'espèce est sujette à l'activité humaine (barrage et pêche en estuaire ou en haute mer). Les grands migrateurs hauturiers se déplaçant en haute mer tel que le Saumon atlantique (*Salmo salar*) ou l'Anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) sont exposés à un risque de mortalité plus élevé que les migrateurs côtiers comme l'Omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*).

Deux traits ne font pas partie de l'analyse statistique : le degré d'endémisme et la distinction taxonomique. Ils soulignent, à titre indicatif, l'intérêt à la conservation des poissons. Le degré d'endémisme montre l'importance de la conservation de l'espèce au niveau de la province du Québec. La distinction taxonomique mesure la représentativité phylogénétique des espèces et fait ressortir les taxons basaux. Les taxons basaux sont de véritables livres ouverts de l'histoire évolutive des poissons. Ils peuvent avoir un effet majeur sur notre compréhension de l'évolution de certains caractères morphologiques pouvant être de grande importance en terme d'écologie fonctionnelle des espèces (Stiassny et de Pinna, 1994).

Au total, 24 traits (en sus des deux traits indicatifs) définissent six critères distincts de vulnérabilité. Cette distinction reste relativement arbitraire pour certains traits qui impliquent un recoupement entre les critères. Par exemple, le trait sur la fécondité relève à la fois de la productivité et du comportement reproducteur. Les différences associées aux stratégies r-K recourent plusieurs critères tels que la productivité, le comportement reproducteur, le niveau trophique et le comportement migratoire. Certains poissons peu productifs et de stratégie K se reproduisent de manière synchronisée et sont des migrateurs, tels que les Esturgeons (*Acipenser*) et le Bar rayé (*Morone saxatilis*). D'autres poissons de stratégie K sont aussi de niveau trophique élevé, tel que le Maskinongé (*Esox masquinongy*).

Après avoir recueilli l'information sur les 24 traits biologiques, écologiques et biogéographiques pour chaque espèce de poissons sélectionnée dans cet indice, il reste à structurer et utiliser cette somme de connaissances dans le but de constituer une méthode systématique pour déterminer la vulnérabilité des poissons du Québec. L'approche consiste à établir une comparaison objective entre toutes les espèces sélectionnées en utilisant des analyses statistiques multivariées. Ces analyses nous permettront de grouper les poissons selon leurs similitudes et de leur attribuer un rang de vulnérabilité par critère à partir de l'appartenance aux groupements. La vulnérabilité des poissons du Québec sera déterminée à partir des communautés d'espèces appartenant aux différentes régions ichthyogéographiques telles que définies par Legendre et Legendre (1984). Une liste des espèces vulnérables sera dressée en fonction de chaque région.

ARTICLE

**INDICE DE VULNÉRABILITÉ À L'EXTINCTION DES POISSONS D'EAU
DOUCE DU QUÉBEC : UNE ANALYSE MULTIVARIÉE DES TRAITS
BIOLOGIQUES, ÉCOLOGIQUES ET BIOGÉOGRAPHIQUES.**

INDICE DE VULNÉRABILITÉ À L'EXTINCTION DES POISSONS D'EAU DOUCE DU QUÉBEC : UNE ANALYSE MULTIVARIÉE DES TRAITS BIOLOGIQUES, ÉCOLOGIQUES ET BIOGÉOGRAPHIQUES.

Résumé

La vulnérabilité de 98 espèces de poissons d'eau douce indigènes du Québec a été étudiée à l'aide d'un indice basé sur 24 traits biologiques, écologiques et biogéographiques répartis en six critères : les cycles vitaux, la répartition géographique, le niveau trophique, le comportement reproducteur, l'utilisation de l'habitat et le comportement migratoire. Pour chacun des six critères, des analyses de correspondance ont permis de déduire les patrons de variations interspécifiques des communautés de poissons de six régions ichthyogéographiques. Deux patrons de vulnérabilité ont été identifiés : (1) les espèces de faible productivité, de grande taille, de niveau trophique élevé et de répartition géographique étendue (certaines de ces espèces sont anadromes); (2) les espèces de forte productivité, de petite taille, de faible niveau trophique mais très spécialisées au niveau de leur régime alimentaire ou des ressources de l'habitat et ayant une aire de répartition restreinte. Vingt-cinq des 98 espèces de poissons ont été déterminées comme vulnérables. Sur les 11 espèces, sous-espèces ou populations de poissons d'eau douce du Québec classées dans un statut de vulnérabilité par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC), dix le sont aussi selon notre indice. Seules deux des 16 espèces classées dans la liste sur les espèces menacées ou vulnérables ou susceptible d'être classées menacées ou vulnérables par la Société de la faune et des parcs du Québec (FAPAQ) ne sont pas concordantes avec nos résultats. Ainsi, cette étude pourrait aider à identifier les

risques avant même que l'espèce ne devienne menacée. La méthode développée est exportable à d'autres groupes d'organismes et à d'autres régions géographiques.

Abstract

The vulnerability of 98 native freshwater fish species of Quebec is studied in terms of an index based on 24 biological, ecological and biogeographical traits classified into six criteria : life history, geographic distribution, trophic habits, reproductive behaviour, habitat use and migration habits. For each criteria, correspondence analysis allows to infer patterns of interspecific variation of fish communities for six ichthyogeographic regions. Two vulnerability patterns emerge from the analysis : (1) species with low productivity, large body size, high trophic level and wide geographic range (including some anadromous species); and (2) species with high productivity, low trophic level, high specialisation on food or habitat resources and restricted geographic range. Twenty five out of 98 species were found at risk. Ten out of eleven species of Quebec freshwater fish identified as endangered by the committee on the status of endangered wildlife in Canada (COSEWIC) are considered as vulnerable with our index. Just two out of 16 species of the potentially vulnerable species list of the Société de la faune et des parcs du Québec are not concordant with our results. Thus, this study is useful to identify potentially threatened species before species face problems. Furthermore, this new systematic method is exportable to other types of organisms from others geographic areas.

Introduction

En Amérique du Nord, la faune aquatique dulcicole est dans une situation critique. Au total, 123 espèces animales d'eau douce, dont 27 espèces de poissons, ont disparu au cours du siècle dernier (Ricciardi et Rasmussen, 1999; Miller *et al.*, 1989). Il est prévu que le taux d'extinction futur de la faune aquatique sera cinq fois plus important que pour la faune terrestre, soit un taux similaire à celui que subit actuellement la forêt tropicale (Ricciardi et Rasmussen, 1999). La vitesse avec laquelle les espèces aquatiques s'éteignent montre qu'elles n'ont pas le temps évolutif nécessaire pour s'adapter aux perturbations anthropiques.

Être à même de prédire le risque d'extinction des espèces avant qu'elles ne deviennent menacées est la pierre angulaire de la conservation des espèces (Duncan et Lockwood, 2001). En ce sens, les listes rouges, qui résument le statut de conservation des espèces présentes dans une région donnée, sont largement utilisées et maintenant reconnues comme un outil de conservation. Plusieurs de ces listes sont basées sur un consensus de scientifiques à partir des connaissances actuelles comme l'étude de Williams *et al.* (1989) sur les espèces d'Amérique du Nord, ou la liste des espèces du Québec menacées ou vulnérables ou susceptibles d'être classées menacées ou vulnérables par la Société de la faune et des parcs du Québec (FAPAQ). Les listes rouges de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) et du Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) utilisent une méthode systématique basée sur une association de facteurs tels le taux de déclin en abondance, la taille des populations, les fluctuations d'abondance et le déclin des aires de répartition (UICN, 1996; Powles *et al.*, 2000). Ces

facteurs sont adéquats lorsqu'on étudie des taxons relativement bien connus comme les mammifères ou les oiseaux mais non lorsqu'on étudie des groupes très diversifiés et moins faciles à observer tels que les poissons (Duncan et Lockwood, 2001; Kottelat, 1998; Kirchofer, 1997).

L'effet des perturbations anthropiques sur les communautés biotiques semble dépendre des facteurs intrinsèques aux espèces (Paloheimo et Regier, 1982). Les caractéristiques des différents facteurs intrinsèques correspondent à différentes stratégies qui caractérisent les espèces. Le coût énergétique d'un organisme répondant au stress des perturbations anthropiques dépend de la stratégie employée par l'espèce et définit en bonne partie son risque d'extinction (Parsons, 1995). Ainsi, la comparaison interspécifique des facteurs intrinsèques devrait permettre l'application d'une méthode systématique afin de déterminer la vulnérabilité de toutes les espèces d'eau douce du Québec, méthode qui par la suite pourrait être exportable à d'autres régions ou à d'autres taxons. Plusieurs études confirment que le risque d'extinction se distribue selon des patrons bien définis d'espèces (Purvis *et al.*, 2000; Bennet et Owens, 1997; Angermeier, 1995). Des facteurs tels que la taille du corps, le niveau trophique, l'aire de répartition, le potentiel de dispersion et la spécialisation au niveau du régime alimentaire ou des ressources de l'habitat sont les plus fréquemment cités pour caractériser le risque d'extinction des oiseaux (Purvis *et al.*, 2000; Angermeier, 1995; Terborgh et Winter, 1980). Le taux intrinsèque de croissance ou la résilience des stocks sont aussi des facteurs fortement liés à la vulnérabilité des espèces de poissons (Musick, 1999). Plusieurs études définissent leurs facteurs de risque à partir de la théorie du continuum r-K (Stearns, 1976) et basent leurs analyses sur les traits des cycles vitaux

(Musick *et al.*, 2000; Parent et Schriml, 1995). Dans ces études où l'échelle spatio-temporelle est grande, les patrons interspécifiques de vulnérabilité ressortent clairement à partir des attributs écologiques ou sur les cycles vitaux des espèces.

Notre étude a porté sur la vulnérabilité des espèces de poissons dulcicoles indigènes du Québec en analysant 24 traits biologiques, écologiques et biogéographiques, regroupés en six critères, à l'aide d'analyses de correspondance floue (fuzzy correspondance analysis; Tachet, 2000; Chevenet *et al.*, 1994). Les comparaisons interspécifiques ont été effectuées sur la base de différentes régions ichthyogéographiques, représentant différentes communautés de poissons. Nos objectifs ont été (1) de définir différents critères représentant objectivement la vulnérabilité à partir d'un ensemble approprié de traits; (2) d'identifier, pour chaque espèce, ses caractéristiques pour chaque trait à partir de la littérature existante; (3) d'évaluer les différents patrons de vulnérabilité en fonction des six critères; (4) d'identifier les groupements d'espèces vulnérables sur la base des communautés naturelles de poissons; et finalement, (5) d'établir une liste des espèces de poissons vulnérables pour le Québec.

Matériel et méthodes

Sélection des espèces

Au total, 98 espèces de poissons dulcicoles indigènes du Québec ont été considérées, incluant les espèces catadromes et anadromes. Toutes ces espèces se retrouvent sur la liste de la faune vertébrée du Québec (Desrosiers, 1995). Quatre espèces exclusivement côtières et estuariennes (i.e., le Chabot à quatre cornes, *Myoxocephalus quadricornis*, l'Épinoche à

quatre épines, *Apeltes quadracus*, l'Épinoche tacheté, *Gasterosteus wheatlandi* et le Chequemort, *Fundulus heteroclitus*) ont été exclues de l'analyse car leur répartition, leur biologie et leur écologie ne sont pas comparables aux poissons d'eau douce.

En accord avec le COSEPAC, les espèces présentes sur le territoire depuis moins de 50 ans sont considérées comme non indigènes. Parent et Schriml (1995) reconnaissent neuf espèces appartenant à cette catégorie : trois espèces européennes introduites (i.e., la Carpe commune, *Cyprinus carpio*, la Truite brune, *Salmo trutta* et le Carassin doré, *Carassius auratus*) et les six espèces de saumons et de truites du Pacifique (*Oncorhynchus* spp.) présentes dans le fleuve Saint-Laurent.

Le seul niveau taxonomique reconnu dans cette étude est celui de l'espèce; ainsi les sous-espèces n'ont pas été prises en considération (i.e., le Brochet vermiculé, *Esox americanus vermiculus* et le Brochet d'Amérique, *Esox americanus americanus*).

Codage des données

Les caractéristiques biologiques des espèces de poissons varient en fonction des conditions environnementales (i.e., les populations landlockées de Saumon atlantique, *Salmo salar*). De plus, plusieurs espèces de poissons retrouvées au Québec présentent des morphotypes ou des écotypes distincts par divergence adaptative tel que le Brochet d'Amérique, *Esox americanus*. Lorsqu'un grand nombre de taxons est étudié, les valeurs modales et moyennes de chaque trait ne représentent pas adéquatement la variation phénotypique d'une espèce. Afin de ne pas utiliser des valeurs numériques spécifiques pour nos données, l'information a été synthétisée par codage flou (Tachet, 2000; Chevenet *et al.*,

1994). Dans ce système de codage flou, chaque trait est subdivisé en plusieurs modalités et l'affinité d'un taxon avec les modalités est exprimée par des cotes semi-quantitatives allant de 1 à 3 (parfois de 1 à 4 ou 5 suivant le nombre de modalités exprimant le trait). Le fait d'envisager un codage réduit à quatre (0 à 3) (parfois 5 ou 6) valeurs permet d'apporter plus d'informations qu'un codage binaire, tout en réduisant les biais liés au fait que, pour de nombreux taxons, nous ne disposons que de très peu d'informations sur leur relation avec tel ou tel trait (Tachet, 2000). Ces traits sont ordinaux lorsque leurs modalités correspondent à différentes classes successives le long d'un gradient, sinon, ils sont nominaux (Annexe 2). Le tableau 2 montre un exemple concernant le niveau trophique de l'Ombre de fontaine, *Salvelinus fontinalis*. La lecture du tableau montre que l'Ombre de fontaine, *Salvelinus fontinalis*, est préférentiellement invertivore (codé 3), mais elle peut aussi être de façon moins fréquente piscivore (codé 2); elle n'est en revanche nullement herbivore (codé 0). Ce profil du niveau trophique peut être assimilé à une distribution de fréquences de l'affinité du taxon (ici *Salvelinus fontinalis*) pour les différentes modalités du trait envisagé (soit, selon cet exemple, 0%, 60%, 40%).

Régions ichthyogéographiques

Les cartes de répartition nord-américaine pour les 98 espèces de poissons dulcicoles et anadromes, présentes au Québec, ont été compilées sur ArcMap 8.1 en synthétisant les aires de répartition présentées par Bergeron et Brousseau (1983), Lee *et al.* (1980) et Scott et Crossman (1974). De plus, les points de localisation provenant des bases de données de

plusieurs musées et institutions nord-américaines compilés à l'aide du projet « The Species Analyst » (Vieglais, 2003) ont été intégrés.

Afin de préserver un sens biologique que les frontières géopolitiques ne prennent pas en considération, notre analyse biogéographique s'étend sur toute la péninsule québécoise (le Québec et le Labrador terre-neuvien). L'approche la plus courante en biogéographie est l'analyse par grille ou par quadrat et plusieurs études y font référence concernant la faune ichthyenne (McAllister *et al.*, 1986; Mandrak, 1995). La péninsule québécoise, telle que définie par Legendre et Legendre (1984) a été divisée en quadrats de 100 km par 100 km. La présence (1) ou l'absence (0) de chaque espèce de poisson (établie à partir des cartes de répartition) a été répertoriée pour chacun des quadrats et compilée dans une matrice de 223 quadrats pour 98 espèces. La péninsule québécoise a été ensuite divisée en 23 sous-régions ichthyogéographiques homogènes, sur la base des aires de répartition actuelles des espèces de poissons et selon le critère de groupement objectif décrit par Legendre et Legendre (1984) (Fig. 2; Annexe 3).

Un coefficient de dispersion entre toutes les paires de régions adjacentes a été calculé à partir de la richesse spécifique des régions et du coefficient de Steinhaus (Legendre et Legendre, 1984) afin de représenter la dispersion post-glaciaire des poissons d'eau douce du Québec.

En utilisant la même approche, le continent nord-américain a été divisé en quadrats de 350 km par 350 km et la présence ou l'absence de chaque poisson a été identifiée et compilée dans une matrice de 230 quadrats pour les 98 espèces de poissons indigènes du Québec. Le même protocole pour identifier les régions ichthyogéographiques et la

dispersion post-glaciaire de la faune ichthyenne du Québec a été appliqué à l'échelle nord-américaine. Vingt sous-régions ichthyogéographiques nord-américaines ont été identifiées (Fig. 3; Annexe 4).

Critères de vulnérabilité

La vulnérabilité a été estimée sur la base de six critères : (1) la productivité (6 traits), (2) le comportement reproducteur (3 traits), (3) les exigences écologiques (6 traits), (4) le niveau trophique (2 traits), (5) la répartition géographique (5 traits) et (6) le comportement migratoire (2 traits). Ces six critères permettent d'établir une comparaison objective de la vulnérabilité des espèces (Tableau 1). En complément à la vulnérabilité des espèces, nous avons voulu souligner, à titre indicatif, l'intérêt à la conservation à travers deux indicateurs, soit (1) le degré d'endémisme et (2) la distinction taxonomique (Tableau 3).

Traits des espèces

Les données sur les traits des poissons ont été obtenues dans la littérature (Froese et Pauly, 2004; Evans *et al.*, 2002; Coker *et al.*, 2001; Richardson *et al.*, 2001; Bernatchez et Giroux, 2000; Bradbury *et al.*, 1999; Parent et Schriml, 1995; Portt *et al.*, 1999; Lane *et al.*, 1996a, b, c; Scott et Crossman, 1973). Les rapports sur la situation des espèces en péril publiés par le ministère de l'Environnement et de la Faune ont permis de collecter les données concernant les espèces au statut critique au Québec (Comité d'intervention, 1999; Moisan et Laflamme, 1999; Moisan, 1998; Therrien, 1998; Giroux, 1997; Lachance, 1997; Lapointe, 1997; Robitaille, 1997; Trépanier et Robitaille, 1995).

Le Tableau 1 résume les codes et la nature des différentes modalités pour chacun des traits. La nature des modalités a été définie selon les différentes classes observées dans la distribution des espèces et les codes suivent l'ordre croissant de la nature des modalités. Le codage des espèces a été effectué à partir des données dans la littérature. Les données de certains traits ont été inférées à partir d'autres variables biologiques; à titre d'exemple, le taux de croissance à un an a été déduit de la longueur à la maturité pour les espèces matures à un an. Lorsque la maturité ou la croissance varie selon le sexe, nous avons utilisé les données relatives aux femelles. Lorsque les données étaient manquantes pour une espèce au Québec, celles-ci ont été recherchées ailleurs en Amérique du Nord.

Les 24 traits intrinsèques aux espèces, plus les deux indicateurs sur l'intérêt à la conservation sont décrits brièvement.

(1) Longévité — Âge maximal exprimé en années (Duncan et Lockwood, 2001; Bennet et Owens, 1997; Angermeier, 1995; Parent et Schriml, 1995; Winemiller et Rose, 1992).

(2) Durée de vie reproductive — Le nombre d'années entre l'âge à la maturité et l'âge maximal divisé par l'intervalle entre deux saisons de reproduction (Parent et Schriml, 1995).

(3) Fécondité — Nombre moyen d'œufs produits par une femelle au cours d'une saison de reproduction (Musick *et al.*, 2000; Bennet et Owens, 1997; Parent et Schriml, 1995; Winemiller et Rose, 1992).

(4) Coefficient de croissance K — Taux annuel de croissance pour lequel la longueur asymptotique est approchée. Ce paramètre a été estimé à partir d'équations empiriques (Froese et Binohlan, 2000; Musick *et al.*, 2000) :

$$K = \text{Ln}(1-L_m/L_\infty)/T_m$$

$$\text{Log}_{10}(L_\infty) = 0.044 + 0.9841 * \text{Log}(L_{\text{max}})$$

L_m est la longueur à la maturité;

T_m est l'âge à la maturité;

L_∞ est la longueur asymptotique;

L_{max} est la longueur maximale.

(5) Taux de croissance des jeunes de l'année — Augmentation de la longueur (en mm) durant la première année de croissance (Winemiller et Rose, 1992).

(6) Température — Température préférentielle de l'espèce (°C).

(7) Placement des oeufs — Degré d'investissement des parents dans le placement des zygotes déduit à partir du comportement reproducteur (Angermeier, 1995).

(8) Protection parentale — Protection apportée aux jeunes en termes de gardiennage et de non gardiennage (Parent et Schriml, 1995).

(9) Diamètre des œufs — Diamètre moyen exprimé en mm (Winemiller et Rose, 1992).

(10) Spécialisation alimentaire — Produit entre la diversité alimentaire (nombre d'items consommés) et le taux maximal de spécialisation (pourcentage relatif de l'item préférentiel par rapport à la diète générale) établi à partir de huit items d'alimentation (i.e., phytoplancton, macrophyte, crustacé, annélide, mollusque, insecte, poisson, parasite) chez les adultes (Coker *et al.*, 2001).

(11) Spécialisation à l'habitat — Basée sur l'ampleur du spectre d'utilisation (nombre de catégories) de trois attributs de l'habitat (i.e., la profondeur, le substrat et le couvert végétal). La représentation du spectre d'utilisation de ces trois attributs dans un système de

coordonnées cartésiennes définit un parallélépipède dont le volume est associé à la spécialisation à l'habitat (Fig. 1). Cette donnée a été collectée pour trois stades de vie différents (habitat de fraie, des juvéniles et des adultes) en lac et en rivière pour être ensuite compilée en un seul trait (Lane *et al.*, 1996a, b et c).

(12) Spécialisation au substrat — Taux maximal de spécialisation (pourcentage relatif du type de substrat préférentiel par rapport à la gamme complète) à neuf types de substrat (Lane *et al.*, 1996a,b et c) au cours de tout le cycle vital (aires d'alimentation, de reproduction et d'alevinage).

(13) Tolérance à la vase — Pourcentage relatif de l'affinité à la vase par rapport à la gamme complète des substrats utilisés par l'espèce.

(14) Tolérance à la turbidité — Affinité moyenne à la turbidité pour trois stades de vie différents (habitat de fraie, des juvéniles et des adultes) en lac et en rivière (Parent et Schriml, 1995).

(15) Habilité à la dispersion — Déduite de la dispersion post-glaciaire des espèces au Québec (Fig. 2) et en Amérique du Nord (Fig. 3). L'habilité à la dispersion est évaluée à partir de la direction du coefficient de dispersion et de la présence/absence de chaque espèce dans chaque région (Legendre et Legendre, 1984).

(16) Niveau trophique — Statut de l'espèce dans la chaîne alimentaire (i.e., herbivore, invertivore, carnivore) (Purvis *et al.*, 2000; Angermeier, 1995; Parent et Schriml, 1995; Winemiller et Rose, 1992).

(17) Taille du corps — Produit entre la longueur totale du corps (en mm) et la hauteur maximale du corps (en mm).

(18) Niveau d'occupation de l'espèce dans les régions ichthyogéographiques de l'Amérique du Nord — Rapport entre l'aire totale de répartition et la surface de toutes les régions ichthyogéographiques de l'Amérique du Nord occupées par l'espèce (en %).

(19) Nombre de régions ichthyogéographiques de l'Amérique du Nord où l'espèce est présente — Nombre total de régions ichthyogéographiques nord-américaines où l'espèce est présente.

(20) Aire de répartition — Superficie de l'aire de répartition totale en km² (COSEPAC, 2004; Kirchhofer, 1997; Musick, 1999; Purvis *et al.*, 2000; UICN, 1996).

(21) Niveau d'occupation de l'espèce dans les régions ichthyogéographiques de la péninsule québécoise — Rapport entre l'aire de répartition au Québec et la surface de toutes les régions ichthyogéographiques de la péninsule québécoise occupée par l'espèce (en %).

(22) Nombre de régions ichthyogéographiques de la péninsule québécoise où l'espèce est présente — Nombre total de régions ichthyogéographiques du Québec où l'espèce est présente.

(23) Migration en milieu marin — Ce trait définit si l'espèce montre un comportement migratoire en milieu marin ou si l'espèce reste en eau douce tout au cours de son cycle vital (Angermeier, 1995; Parent et Schriml, 1995; Winemiller et Rose, 1992).

(24) Habitat en milieu marin — Ce trait définit l'habitat de l'espèce en milieu marin (côtier, estuarien ou hauturier).

(25) Degré d'endémisme — Rapport entre l'aire de répartition au Québec et l'aire de répartition en Amérique du Nord de l'espèce (Musick *et al.*, 2000).

(26) Distinction taxonomique — Mesure de la représentativité phylogénétique des espèces. Elle fait ressortir essentiellement les taxons basaux (Van-Wright *et al.*, 1991).

Analyse statistique et comparaison

Les patrons d'association parmi les traits et l'ordination des espèces ont été étudiés à l'aide de l'analyse de correspondance floue (ACF), en utilisant l'approche de Chevenet *et al.* (1994). Une ACF a été faite pour chaque critère en combinant l'ensemble des traits du critère. Les espèces et les modalités de chaque trait ont ensuite été projetées sur un plan factoriel (Fig. 4). La position des espèces sur ce plan dépend de leurs caractéristiques en rapport aux traits du critère étudié. En étudiant la position des espèces par rapport à celles des modalités, il est possible de faire ressortir les différents profils que peuvent partager les espèces pour le critère étudié, soit leurs profils d'affinité.

Pour chaque critère, la distance entre les espèces et les modalités de chaque trait a été calculée à partir des coordonnées du plan factoriel de l'ACF correspondante et compilée dans une matrice (six ACFs, soit une par critère). À partir des six matrices des distances entre les espèces et les modalités, des analyses par groupement ont permis de regrouper les espèces en fonction des différents profils d'affinité (Fig. 5 à droite). La distance euclidienne a été utilisée pour déduire la similarité entre toutes les paires d'espèces (Legendre et Legendre, 1998). La procédure de groupement est à lien moyen; le lien simple classerait hiérarchiquement les espèces sans respecter l'ordre biologique établi entre les différents

groupements, alors que le lien complet accentuerait le contraste entre les groupes d'espèces (Legendre et Legendre, 1984).

Afin de caractériser le profil d'affinité des groupements pour un critère donné, la modalité moyenne de chaque trait a été calculée pour chaque groupement. Ce calcul nécessite au préalable une transformation des données de la matrice des distances entre les espèces et les modalités.

Soit la matrice des distances entre les espèces et les modalités pour un de n critère donnée dont la somme des rangées est t (le nombre d'espèces) et la somme des colonnes est m (le nombre de modalités pour le critère). Le nombre de traits pour ce critère est v et le nombre de modalités pour le trait est $m(v)$ (entre 2 et 7). À l'intersection entre la $i^{\text{ième}}$ espèce et la $k^{\text{ième}}$ modalité du $j^{\text{ième}}$ trait du $n^{\text{ième}}$ critère se trouve la distance D_{ij}^k avec $1 < i < t$, $1 < j < v$, et $1 < k < m(j)$.

Plus la distance entre l'espèce et la modalité est faible, plus l'affinité de l'espèce pour cette modalité est importante; l'affinité et la distance sont inversement proportionnelles. Les valeurs de distance vont être transformées afin de les rendre proportionnelles à l'affinité; elles correspondront alors à un poids de l'affinité des espèces pour les modalités. Soit D_{ij} , la somme des distances entre la $i^{\text{ième}}$ espèce et chaque modalité du $j^{\text{ième}}$ trait et Q_{ij}^k , le rapport entre cette somme et la distance D_{ij}^k :

$$(2) \quad D_{ij} = \sum_{k=1}^{m(j)} D_{ij}^k \quad \text{et} \quad Q_{ij}^k = D_{ij} / D_{ij}^k \quad (1)$$

La valeur du quotient Q issue de l'équation (2) est proportionnelle à l'affinité de la $i^{\text{ième}}$ espèce à la $k^{\text{ième}}$ modalité du $j^{\text{ième}}$ trait et nous donne un poids de l'affinité des espèces pour les modalités.

Le poids de l'affinité des espèces pour les modalités n'est pas équilibré entre les traits. Il faut alors pondérer les valeurs du quotient Q entre chaque trait. Chaque valeur de Q^k_{ij} correspondant aux $m(j)$ modalités du $j^{\text{ième}}$ trait est divisée par la plus petite valeur de Q^k_{ij} de ces $m(j)$ modalités. Soit q^k_{ij} , la plus petite valeur de Q^k_{ij} des $m(j)$ modalités du $j^{\text{ième}}$ trait de la $i^{\text{ième}}$ espèce :

$$P^k_{ij} = Q^k_{ij} / q^k_{ij} \quad (3)$$

Les valeurs de P^k_{ij} correspondent aux poids pondérés de l'affinité des espèces pour les modalités. Les poids pondérés de l'affinité des espèces pour les modalités vont permettre de déterminer, pour chaque trait, la modalité pour laquelle les espèces ont le plus d'affinité (Annexe 5). Soit P_{ij} , la somme des poids pondérés de l'affinité de la $i^{\text{ième}}$ espèce pour les modalités du $j^{\text{ième}}$ trait et $M(j)$, la modalité du $j^{\text{ième}}$ trait pour laquelle la $i^{\text{ième}}$ espèce a le plus d'affinité :

$$(4) \quad M(j) = \left[\sum_{k=1}^{m(j)} (P^k_{ij} * k) \right] / P_{ij} \quad \text{où} \quad P_{ij} = \sum_{k=1}^{m(j)} P^k_{ij} \quad (5)$$

$M(j)$ n'est pas un chiffre entier, l'affinité d'une espèce avec les modalités d'un trait n'étant pas toujours strictement orientée sur une seule modalité. Cela est d'autant plus vrai lorsque le trait est ordinal et que ses modalités correspondent à différentes classes successives le long d'un gradient. Lorsque le trait est nominal, l'espèce peut présenter une affinité plus ou moins importante pour plusieurs modalités. Par exemple, le niveau

trophique de l'Omble de fontaine, *Salvelinus fontinalis*, n'est pas strictement invertivore mais à la fois invertivore et piscivore (Tableau 2).

Ces nouvelles données transformées permettent maintenant d'attribuer la modalité moyenne de chaque trait qui caractérise les groupements établis à partir des six ACFs effectuées précédemment (une par critère). Cette modalité moyenne correspond à la moyenne des valeurs de $M(j)$ des espèces de même groupement (Fig. 5 au milieu).

À partir de la modalité moyenne de chaque trait attribué aux différents groupements, l'ANOVA ou le test de Kruskal Wallis (selon la normalité des données) ont permis de comprendre les liens biologiques entre les groupements d'espèces et d'établir entre eux un gradient de vulnérabilité pour les six critères. Le test de comparaison multiple de Tukey a permis de déduire la similarité entre les groupements pour chaque trait (Fig. 5 à gauche). Ce gradient de vulnérabilité nous permet de polariser les groupements du plus vulnérable (1) au moins vulnérable (5). Ainsi, un rang de 1 à 5, du plus vulnérable au moins vulnérable, est attribué à chaque espèce à partir de leur appartenance aux différents groupements établis en fonction des six critères (Annexe 6).

Une approche basée sur la comparaison interspécifique de patron de vulnérabilité doit se faire à partir d'un assemblage homogène d'espèces ayant une signification biologique. L'analyse des patrons de vulnérabilité a été faite à partir des communautés d'espèces appartenant aux six régions ichthyogéographiques de la péninsule québécoise. Sur la base de la matrice des distances entre les espèces et les modalités, mais par région ichthyogéographique, des analyses par groupement ont permis de regrouper les espèces suivant leur degré de similarité (Annexe 7). À partir du rang de vulnérabilité attribué à

chaque espèce, on calcule le rang de vulnérabilité moyen pour chacun de ces groupements (Fig. 6). Ainsi, un groupement dont la moyenne est comprise entre 2,5 et 3,5 est composé essentiellement d'espèces de rang 3. Ce rang moyen cible les groupements à risque en fonction des six critères et permet d'établir une liste des espèces vulnérables en fonction de chaque région (Tableau 3). Les analyses de variance ont été effectuées soit par l'ANOVA, soit par le test de Kruskal Wallis, selon la normalité des données. Un test de comparaison multiple de Tukey a permis de déduire la similarité entre les groupes selon chaque critère (Fig. 6).

Les analyses de correspondance floue (ACF) ont été réalisées avec le logiciel ADE 4, les analyses de groupement avec le logiciel PRIMER 5.0 et la normalité des données (test de Kolmogorov-Smirnov) avec le logiciel SYSTAT 9.0.

Résultats

Les régions ichthyogéographiques

À partir du résultat de l'analyse de groupement effectuée sur les 223 quadrats, les niveaux de similarité de 0,8 et 0,6 ont été arbitrairement choisis pour délimiter les régions et les sous-régions. Six groupements ont été isolés à un niveau de similarité de 0,6, définissant ainsi les six régions ichthyogéographiques principales (Fig. 2; ligne épaisse). Les groupements isolés au seuil de 0,8 représentent les 23 sous-régions ichthyogéographiques (Fig. 2; ligne mince).

Les régions ichthyogéographiques se distinguent en deux types : les zones franchement continentales (Régions B, C et E) *versus* les zones côtières (Régions A, D et F). Plusieurs

sous-régions limitrophes tels C4, C6 et C7 montrent le changement entre ces deux types de régions. La région E possède la plus forte richesse, alors que cette richesse diminue dans les régions plus au nord. Les flèches de dispersion (Fig. 2) sont toutes orientées vers le nord. Les poissons d'eau douce du Québec ont envahi le territoire à partir de la région E, soit le fleuve Saint-Laurent et la rivière des Outaouais et ont remonté vers le nord, selon leur habilité à la dispersion.

La figure 3 présente les régions et sous-régions ichthyogéographiques à l'échelle nord-américaine. Les régions fauniques présentées sont relatives à la faune ichthyenne du Québec et non à la diversité totale nord-américaine. Vingt sous-régions ichthyogéographiques ont été isolées à un niveau de similarité de 0,7 et huit régions (de A à H) à un niveau de 0,5. Les sous-régions E10 et E11, correspondant à la région des Grands Lacs et la côte est-américaine, possèdent la plus forte richesse spécifique. Les directions empruntées par les poissons lors de la dispersion post-glaciaire (Fig. 3; flèche noire) suggèrent que ces deux régions aient été des refuges glaciaires à partir desquels les espèces ont colonisé le reste du continent. Par interprétation, la faune ichthyenne du Québec provient donc dans sa totalité de la région des Grands Lacs.

Analyses multivariées

Pour les critères sur la productivité, le comportement reproducteur et la répartition géographique, l'ordination des espèces dans le plan factoriel F1xF2 suit une fonction polynomiale de 2^{ème} ordre, plus ou moins prononcée, appelée communément l'effet d'arche (Fig. 4). Le gradient s'étend le long de l'axe F1 et l'axe F2 est représentatif de l'erreur

standard. Le faible nombre d'espèces représentatives des extrémités du gradient contribue à augmenter l'erreur standard produisant ainsi un gradient en forme d'arche (Legendre et Legendre, 1998).

Les ratios de corrélation (Fig. 4) représentent la proportion de la variance totale expliquée pour chaque axe, c'est-à-dire l'importance relative de chaque trait pour chaque axe. La distribution des modalités s'explique surtout le long de l'axe F1. Quatre traits sur 24 [i.e., la longévité (1), le placement des oeufs (7), la superficie du corps (17) et l'aire de répartition (20)] expliquent plus de 80% de la variance de l'axe F1. Cependant, la variance expliquée de cet axe est inférieure à 50% pour la moitié des traits. L'importance relative de la température (6) est presque nulle pour les deux axes. La variance du critère sur le comportement migratoire est expliquée seulement par un trait : la migration en milieu marin (23) (Fig. 4; 74%). La variance du critère sur le niveau trophique s'explique par le trait de la superficie du corps (17) (Fig. 4; 93%).

Le critère sur le comportement reproducteur présente des patrons communs à plusieurs espèces. Ainsi, les espèces se superposent lorsqu'elles sont projetées dans le plan factoriel F1xF2 de l'analyse de correspondance.

L'ordination des espèces pour les critères sur la productivité et la répartition géographique est mieux différenciée comparativement aux autres critères. La variance totale de l'axe F1 (moyenne des ratios de corrélation de chaque trait) pour ces deux critères sont respectivement de 62 % et 63,4 %. La distribution des modalités forme un gradient de gauche à droite de l'axe F1 à l'exception du taux de croissance K (trait 4) se trouvant à l'inverse des autres traits (de la modalité 6 à la modalité 1).

Pour les autres critères, la plupart des traits ont un faible ratio de corrélation. Cependant, la distribution des modalités du critère sur les exigences écologiques, dont la variance expliquée est la plus faible (27%), montre un gradient le long de l'axe F1. De plus, la distribution des espèces pour les critères sur le comportement reproducteur et le niveau trophique est faite en deux groupements polarisés de chaque côté de l'axe F2, le long de l'axe F1.

Relations entre les traits et les espèces

Les analyses de groupement effectuées à partir de la matrice des distances entre les espèces et les modalités (calculée sur la base des coordonnées du plan factoriel des ACFs) ont permis, pour chaque critère, de grouper les espèces en fonction de leur similarité. Cette section présente les liens entre chaque groupe et leurs significations (Fig. 5).

Critère sur la productivité

On observe une diminution constante de la moyenne, du groupe 1 au groupe 5, pour tous les traits de productivité, à l'exception du taux de croissance K (4) qui est inversement proportionnel à la tendance (Fig. 5). Le test de Tukey montre des similitudes entre les groupes 1, 2 et 3 (Groupes 2 et 3 pour les traits 2, 4 et 6; Groupes 1 et 2 pour les traits 3 et 5). Cependant, l'ensemble des traits distingue chaque groupe suivant un gradient de productivité croissant du groupe 1 au groupe 5. Les espèces du groupe 1 sont très longévives, avec une durée de vie reproductive importante et une forte fécondité mais un taux de croissance très faible. Par contre, les espèces de rang 5 sont très productives, mais peu longévives, peu fécondes et se reproduisent peu de fois dans une vie.

Critère sur le comportement reproducteur

Les groupes 1 et 2 se différencient des groupes 3, 4 et 5, autant pour le trait de protection parentale (8) (modalité moyenne comprise entre [1,2-1,5] *versus* [1,65-1,9]) que pour les traits sur le placement des oeufs (7) (modalité moyenne comprise entre [2,1-2,3] *versus* [2,6-2,9]) et la fécondité (3) (modalité moyenne comprise entre [4,55-4,7] *versus* [3,4-4,1]) (Fig. 5). Le diamètre des œufs (9) est similaire pour les groupes 2 et 5, mais la distribution des modalités suit un patron équivalent à celui des autres traits (les groupes 1 et 2 se distinguent des groupes 3, 4 et 5). Les espèces non-gardiennes qui expulsent leurs œufs au hasard ou sur un substrat particulier (groupes 1 et 2) se distinguent des espèces gardiennes qui construisent un nid ou pondent sous une roche (groupes 3, 4 et 5). Ces dernières tendent à avoir un plus gros diamètre des œufs, mais une plus faible fécondité.

Critère sur les exigences écologiques

Les spécialisations au niveau alimentaire (10), de l'habitat (11) et du substrat (12) montrent une tendance graduelle à la baisse tandis que le trait de tolérance à la turbidité (14) évolue à l'inverse vers une hausse en deux paliers significativement distincts : les groupes 1 et 2 (modalité moyenne comprise entre [1,4-1,6]) et les groupes 3, 4 et 5 (modalité moyenne comprise entre [1,95-2]) (Fig. 5). L'habilité à la dispersion (15) suit aussi un gradient à la hausse avec trois paliers, les groupes 1 et 3 (modalité moyenne comprise entre [2,7-2,8]), 2 et 4 (modalité moyenne comprise entre [3,2-3,3]) et 5 (modalité moyenne de 3,76). Le groupe 2 ne montre pas de différence significative avec le groupe 3

(pour les traits 10 et 12), ni avec le groupe 5 (pour le trait 13). De plus, les groupes 3, 4 et 5 sont semblables (pour les traits 12 et 14). Le groupe 2 se rapproche plus des groupes 3, 4 et 5 que du groupe 1. Le groupe 1 fait donc ressortir un ensemble d'espèces au potentiel de dispersion faible, très spécialisées au niveau de leur alimentation et de l'utilisation des ressources de leur habitat.

Critère sur le niveau trophique

La superficie du corps (17) diminue de manière constante du groupe 1 au groupe 5, tandis que le trait sur le niveau trophique (16) baisse en deux paliers (Fig. 5). Le premier palier est constitué des groupes 1, 2 et 3 (modalité moyenne comprise entre [2,2-2,5]), tandis que le deuxième est constitué des groupes 4 et 5 (modalité moyenne comprise entre [1,79-1,82]). D'ailleurs, il n'y a aucune différence significative entre les groupes 1-2 et 4-5. Les espèces de rangs 1, 2 et 3 sont toutes de niveau trophique élevé. Cependant, elles se distinguent les unes des autres par une diminution graduelle de la superficie de leur corps.

Critère sur la répartition géographique

Tous les traits sur la répartition géographique (18 à 22) montrent une augmentation constante des modalités moyennes du groupe 1 au groupe 5 (Fig. 5). Cependant, il n'y a pas de différence significative entre les groupes 1-2 (pour les traits 20 et 22) et 4-5 (pour les traits 20 et 21). Pris dans leur ensemble, les traits distinguent chaque groupe suivant un gradient de répartition croissant du groupe 1 au groupe 5. Les espèces du groupe 1 ont une

répartition géographique restreinte alors que les espèces du groupe 5 possèdent une aire de répartition étendue.

Critère sur le comportement migratoire

On ne remarque aucune différence entre les groupes 1, 2, 3 et 4 pour le trait sur l'habitat en milieu marin (24) (Fig. 5). Le test de Tukey ne montre aucune différence significative entre les groupes 2 et 3. Les espèces sont distribuées suivant deux ensembles de groupes. Les groupes 1 et 2 sont représentatifs d'espèces strictement anadromes, catadromes ou ayant quelques populations landlockées, vivant en haute mer ou en estuaire. Les groupes 3, 4 et 5 sont constitués d'espèces strictement dulcicoles, dont certaines ont des populations anadromes vivant sur les côtes.

Vulnérabilité et régions ichthyogéographiques

L'analyse des patrons de vulnérabilité a été faite à partir des communautés d'espèces appartenant aux différentes régions ichthyogéographiques de la péninsule québécoise (A, B, C, D, E et F; Fig. 2). Cette section présente le rang de vulnérabilité moyen de chaque groupement ainsi que la similarité entre ces groupements en fonction des six critères et des six régions (Fig. 6).

Aucune différence significative n'est ressortie pour le critère sur la productivité de la région A et le critère sur la répartition géographique de la région D. Dans ces deux cas, le test non paramétrique de Kruskal Wallis (les résidus de l'ANOVA ne suivaient pas la normalité) indiquait une variance significative entre les groupes. Cependant, le test non

paramétrique de Tukey n'a pas été assez puissant pour montrer le détail de ces différences entre les cinq groupes d'espèces.

Aucune différence significative n'a été observée entre les régions A, B et C pour le comportement reproducteur, ainsi que pour les régions A, B, C, D et F pour le critère sur les exigences écologiques. Pour le comportement reproducteur et migratoire des espèces de la région E, l'ANOVA montre que les valeurs diffèrent significativement mais le test de Tukey ne montre pas de différence entre les groupes.

Le critère sur la répartition géographique montre que pour l'ensemble des régions, à l'exception de la région E, la moyenne des groupes est supérieure à 4 et donc que les espèces sont de rang 4 et 5.

Quelle que soit la région, plusieurs groupements se distinguent par une moyenne de 1 et un écart-type nul (1_A ; 1_B ; 5_C ; 2_D ; 4_D ; 1_E ; 2_F et 4_F) autant pour le critère sur la productivité que pour celui sur le niveau trophique (Fig. 6). Ces groupements sont strictement composés d'espèces de rang 1. On distingue donc un patron récurrent entre les régions d'espèces très peu productives, dont la superficie du corps et le niveau trophique sont les plus élevés. Cependant, ces espèces de rang 1 ne se distinguent pas des espèces de productivité de rang 2 et de niveau trophique de rangs 2 et 3 (Fig. 6). Le critère sur le niveau trophique montre, pour chaque région, des liens significatifs (test de Tukey) entre les groupements dont la moyenne est comprise entre 1 et 2,5 (1_B - 4_B ; 5_C - 6_C ; 2_D - 3_D - 4_D ; 1_E ; 2_F - 3_F - 4_F) et entre 1 et 3,5 (1_A - 2_A - 4_A - 5_A ; 1_B - 3_B - 4_B ; 2_C - 3_C - 5_C - 6_C ; 2_D - 3_D - 4_D - 5_D ; 1_E - 3_E - 4_E - 6_E ; 2_F - 3_F - 4_F - 5_F). De plus, les espèces de faible productivité et de niveau trophique élevé possèdent des aires de répartition étendues et n'ont pas de contrainte écologique restrictive; ce sont des espèces de

rangs 3, 4 et 5 dans ces deux derniers critères. Toutefois, on observe un cas particulier : le Saumon atlantique, *Salmo salar*, seul représentant des groupes 4_A et 2_C, est plus productif que les autres (productivité de rang 3) mais reste de niveau trophique élevé (moyenne de 1; $p < 0,05$) et de répartition géographique étendue (moyenne supérieure à 4).

Les groupements 4_D et 4_F, cités plus haut comme étant les moins productifs, de superficie du corps et de niveau trophique élevé, partagent d'autres caractéristiques (Fig. 6). Ils se distinguent par leur comportement reproducteur et migratoire. Concernant le comportement reproducteur, les groupes 4_D et 4_F se différencient par leur moyenne de 1. Par contre, le groupe 4_D ne montre aucune différence significative avec les groupes 3_D et 5_D ($p > 0,15$). Le groupe 4_F ne montre aucune différence ($p > 0,15$) avec les groupes 3_F (2 ± 0) et 5_F ($2,6 \pm 1,3$). Concernant leur comportement migratoire, les espèces des groupes 4_D et 5_D ($2,3 \pm 1,2$) se différencient significativement des autres. Le groupe 4_F possède un écart-type élevé à cause de la présence de l'Esturgeon jaune, *Acipenser fulvescens*, qui est strictement dulcicole. Cependant les autres espèces sont de rangs 1 et 2. De plus, la moyenne du groupe 4_F est la plus faible ($2,5 \pm 1,7$) comparativement à la moyenne intergroupe ($4,2 \pm 1,3$). Ce groupe 4_F montre une forte tendance à se distinguer des autres mais celle-ci n'est pas significative selon le test de Tukey.

Seule la région E possède un groupe se distinguant significativement, à la fois au niveau de ces exigences écologiques, de sa répartition géographique, de sa productivité et de son niveau trophique (Fig. 6). Au niveau des exigences écologiques, le groupe 5_E (moyenne de $1,9 \pm 1$), dont l'écart type se chevauche avec celui des groupes 4_E ($3,3 \pm 1,2$) et 2_E ($3,5 \pm 1,25$), se distingue significativement ($p < 0,05$) des autres d'après le test de Tukey. Il possède

aussi la plus faible moyenne ($p < 0,05$; $1,75 \pm 0,4$) quant à sa répartition géographique. Au niveau de la productivité et du niveau trophique, le groupe 5_E est significativement semblable au groupe 2_E selon le test de Tukey. La moyenne de ces deux groupements est comprise entre 3,5 et 5 autant pour le critère sur la productivité que sur le niveau trophique : les espèces du groupe 5_E sont productives et de faible niveau trophique. Elles ont un faible potentiel de dispersion et sont restreintes dans leur répartition géographique.

Du point de vue des exigences écologiques, les espèces du groupe 5_E se situent entre les rangs 1 et 4. Cependant, seulement quatre des 16 espèces de ce groupe, soit la Barbotte jaune, *Ameiurus natalis*, le Chat-fou brun, *Noturus gyrinus*, la Barbotte des rapides, *Noturus flavus* et le Crapet à longues oreilles, *Lepomis megalotis*, sont de rang 3 ou 4, le reste du groupe n'étant représenté que par des espèces de rang 1 et 2. Les espèces du groupe 5_E ont donc, dans leur majorité, des exigences écologiques restrictives car spécialisées dans des habitudes alimentaires et des habitats particuliers.

Discussion

Les patrons de vulnérabilité

Plusieurs études ont déjà démontré que les pressions anthropiques n'agissent pas toutes de la même manière sur les espèces animales et que certaines caractéristiques intrinsèques aux espèces peuvent mettre en évidence des patrons de vulnérabilité (Purvis *et al.*, 2000; Bennet et Owens, 1997; Angermeier, 1995). Cette analyse de la vulnérabilité des poissons d'eau douce du Québec en fonction de plusieurs critères et suivant différentes régions ichthyogéographiques a permis de distinguer trois patrons de vulnérabilité.

Dans la région estuarienne et dans le fleuve Saint-Laurent (régions D, E et F), on remarque que les espèces vulnérables sont de haut niveau trophique, avec de faibles exigences écologiques, un potentiel de dispersion important et une aire de répartition très étendue. Ces espèces sont de taille importante, très longévives, avec une durée de vie reproductive importante et une forte fécondité, mais avec un taux de croissance très faible. Elles sont, pour certaines, migratrices. Aucun soin parental n'est apporté à la reproduction, si ce n'est le choix d'un substrat particulier pour expulser des œufs de toute petite taille et en nombre considérable. Six espèces appartiennent à ce patron de vulnérabilité (Tableau 4, patron 1).

Bennet et Owens (1997), pour qui la taille est un indicateur important de la vulnérabilité, suggèrent que ces espèces sont généralement en faible abondance mais possèdent une aire de répartition importante et occupent un haut niveau trophique. Ces caractéristiques sont associées aux espèces de stratégies périodiques (Winemiller, 1992). Ce sont des poissons à maturité tardive, qui atteignent une taille suffisante pour produire une grande quantité de zygotes et permettre la survie des adultes durant les périodes difficiles (e.g., hiver, saison sèche, période de disponibilité de nourriture réduite). Ces espèces se reproduisent de manière synchronisée en relâchant un nombre massif de progénitures de petite taille dans des phases où les conditions environnementales sont plus favorables pour la croissance des larves et leur survie. La survie des larves est extrêmement faible et dépend des mouvements stochastiques des courants afin de trouver un environnement favorable (Winemiller et Rose, 1992). Ces poissons sont pour la plupart des migrateurs (Roff, 1988).

Le second patron de vulnérabilité est identique au premier à l'exception du comportement reproducteur. Ces espèces sont de taille importante, longévives, de haut niveau trophique, avec un taux de croissance faible, un potentiel de dispersion important et une aire de répartition étendue. Par contre, ces espèces construisent et gardent un nid ou pondent sous une roche. Ces poissons ont des œufs au diamètre plus gros, mais une plus faible fécondité. Elles peuvent être migratrices. Ce patron de vulnérabilité est strictement représenté par des Salmonidae (Tableau 4, patron 2) et se retrouve uniquement dans les régions nordiques A, B et C.

Plusieurs des caractères des espèces vulnérables de patron 2 sont souvent associés aux espèces de stratégie K d'adaptation à des ressources limitées ou un environnement densité-dépendant (Pianka, 1970). Par contre, la production d'œufs de grande taille ainsi que la pratique des soins parentaux s'apparentent plus à la stratégie d'équilibre décrite par Winemiller et Rose (1992). Cette stratégie aboutit à la production relativement restreinte de progénitures de grande taille ou plus développées. Cependant, Winemiller et Rose (1992) expliquent que les stratégies de vie des truites et des saumons correspondent à une variation de la stratégie d'équilibre aux latitudes nordiques où la saison de croissance est très courte. Cette variation implique l'anadromie, l'enfouissement des œufs et un faible taux de développement larvaire.

Ces deux patrons de vulnérabilité sont en accord avec le modèle de Parent et Schriml (1995) et les théories sur les cycles vitaux émis par Stearns (1976) : les espèces de sélection K sont plus sensibles à un risque d'extinction. Les soins parentaux, considérés par Stearns (1976) comme un facteur K, n'apparaissent pas être caractéristiques des stratégies r-K.

(Partridge et Harvey, 1988). D'ailleurs, les soins parentaux s'associent avec les espèces de très forte productivité (sélection r) selon nos résultats.

Ces deux patrons s'apparentent plus à des espèces peu productives qui maximisent la survie des adultes en ressources limitées ou durant des périodes difficiles. Par exemple, à de hautes latitudes, la saison de croissance courte augmente l'âge à la maturité et diminue la fréquence de fraie chez *Salvelinus alpinus* (Dutil, 1986). De plus, ces deux patrons sont caractérisés par des espèces très sensibles à l'exploitation, qui, paradoxalement, sont les plus exploitées. La plupart de ces espèces sont diadromes et donc contraintes par le blocage des voies migratoires (Angermeier, 1995).

Le dernier patron de vulnérabilité tient en considération des espèces totalement opposées aux espèces appartenant aux deux premiers patrons. Elles sont très spécialisées au niveau de leur alimentation et des ressources de l'habitat et ont un potentiel de dispersion faible. Leur aire de répartition est restreinte. Par contre, ce sont des espèces très productives, mais peu longévives, peu fécondes et se reproduisant peu de fois dans une vie. Dix-sept espèces correspondent à ce patron de vulnérabilité qui se retrouve uniquement dans le sud du Québec, soit la région E (Tableau 4, patron 3).

Généralement, l'abondance d'un taxon et son aire de répartition ne sont pas des entités indépendantes. Les espèces possédant des répartitions étendues tendent à avoir une abondance plus grande à l'intérieur des sites qu'elles occupent par rapport aux espèces géographiquement plus restreintes (Lawton, 1995; Brown, 1984). De plus, les espèces de poissons à maturité précoce, produisant de petits œufs et de petites fraies sont mieux adaptés pour coloniser les habitats après une perturbation mais à une échelle relativement

petite (Winemiller, 1992). La faible taille des populations, leur faible habilité à la dispersion ainsi que leur sensibilité écologique sont les principales causes de leur vulnérabilité. Des perturbations anthropiques majeures devraient avoir un impact important sur ce type d'espèces.

Bennet et Owens (1997) remarquent que les espèces d'oiseaux de faible fécondité sont associées à un risque d'extinction important. Ils argumentent que les populations à faible fécondité prennent plus de temps à atteindre un effectif suffisant comparativement aux espèces à forte fécondité. Cependant, les espèces de poissons à faible fécondité ont généralement un âge à maturité précoce et un taux intrinsèque de croissance élevé. Angermeier (1995) attribue la vulnérabilité des espèces de faible taille à leur faible habilité à la dispersion plutôt qu'à leur faible fécondité.

Cette analyse basée sur de larges comparaisons interspécifiques des traits propres aux espèces a fourni une base intéressante pour l'étude des patrons de vulnérabilité. Cependant, l'imprécision liée à la récolte des données pour une telle base de données ainsi que la puissance de certaines analyses statistiques produisent des bruits de fond qui empêchent de discerner le véritable sens biologique de certaines corrélations. De plus, le classement de certains traits dans les six critères est relativement arbitraire ce qui implique un recoupement entre les critères. Par exemple, le trait sur la fécondité relève à la fois de la productivité et du comportement reproducteur. Les différences associées aux stratégies r-K recourent plusieurs critères tels que la productivité, le comportement reproducteur, le niveau trophique et le comportement migratoire. Certains poissons peu productifs et de

stratégie K se reproduisent de manière synchronisée et sont des migrateurs, tels les esturgeons (*Acipenser*) et le Bar rayé (*Morone saxatilis*). D'autres poissons de stratégie K sont aussi de niveau trophique élevé, tel le Maskinongé (*Esox masquinongy*).

La comparaison des patrons de vulnérabilité à partir des différentes régions ichthyogéographiques met en évidence que certaines régions abritent des patrons de vulnérabilité spécifiques. Le premier patron de vulnérabilité cité se retrouve dans la région estuarienne et du fleuve Saint-Laurent (Régions D, E, F), le deuxième dans le nord du Québec (régions A, B, C) et le troisième dans le sud du Québec (région E). La prise en compte de ces régions dans l'élaboration de plans d'action nationaux visant à la conservation des espèces permettrait de mieux cibler les actions de conservation.

Les espèces vulnérables

La liste des espèces menacées ou vulnérables ou susceptibles d'être classées menacées ou vulnérables par la FAPAQ est composée de 12 espèces, deux sous-espèces et deux populations de la faune ichthyenne du Québec. Cette liste ne se base pas sur un indice appliqué à toute la faune ichthyenne du Québec, mais est établie grâce aux connaissances de plusieurs personnes ressources. À ce jour, deux espèces, l'Alose savoureuse, *Alosa sapidissima*, et le Fouille-roche gris, *Percina copelandi* ainsi qu'une population d'Éperlan arc-en-ciel, *Osmerus mordax* du sud de l'estuaire du Saint-Laurent sont désignées vulnérables tandis que le Chevalier cuivré, *Moxostoma hubbsi* est la seule espèce de poissons du Québec à être classée menacée.

Notre analyse, basée sur des caractères intrinsèques, a permis de faire ressortir 25 espèces vulnérables sur 98. Deux espèces seulement de la liste sur les espèces menacées ou vulnérables ou susceptibles d'être classées menacées ou vulnérables par la FAPAQ n'apparaissent pas dans nos résultats : le Méné laiton, *Hybognathus hankinsoni* et l'Alose savoureuse, *Alosa sapidissima*. La population d'Eperlan arc-en-ciel, *Osmerus mordax* du sud de l'estuaire (désignée vulnérable par la FAPAQ) et la population de Cisco de lac (fraie de printemps), *Coregonus artedi* (susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable par la FAPAQ), ne ressortent pas comme vulnérables au niveau spécifique selon notre analyse. Par contre, deux sous-espèces de la liste établie par la FAPAQ, l'Ombre chevalier oquassa, *Salvelinus alpinus oquassa* et le Brochet vermiculé, *Esox americanus vermiculatus* ressortent vulnérables au niveau spécifique selon nos résultats.

A la différence de notre étude, qui classe les deux espèces d'esturgeons comme vulnérables, le COSEPAC classe uniquement deux populations d'Esturgeon jaune, *Acipenser fulvescens*, dans un de ces statuts de vulnérabilité. Les Acipenseridae sont reconnues mondialement à risque d'extinction (Birstein, 1993).

Le Saumon atlantique, *Salmo salar*, classé vulnérable par notre analyse, n'est considéré à risque par aucun des deux organismes cités. La gestion actuelle des stocks de Saumon atlantique, *Salmo salar*, influence sûrement cette décision de la FAPAQ et de COSEPAC. En effet, sans cette gestion, le Saumon atlantique, *Salmo salar*, serait peut-être déjà éteint aujourd'hui. Cependant, selon Tremblay *et al.* (2004), le nombre de captures par la pêche sportive avant 1997 variait entre 20185 pour les meilleures années et 11634 pour les plus mauvaises. Entre 1999 et 2004, la valeur moyenne des captures est de 10069 poissons par

année. Cette valeur n'a jamais été aussi faible dans toute l'histoire du Québec (Tremblay *et al.*, 2004). Le groupe de travail "saumon atlantique" du Conseil International pour l'Exploration des Mers (CIEM) arrive au même constat : les captures sont à leur plus bas niveau dans le monde depuis quelques années déjà. Le CIEM remarque aussi, depuis plusieurs années, une diminution du prélèvement des grands saumons, en raison d'une inquiétante raréfaction. Cette fraction des stocks est sous la limite de conservation depuis plus de dix ans (Caron, 2000).

D'autres espèces encore, qui ressortent à risque selon notre analyse, subissent un déclin de population important mais ne sont pas considérées vulnérables ni par le COSEPAC ni par la FAPAQ. La surexploitation des populations de Touladi, *Salvelinus namaycush* dans plusieurs régions du Québec (Abitibi-Témiscamingue, Outaouais, Estrie, Mauricie, Bas-Saint-Laurent et Montréal) laisse présager un déclin d'abondance de l'espèce. La pêche commerciale de l'Anguille d'Amérique, *Anguilla rostrata*, produisait au début du vingtième siècle 500 tonnes métriques dans l'ensemble du Québec. En 1998, elle produisait à peine 270 tonnes métriques et est en diminution graduelle (Bernatchez et Giroux, 2000). L'Anguille d'Amérique est vraisemblablement en déclin, sa baisse d'abondance étant remarquée dans l'ensemble de son aire de répartition (Bernatchez et Giroux, 2000). Le Chabot des profondeurs, *Myoxocephalus thompsoni*, est une des espèces les plus rares de nos eaux, sa répartition n'ayant été rapporté que dans quatre lacs de la région de Gatineau (Bernatchez et Giroux, 2000). La situation du Bec de lièvre, *Exoglossum maxillingua*, semblerait critique dans plusieurs réseaux hydrographiques en Amérique du Nord (Crossman et Holm, 1996).

La classification de la Barbotte jaune, *Ameiurus natalis*, de la Barbotte des rapides, *Noturus flavus*, du chat-fou brun, *Noturus gyrinus* et du Crapet à longues oreilles, *Lepomis megalotis* est discutable. Ces quatre espèces sont les seules parmi les 16 espèces du groupe 5_E à ne pas être sensibles écologiquement. Par contre, elles sont, comme les autres espèces de ce groupe, de répartition géographique restreinte. La barbotte jaune, *Ameiurus natalis*, est toutefois très rare dans les eaux québécoises (Bernatchez et Giroux, 2000) mais son aire de répartition nord-américaine est étendue. Ainsi, sans pour autant considérer ces trois espèces comme vulnérables, nous devrions leur porter une attention particulière. Le classement de la Barbue de rivière, *Ictalurus punctatus* et du Lépisosté osseux, *Lepisosteus osseus* est aussi discutable. Ces deux espèces sont peu productives, de niveau trophique élevé, et la survie des jeunes est stochastique. Cependant, la Barbue de rivière semble en expansion dans le fleuve Saint-Laurent où elle est de plus en plus abondante en aval (Bernatchez et Giroux, 2000). Le Lépisosté osseux, extirpé entièrement de certains bassins de la Virginie (U.S.A.), se retrouve en surpopulation dans d'autres réseaux hydrographiques américains (Angermeier, 1995).

Le tiers des espèces présentant un degré d'endémisme élevé, soit quatre espèces sur douze, sont vulnérables. Le Chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*), seule espèce endémique du Québec, compte parmi celles-ci.

Cinq des onze espèces à haute distinction taxonomique sont vulnérables (voir Tableau 3). La distinction taxonomique fait ressortir les taxons basaux, c'est-à-dire partageant les synapomorphies d'un groupe mais ne possédant pas les synapomorphies dérivées à l'intérieur du même groupe (Trueb et Cloutier, 1991). Parmi les taxons basaux présents au

Québec, les Acipenseridae (les esturgeons, *Acipenser* spp.), les Amiidae (le Poisson castor, *Amia calva*) et les Lepisosteidae (le lépisosté osseux, *Lepisosteus osseus*) sont des actinoptérygiens basaux (Cloutier et Arratia, 2004). Les Anguillidae (L'anguille d'Amérique, *Anguilla rostrata*), sont des téléostéens basaux (Inoue et al., 2001). Selon Stiassny (1999) et Stiassny et de Pinna (1994), les taxons basaux, en plus d'être pauvres en espèces, ont aussi une faible abondance, ce qui les rend particulièrement vulnérables aux pressions environnementales. De plus, le fait de posséder une plus forte proportion de caractères plésiomorphes par rapport aux autres membres de leur lignée, leur attribue un rôle majeur dans notre compréhension de l'évolution. Les taxons basaux possèdent une valeur de comparaison unique et ils représentent une large fraction des espèces dont l'indice de distinction taxonomique est élevé (Van-Wright, 1991).

Le présent article illustre comment les traits biologiques, écologiques et biogéographiques peuvent être utilisés pour fournir la base d'une stratégie de conservation proactive, c'est-à-dire d'établir un rang de priorité des espèces potentiellement vulnérables, avant même que celles-ci ne deviennent réellement en voie de disparition ou soient reconnues comme tel. Les indices de vulnérabilité à l'extinction des poissons qui n'utilisent qu'un seul critère, tel celui utilisé par le COSEPAC basé essentiellement sur des traits biogéographiques, ne procurent pas la précision suffisante pour une estimation complète de la vulnérabilité d'un assemblage d'espèces. Cette étude montre que l'histoire évolutive des espèces est tout aussi importante que l'abondance ou l'aire de répartition pour estimer le risque d'extinction des espèces. Le défi actuel des stratégies de conservation proactive se situe donc en amont de l'évaluation du risque d'extinction : il faut recueillir des données

récentes sur des champs variés tels que les caractéristiques intrinsèques, la répartition géographique et les exigences écologiques pour un maximum d'espèces et particulièrement celles où ces données sont encore inconnues aujourd'hui.

Remerciements

Nous remercions Serge Parent pour sa base de données sur les traits écologiques et des cycles vitaux des espèces de la biozone du Saint-Laurent. Nous tenons à remercier Alain Caron pour son assistance rapide et efficace sur les analyses statistiques et biogéographiques. Nous remercions aussi Mirabelle Gouat pour son aide dans la compilation des données ainsi que Serge Parent et Luc Sirois pour leurs commentaires lors de l'évaluation de ce mémoire.

Bibliographies

- Angermeier, P.L. 1995. Ecological attributes of extinction-prone species: Loss of freshwater fishes of Virginia. *Conserv. Biol.* **9**: 143-158.
- Bennet, P.M. et I.P.F. Owens. 1997. Variation in extinction risk among birds: chance or evolutionary predisposition? *Proc. R. Soc. Lond. B* **264**: 401-408.
- Bergeron, J.F. et J. Brousseau. 1981. Guide des poissons d'eau douce du Québec. Direction générale de la faune, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Gouvernement du Québec.
- Bernatchez, L. et M. Giroux. 2000. Les poissons d'eau douce du Québec et leur répartition dans l'Est du Canada. Broquet, Boucherville.
- Birstein, V.J. 1993. Sturgeons and paddlefishes: threatened fishes in need of conservation. *Conserv. Biol.* **7**: 773-787.
- Bowen, B.W. 1998. What is wrong with ESUs? The gap between evolutionary theory and conservation principles. *J. Shellfish. Res.* **17**: 1355-1358.
- Bradbury C., M.M. Roberge et C.K. Minns. 1999. Life history characteristic of freshwater fishes occurring in Newfoundland and Labrador, with major emphasis on lake habitat requirements. *Can. Manusc. Rep. Fish. Aquat. Sci.* N° 2485.
- Brown, J.H. 1984. On the relationship between abundance and distribution of species. *Am. Nat.* **124**: 255-279.

- Caron, F. 2000. L'état du saumon atlantique sauvage dans le monde au début de l'an 2000. Rapport de mission de la réunion du groupe de travail du CIEM sur le saumon atlantique, Copenhague, du 3 au 13 avril 2000. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune.
- Chevenet, F., S. Dolédec et D. Chessel. 1994. A fuzzy coding approach for the analysis of long-term ecological data. *Freshwater Biol.* **31**: 295-309.
- Cloutier, R. et G. Arratia. 2004. Origin and early diversification of actinopterygians. Pp. 217-270. Dans Recent Advances in the Origin and Early Radiation of vertebrates. G. Arratia, M.V.H. Wilson et R. Cloutier (eds.). Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München.
- Coker, G.A., C.B. Portt et C.K. Minns. 2001. Morphological and ecological characteristics of Canadian freshwater fishes. *Can. Manusc. Rep. Fish. Aquat. Sci.* N° 2554 : iv+89p.
- Comité d'intervention. 1999. Plan d'intervention pour la survie du Chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*). Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la faune et des habitats.
- COSEPAC. 2004. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. World Wide Web electronic publication. <http://www.cosewic.gc.ca>.
- Crossman, E.J. et E. Holm. 1996. The status of the cutlips minnow, *Exoglossum maxillingua*, in Canada. *Can. Field-Nat.* **110**: 470-477.
- Desrosiers, A. 1995. Liste de la faune vertebrée au Québec. Ministère de l'Environnement et de la Faune. Sainte-Foy, Québec : Publications du Québec.

- Duncan, J.R. et J.L. Lockwood. 2001. Extinction in a field of bullets: a search for causes in the decline of the world's freshwater fishes. *Biol. Conserv.* **102**: 97-105.
- Dutil, J.D. 1986. Energetic constraints and spawning interval in the anadromous arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Copeia* **1986**: 945-955.
- Evans, C.L., J.D. Reist et C.K. Minns. 2002. Life history characteristic of freshwater fishes occurring in northwest territories and Nunavut, with major emphasis on riverine habitat requirements. *Can. Manusc. Rep. Fish. Aquat. Sci.* N° 2614 : xiii+169p.
- Froese, R. et C. Binohlan. 2000. Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity, and length at maximum yield per recruit in fishes, with a simple method to evaluate length frequency data. *J. Fish Biol.* **56**: 758-773.
- Froese, R. et D. Pauly. (Editors). 2004. FishBase. World Wide Web electronic publication. <http://www.fishbase.org>.
- Giroux, M. 1997. Rapport sur la situation de l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) anadrome du sud de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent au Québec. Sinfibec pour le ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction régionale Chaudière-Appalaches, Direction régionale du Bas-Saint-Laurent et Direction de la faune et des habitats.
- Inoue, J.G., M. Miya, K. Tsukamoto et M. Nishida. 2001. A mitogenomic perspective on the basal teleostean phylogeny: resolving higher-level relationships with longer DNA sequences. *Mol. Phylog. Evol.* **30**: 275-285.

- Kirchhofer, A. 1997. The assessment of fish vulnerability in Switzerland based on distribution data. *Biol. Conserv.* **80**: 1-8.
- Kottelat, M. 1998. Systematics, species concepts and the conservation of freshwater fish diversity in Europe. *Ital. J. Zool.* **65** (suppl): 65-72.
- Lachance, S. 1997. Rapport sur la situation du brochet d'Amérique (*Esox americanus americanus*) au Québec. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats.
- Lane, J.A, C.B. Portt et C.K. Minns. 1996a. Nursery habitat characteristics of great lakes fishes. *Can. Manusc. Rep. Fish. Aquat. Sci.* N° 2338 : v+42p.
- Lane, J.A, C.B. Portt et C.K. Minns. 1996b. Adult habitat characteristics of great lakes fishes. *Can. Manusc. Rep. Fish. Aquat. Sci.* N° 2358 : v+43p.
- Lane, J.A, C.B. Portt et C.K. Minns. 1996c. Spawning habitat characteristics of great lakes fishes. *Can. Manusc. Rep. Fish. Aquat. Sci.* N° 2368 : v+48p.
- Lawton, J.H. et R.M. May. 1995. *Extinction rates*. Oxford University Press.
- Lapointe, M. 1997. Rapport sur la situation du fouille-roche gris (*Percina copelandi*) au Québec. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats.
- Lee, D.S., C.R. Gilbert, C.H. Hocutt, R.E. Jenkins, D.E. McAllister et J.R.J. Stauffer. 1980. *Atlas of North American Freshwater Fishes*. North Carolina State Museum of Natural History, Raleigh, N.C.
- Legendre, P. et L. Legendre. 1998. *Numerical Ecology*. 2nd English edition. Elsevier Science BV, Amsterdam.

- Legendre, P. et V. Legendre 1984. Postglacial dispersal of freshwater fishes in the Québec peninsula. *Can. J. Fish. Sci.* **41**: 1781-1802.
- McAllister, D.E., S.P. Platania, F.W. Schueler, M.E. Baldwin et D.S. Lee. 1986. Ichthyofaunal patterns on a geographic grid. Pp. 17-51. Dans The Zoogeography of North American Freshwater Fishes. C.H. Hocutt et E.O. Wiley (eds.). John Wiley and sons, New York.
- Maitland, P.S. 1995. The conservation of freshwater fish: Past and present experience. *Biol. Conserv.* **72**: 259-270.
- Mandrak, N.E. 1995. Biogeographic patterns of fish species richness in Ontario lakes in relation to historical and environmental factors. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **52**: 1462-1474.
- Miller, R.R., James D.W. et J.E. Williams. 1989. Extinctions of North American fishes during the past century. *Fisheries* **14**: 22-38.
- Moisan, M. 1998. Rapport sur la situation du chevalier de rivière (*Moxostoma carinatum*) au Québec. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats.
- Moisan, M. et H. Laflamme. 1999. Rapport sur la situation de l'esturgeon jaune (*Acipenser fulvescens*) au Québec. Faune et Parcs Québec, Direction de la faune et des habitats, Québec.
- Moritz, C. 1994. Defining « evolutionarily significant units » for conservation. *Trends Ecol. Evol.* **9**: 373-375.
- Musick, J.A. 1999. Criteria to define extinction risk in marine fishes. *Fisheries* **24**: 6-14.

- Musick, J.A., M.M Harbin, S.A. Berkeley, G.H. Burgess, A.M. Eklund, L. Findley, R.G. Gilmore, J.T. Golden, D.S. Ha, G.R. Huntsman, J.C. McGovern, S.J. Parker, S.G. Poss, E. Sala, T.W. Schmidt, G.R. Sedberry, H. Weeks et S.G. Wright. 2000. Marine, estuarine, and diadromous fish stocks at risk of extinction in North America (exclusive of Pacific salmonids). *Fisheries* **25**: 6-30.
- Pianka, E.R. 1970. On r- and K-selection. *Am. Nat.* **104**: 592-597.
- Paloheimo, J.E. et H.A. Regier. 1982. Ecological approaches to stresses multispecies fisheries resources. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* **59**: 127-132.
- Parent, S. et L.M. Schriml. 1995. A model for the determination of fish species at risk based upon life-history traits and ecological data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **52**: 1768-1781.
- Parsons, P.A. 1995. Evolutionary response to drought stress: Conservation implications. *Biol. Conserv.* **74**: 21-27.
- Partridge, L. et P.H. Harvey. 1988. The ecological context of life history evolution. *Science* **241**: 1449-1455.
- Portt, C. B., G. Coker et C.K. Minns. 1999. Riverine habitat characteristics of fishes of the Great Lakes watershed. *Can. Manusc. Rep. Fish. Aquat. Sci.* N° 2481 :vi+62p.
- Powles, H., M.J. Bradford, R.G. Bradford, W.G. Doubleday, S. Innes et C.D. Levings. 2000. Assessing and protecting endangered marine species. *J. Marine Sci.*, **57**: 669-676.
- Purvis, A., J.L. Gittleman, G. Cowlshaw et G.M. Mace. 2000. Predicting extinction risk in declining species. *Proc. R. Soc. Lond. B* **267**: 1947-1952.

- Ricciardi, A. et J.B. Rasmussen. 1999. Extinction rates of North American freshwater fauna. *Conserv. Biol.* **13**: 1220-1222.
- Richardson, E.S., J.D. Reist et C.K. Minns. 2001. Life history characteristics of freshwater fishes occurring in the Northwest Territories and Nunavut, with major emphasis on lake habitat requirements. *Can. Manusc. Rep. Fish. Aquat. Sci.* N° 2569.
- Rioux, S. et R. Gagnon. 2000. Développement d'un indice d'intégrité biotique appliqué aux populations de poissons : revue de littérature. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune de la région du Bas-Saint-Laurent. 73 p.
- Robitaille, J.A. 1997. Rapport sur la situation de l'alose savoureuse (*Alosa sapidissima*) au Québec. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats.
- Roff, D.A. 1988. The evolution of migration and some life-history parameters in marine fishes. *Environ. Biol. Fish.* **22**: 133-146.
- Scott, W.B. et E.J. Crossman. 1973. *Freshwater Fishes of Canada*. Bull. Fish. Res. Board Can. No. 184:xviii+1026.
- Stearns, S.C. 1976. Life-history tactics: A review of the ideas. *Quart. Rev. Biol.* **51**: 3-47.
- Stiassny, M.L.J. 1999. The medium is the message: Freshwater biodiversity in peril. Pp. 53-71. Dans *The living Planet in Crisis : Biodiversity Science and Policy*. J. Cracraft et F. Griffo (eds). Columbia Univ. Press, New York.

- Stiassny, M.L.J. et M.C.C. de Pinna. 1994. Basal taxa and the role of cladistic patterns in the evaluation of conservation priorities: a view from freshwater. *Syst. Conserv. Eval.* **50**: 235-249.
- Tachet, H., P. Richoux, M. Bournaud et P. Usseglio-Polatera. 2000. *Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie*. CNRS éditions, Paris.
- Terborgh, J. W. et B. Winter. 1980. Some causes of extinction. Pp. 119-133. Dans *Conservation biology : an evolutionary-ecological perspective*. M.E. Soulé et B.A Wilcox (eds). Sinauer, Sunderland, Massachussets.
- Therrien, J. 1998. Rapport sur la situation de l'esturgeon noir (*Acipenser oxyrinchus*) au Québec. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, Service de la faune aquatique.
- Tremblay, S., F. Caron, C. Groleau et D. Deschamps. 2004. Bilan de l'exploitation du saumon au Québec en 2003. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction du développement de la faune.
- Trépanier, S. et J.A. Robitaille. 1995. Rapport sur la situation de certaines populations indigènes de bar rayé (*Morone saxatilis*) au Québec et au Canada. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats.
- Trueb, L. et R. Cloutier 1991. A phylogenetic investigation of the inter- and intrarelationships of the Lissamphibia (Amphibia: Temnospondyli). Pp. 223-313. Dans *Origins of the Higher Groups of Tetrapods: Controversy and Consensus*. H.-P. Schultze et L. Trueb (eds). Cornell University Press.

- UICN. 1996. Catégories de l'UICN pour les listes rouges.
<http://www.iucn.org/themes/ssc/redlists/fr-categ.htm>.
- Vane-Wright, R.I., G.J. Humphries et P.H. Williams. 1991. What to protect? Systematics and the agony of choice. *Biol. Conserv.* **55**: 235-254.
- Vieglais, D. 2003. The species analyst. World Wide Web electronic publication.
<http://speciesanalyst.net>.
- Waples, R.S. 1991. Pacific salmon, *Oncorhynchus* spp., and the definition of "species" under the Endangered Species Act. *Mar. Fish. Rev.* **53**: 11-22.
- Williams, J.E., J.E. Johnson et D.A. Hendrickson. 1989. Fishes of North America endangered, threatened, or of special concern. *Fisheries* **14**: 2-20.
- Winemiller, K.O. et K.A. Rose. 1992. Patterns of life-history diversification in North American fishes: Implications for population regulation. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **49**: 2196-2218.

Tableaux

TABLEAU 1. Critères, traits des espèces et leurs modalités (ainsi que les numéros auxquels ces critères et ces traits sont associés dans les figures qui suivent) récoltés sur les 98 espèces de poissons d'eau douce du Québec. Le trait « fécondité » est utilisé à la fois pour le critère « productivité » et « comportement reproducteur ».

Critères	No	Traits	No	Modalités	Critères	No	Traits	No	Modalités		
PRODUCTIVITÉ	1	Longévité	1	<=5	NIVEAU TROPHIQUE	12	Spécialisation au substrat	1	Nul		
			2	[5-7]				2	Faible		
			3	[7-11]				3	Moyenne		
			4	[11-20]				4	Forte		
			5	[20-30]				5	Très forte		
			6	>30				13	Tolérance à la vase	1	Nul
	2	Durée de vie reproductive	1	0		2	Très faible				
			2	[0-2]		3	Faible				
			3	[2-5]		4	Moyenne				
			4	[5-10]		5	Forte				
			5	[10-20]		6	Très forte				
	3	Fécondité	1	<=800		14	Tolérance à la turbidité	1	Faible		
			2	[800-2500]				2	Moyenne		
			3	[2500-10000]				3	Forte		
			4	[10000-25000]				15	Habilité à la dispersion	1	Nul
			5	[25000-60000]						2	Faible
			6	[60000-110000]						3	Moyen
			7	>110000						4	Fort
	5	>0.85	5	Très fort							
	4	Coefficient de croissance K	1	<=0.06		16	Niveau trophique	1	Herbivore		
2			[0.06-0.15]	2	Invertivore						
3			[0.15-0.25]	3	Piscivore						
4			[0.25-0.4]	17	Taille du corps (mm ³)			1	<=2500		
5			[0.4-0.85]					2	[2500-9000]		
6	>0.85	3	[9000-20000]								
5	Taux de croissance des jeunes de l'année (mm/an)	1	<=35			4	[20000-35000]				
		2	[35-50]			5	[35000-75000]				
		3	[50-70]	6	[75000-140000]						
		4	[70-90]	7	>140000						
		5	[90-175]	18	Niveau d'occupation de l'espèce dans les régions ichthyogéographiques de l'Amérique du Nord (%)	1	<= 14				
6	>175	2	[14-50]								
6	Température (° C)	1	<=10			3	[50-60]				
		2	[10-15]			4	[60-70]				
		3	[15-20]			5	[70-80]				
		4	[20-25]	6	> 80						
		5	[25-30]	19	Nombre de régions ichthyogéographiques de l'Amérique du Nord où l'espèce est présente	1	<= 4				
6	>30	2	[4-6]								
7	Placement des œufs	1	Aucun soin			3	[6-8]				
		2	Choix du substrat			4	[8-10]				
		3	Spéléophile			5	> 10				
		4	Construit un nid	20	Aire de répartition (Km ²)	1	<= 7.8 ^{°5}				
		5	Non gardien			2	[7.8 ^{°5} -17.7 ^{°6}]				
2	Gardien	3	[17.7-27.7 ^{°6}]								
1	<=0.9	4	[27.7-37.7 ^{°6}]								
2	[0.9-1.2]	5	[37.7-51.7 ^{°6}]								
3	[1.2-1.8]	6	[51.7-75.5 ^{°6}]								
4	[1.8-2.4]	7	> 7.5 ^{°6}								
5	[2.4-3.4]	21	Niveau d'occupation de l'espèce dans les régions ichthyogéographiques de la péninsule québécoise (%)	1	<=30						
6	[3.4-4]			2	[30-45]						
7	>4			3	[45-60]						
3	Fécondité			1	<=800	4	[60-75]				
				2	[800-2500]	5	[75-90]				
				3	[2500-10000]	6	> 90				
				4	[10000-25000]	22	Nombre de régions ichthyogéographiques de la péninsule québécoise où l'espèce est présente	1	1		
		5	[25000-60000]	2	2						
		6	[60000-110000]	3	[2-4]						
		7	>110000	4	[4-6]						
1	Nul	5	[7-12]								
10	Spécialisation alimentaire	2	Faible	6	> 12						
		3	Moyenne	23	Migration en milieu marin	1	Sédentaire				
		4	Forte			2	Migrateur				
		5	Très forte			1	Côtier				
		11	Spécialisation à l'habitat			1	Nul	2	Estuarienne		
						2	Très faible	3	Hauturier		
3	Faible					24	Habitat en milieu marin				
4	Moyenne										
5	Forte										
6	Très forte										
EXIGENCE ECOLOGIQUE	10	Spécialisation alimentaire	1	Nul	COMPORTEMENT MIGRATOIRE			23	Migration en milieu marin	1	Sédentaire
			2	Faible						2	Migrateur
			3	Moyenne		1	Côtier				
			4	Forte		2	Estuarienne				
			5	Très forte		3	Hauturier				
			6	>30		1	Nul				

TABLEAU 2. Codage de l'Ombre de fontaine, *Salvelinus fontinalis*, pour les trois modalités du trait "niveau trophique" (16) selon l'approche du codage flou.

numéro de la modalité	Nature de la modalité	Note d'affinité	En %
1	Herbivore	0	0
2	Invertivore	3	60
3	Piscivore	2	40
Total		5	100

TABLEAU 3. Vulnérabilité des 98 espèces de poissons dulcicoles du Québec par région ichthyogéographique (Colonne A à F). Ces régions ichthyogéographiques sont présentées dans la figure 2. Les cellules grises représentent les régions où l'aire de répartition de l'espèce couvre au moins 25% de la région ou présente plus de 75% de sa superficie dans cette région. Les croix X indiquent les régions où l'espèce est vulnérable. La colonne "Vul" indique le statut de vulnérabilité appliqué aux poissons dulcicoles du Québec par la FAPAQ (<http://www.fapaq.gouv.qc.ca>) : "V" est une espèce, sous-espèce ou population désignée vulnérable, "M" est une espèce, sous-espèce ou population désignée menacée et "S" est une espèce, sous-espèce ou population susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable. La colonne "End" indique les espèces au degré d'endémisme élevée : "E" désigne une espèce dont plus de 14 % de son aire de répartition se trouve au Québec. La colonne "Dist" indique les espèces de distinction taxonomique élevée ("D") telle que les taxons basaux.

Nom latin	Vul	A	B	C	D	E	F	End	Dist	Nom latin	Vul	A	B	C	D	E	F	End	Dist
<i>Lampetra appendix</i>									D	<i>Ameiurus notalis</i>						X			
<i>Ichthyomyzon fossor</i>	S					X			D	<i>Ameiurus nebulosus</i>									
<i>Ichthyomyzon unicuspis</i>									D	<i>Ictalurus punctatus</i>						X			
<i>Petromyzon marinus</i>									D	<i>Salmo salar</i>		X		X					E
<i>Amia calva</i>									D	<i>Salvelinus fontinalis</i>									E
<i>Lepisosteus osseus</i>						X			D	<i>Salvelinus alpinus</i>	S ^a	X	X	X	X		X		
<i>Acipenser fulvescens</i>	S	X				X	X		D	<i>Salvelinus namaycush</i>		X	X	X	X		X		E
<i>Acipenser oxyrinchus</i>	S				X		X	E	D	<i>Prosopium cylindraceum</i>									E
<i>Hiodon alosoides</i>									D	<i>Coregonus artedii</i>	S ^b								E
<i>Hiodon tergisus</i>									D	<i>Coregonus chupeaformis</i>									
<i>Anguilla rostrata</i>					X	X	X		D	<i>Osmereus mordax</i>	V ^c								
<i>Alosa pseudoharengus</i>										<i>Esox americanus</i>	S ^d					X			
<i>Alosa sapidissima</i>	V									<i>Esox lucius</i>									
<i>Dorosoma cepedianum</i>										<i>Esox masquinomy</i>									
<i>Notemigonus crysoleucas</i>										<i>Esox niger</i>									
<i>Pimephales notatus</i>										<i>Umbra lim</i>									
<i>Pimephales promelas</i>										<i>Microgadus tomcod</i>									E
<i>Cyprinella spiloptera</i>										<i>Lota lota</i>									
<i>Luxilus cornutus</i>										<i>Percopsis omiscomaycus</i>									
<i>Notropis atherinoides</i>										<i>Fundulus diaphanus</i>									
<i>Notropis heteroclitus</i>	S					X				<i>Labidesthes sicculus</i>						X			
<i>Notropis heterodon</i>										<i>Gasterosteus aculeatus</i>									E
<i>Notropis heteroclitus</i>										<i>Culaea inconstans</i>									
<i>Notropis hudsonius</i>										<i>Pungitius pungitius</i>									E
<i>Notropis rubellus</i>										<i>Cottus bairdi</i>									E
<i>Notropis stramineus</i>										<i>Cottus cognatus</i>									
<i>Notropis volucellus</i>										<i>Cottus ricei</i>									
<i>Rhinichthys atratulus</i>										<i>Myoxocephalus thompsoni</i>						X			
<i>Rhinichthys cataractae</i>										<i>Morone chrysops</i>									
<i>Esogobius maximiliana</i>						X				<i>Morone saxatilis</i>						X	X		
<i>Hybognathus hankinsoni</i>	S									<i>Ambloplites rupestris</i>									
<i>Hybognathus regius</i>										<i>Pomoxis nigromaculatus</i>									
<i>Comesatus plumbeus</i>										<i>Lepomis gibbosus</i>									
<i>Semotilus atromaculatus</i>									E	<i>Lepomis macrochirus</i>									
<i>Semotilus corporalis</i>										<i>Lepomis megalotis</i>						X			
<i>Margariscus margarita</i>										<i>Micropterus dolomieu</i>									
<i>Phoxinus phoxinus</i>										<i>Micropterus salmoides</i>									
<i>Moxostoma valenciennesi</i>										<i>Percina flavescens</i>									
<i>Moxostoma carinatum</i>	S					X				<i>Sizostedion canadense</i>									
<i>Moxostoma hubbsi</i>	M					X		E		<i>Sizostedion vitreum</i>									
<i>Moxostoma macrolepidotum</i>										<i>Etheostoma caeruleum</i>	S					X			
<i>Moxostoma valenciennesi</i>										<i>Etheostoma exile</i>									
<i>Catostomus commersoni</i>										<i>Etheostoma flabellare</i>									
<i>Carpionotus cyprinus</i>										<i>Etheostoma nigrum</i>									
<i>Noturus flavus</i>						X				<i>Etheostoma ohiense</i>						X			
<i>Noturus gyrinus</i>						X				<i>Percina caprodes</i>	V					X			
<i>Noturus insignis</i>	S					X				<i>Percina copelandi</i>	S					X			
										<i>Ammocrypta pellicula</i>									
										<i>Aplodinotus grunnius</i>									

a : Sous-espèce *Salvelinus alpinus oquassa*

b : population du lac de Ecorces; fraie de printemps

c : population du sud de l'estuaire du Saint-Laurent

d : Sous-espèce *Esox americanus vermiculatus*

TABLEAU 4. Inventaire des espèces appartenant aux trois patrons de vulnérabilité cités dans cette étude. Le patron 1 est caractérisé par des espèces de croissance faible dont la taille, la longévité et la fécondité sont importantes. Elles ne donnent aucun soin parental. Le patron 2 comprend des espèces similaires au patron 1 mais de fécondité plus faible, des oeufs plus gros et des soins parentaux. Elles construisent et gardent un nid ou pondent sous une roche. Le patron 3 est représenté par des espèces très spécialisées au niveau de leur alimentation et des ressources de l'habitat. Elles ont un potentiel de dispersion faible et une aire de répartition restreinte.

PATRON 1		PATRON 3	
Esturgeon jaune	<i>(Acipenser Fulvescens)</i>	Lamproie du nord	<i>(Ichthyomyzon fossor)</i>
Esturgeon noir	<i>(Acipenser Oxyrinchus)</i>	Méné d'herbe	<i>(Notropis bifrenatus)</i>
Anguille d'amérique	<i>(Anguilla rostrata)</i>	Chevalier cuivré	<i>(Moxostoma hubbsi)</i>
Bar rayé	<i>(Morone saxatilis)</i>	Chevalier ballot	<i>(Moxostoma carinatum)</i>
Barbue de rivière	<i>(Ictalurus punctatus)</i>	Chat-fou liséré	<i>(Noturus insignis)</i>
Lépisosté osseux	<i>(Lepisosteus osseus)</i>	Barbotte des rapides	<i>(Noturus flavus)</i>
PATRON 2		Chat-fou brun	<i>(Noturus gyrinus)</i>
Saumon atlantique	<i>(Salmo salar)</i>	Bec de lièvre	<i>(Exoglossum maxillingua)</i>
Ombre chevalier	<i>(Salvelinus alpinus)</i>	Brochet d'Amérique	<i>(Esox americanus)</i>
Touladi	<i>(Salvelinus namaycush)</i>	Barbotte jaune	<i>(Ameiurus natalis)</i>
		Crayon d'argent	<i>(Labidesthes sicculus)</i>
		Chabot des profondeurs	<i>(Myoxocephalus thompsoni)</i>
		Dard arc-en-ciel	<i>(Etheostoma caeruleum)</i>
		Raseux de terre gris	<i>(Etheostoma olmstedti)</i>
		Fouille roche gris	<i>(Percina copelandi)</i>
		Dard de sable	<i>(Ammocrypta pellucida)</i>
		Crapet à longues oreilles	<i>(Lepomis megalotis)</i>

Légendes

FIGURE 1. Représentation dans un plan factoriel à trois dimensions de la spécialisation à l'habitat des espèces de poissons. Chaque axe correspond à un attribut de l'habitat (la profondeur, le substrat et le couvert végétal). Le spectre d'utilisation de l'espèce est défini par le nombre de catégories de l'attribut utilisées par l'espèce. Plus il y a de catégories utilisées par l'espèce, plus le spectre d'utilisation est important et plus l'espèce est généraliste pour cet attribut. La spécialisation à l'habitat est représentée par le produit des trois spectres d'utilisation, matérialisé dans l'espace par un parallélépipède. Plus le volume de ce dernier est important, plus l'espèce est généraliste. Deux exemples illustrent cette méthode, ils correspondent à la spécialisation à l'habitat pour le stade de vie adulte et en lac d'une espèce généraliste, le Meunier noir (*Catostomus commersoni*; grand cube) et d'une espèce spécialiste, le Fouille roche gris (*Percina copelandi*; petit cube)..... 72

FIGURE 2. Carte des régions (en ligne épaisse) et des sous-régions (en ligne mince) ichthyogéographiques de la péninsule québécoise et de la dispersion post-glaciaire des 98 espèces de poissons du Québec. Cette carte a été réalisée sur la base des aires de répartition actuelles des espèces de poissons du Québec et selon le critère de groupement objectif décrit par Legendre et Legendre (1984). Les flèches représentent la direction du coefficient de dispersion entre deux régions adjacentes. Chaque région est identifiée par une lettre (de A à F) et un chiffre (de 1 à 8). Le nombre entre parenthèses est le nombre d'espèces dont l'aire de

répartition couvre au moins 25% de la région ou présente plus de 75% de sa superficie dans cette région..... 73

FIGURE 3. Carte des régions (en ligne épaisse) et des sous-régions (en ligne mince) ichthyogéographiques de l’Amérique du Nord et de la dispersion post-glaciaire des 98 espèces du Québec. Cette carte a été réalisée sur la base des aires de répartition actuelles des espèces de poissons du Québec et selon le critère de groupement objectif décrit par Legendre et Legendre (1984). Les flèches représentent la direction du coefficient de dispersion entre deux régions adjacentes. Chaque région est identifiée par une lettre (de A à G) et un chiffre (de 1 à 4). Le nombre entre parenthèses est le nombre d’espèces dont l’aire de répartition couvre au moins 25% de la région ou présente plus de 75% de sa superficie dans cette région..... 74

FIGURE 4. Ordination des 24 traits biologiques, écologiques et biogéographiques de six analyses de correspondance floue sur le plan factoriel F1xF2 pour les 98 espèces de poissons dulcicoles du Québec. Chaque analyse de correspondance floue fait référence à un des six critères. Le trait « fécondité » est employé dans deux analyses différentes, pour les critères « productivité » et « comportement reproducteur », ce qui explique la présence de deux graphiques pour le même trait. Les numéros entre parenthèses en haut à droite de chaque graphique correspondent aux numéros des traits dont la nature est précisée à gauche de la figure pour chaque critère ainsi que dans le tableau 1. La distribution des modalités est indiquée par les numéros encadrés (Voir Tableau 1). Les petits

cercles vides représentent les 98 espèces. Le ratio de corrélation de chaque trait est indiqué en haut à gauche pour l'axe F2 et en bas à droite pour l'axe F1 75

FIGURE 5. Présentation des groupements d'espèces effectués par critère. Les diagrammes à droite montrent pour chaque critère, la projection des espèces sur le plan factoriel F1xF2 de l'analyse de correspondance. Les ellipses représentent les groupes formés. Les diagrammes au centre montrent la modalité moyenne de chaque trait en fonction des cinq groupements. À chaque symbole correspond un trait particulier. La modalité moyenne des traits pour chaque groupement présentée dans cette figure est une moyenne de la modalité moyenne des espèces (voir Annexe 5) qui composent chaque groupement. Les diagrammes à gauche montrent les résultats du test de comparaison multiple de Tukey par traits et entre chaque groupement. Les barres indiquent les groupements associés par le test..... 76

FIGURE 6. Distribution par région (de A à F) de la moyenne et de l'écart type du rang de vulnérabilité (1 à 5) de chaque groupement d'espèces pour chacun des six critères. Sous chaque diagramme se trouvent à gauche la moyenne générale et son écart-type et à sa droite le type d'analyse de variance utilisé (AN : ANOVA; KW : test de Kruskal Wallis) et s'il est significatif (S) ou non (NS). Le test de comparaison multiple de Tukey (paramétrique ou non) accompagne les analyses de variance de probabilité significative. Les traits pleins lient les groupements significativement semblables ($p < 0,05$) et les traits pointillés montrent les tendances fortes ($0,05 < p < 0,15$) observées entre les groupes..... 77

Figures

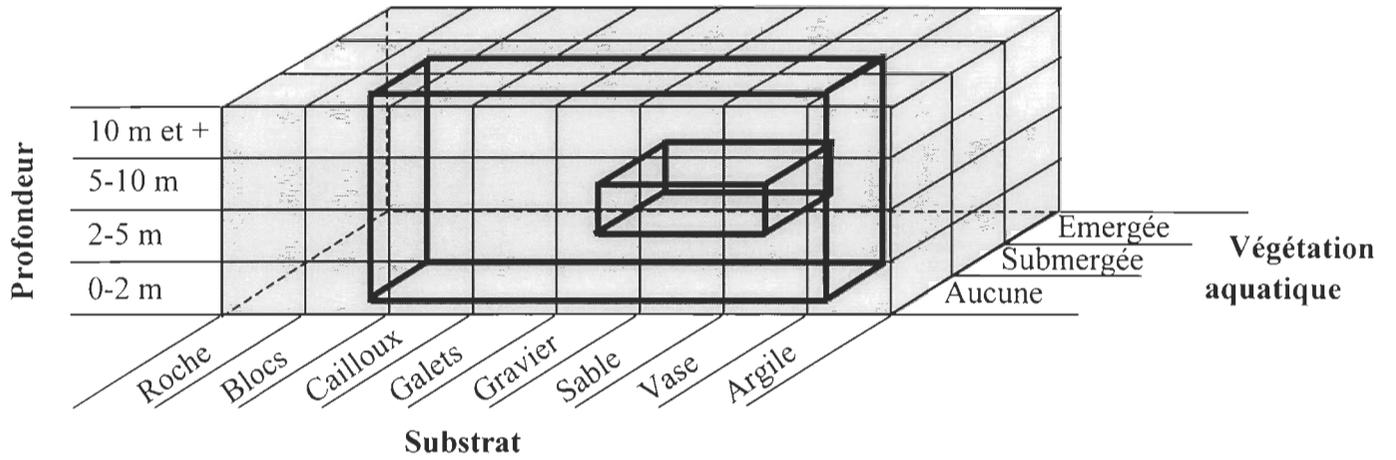


FIGURE 1.

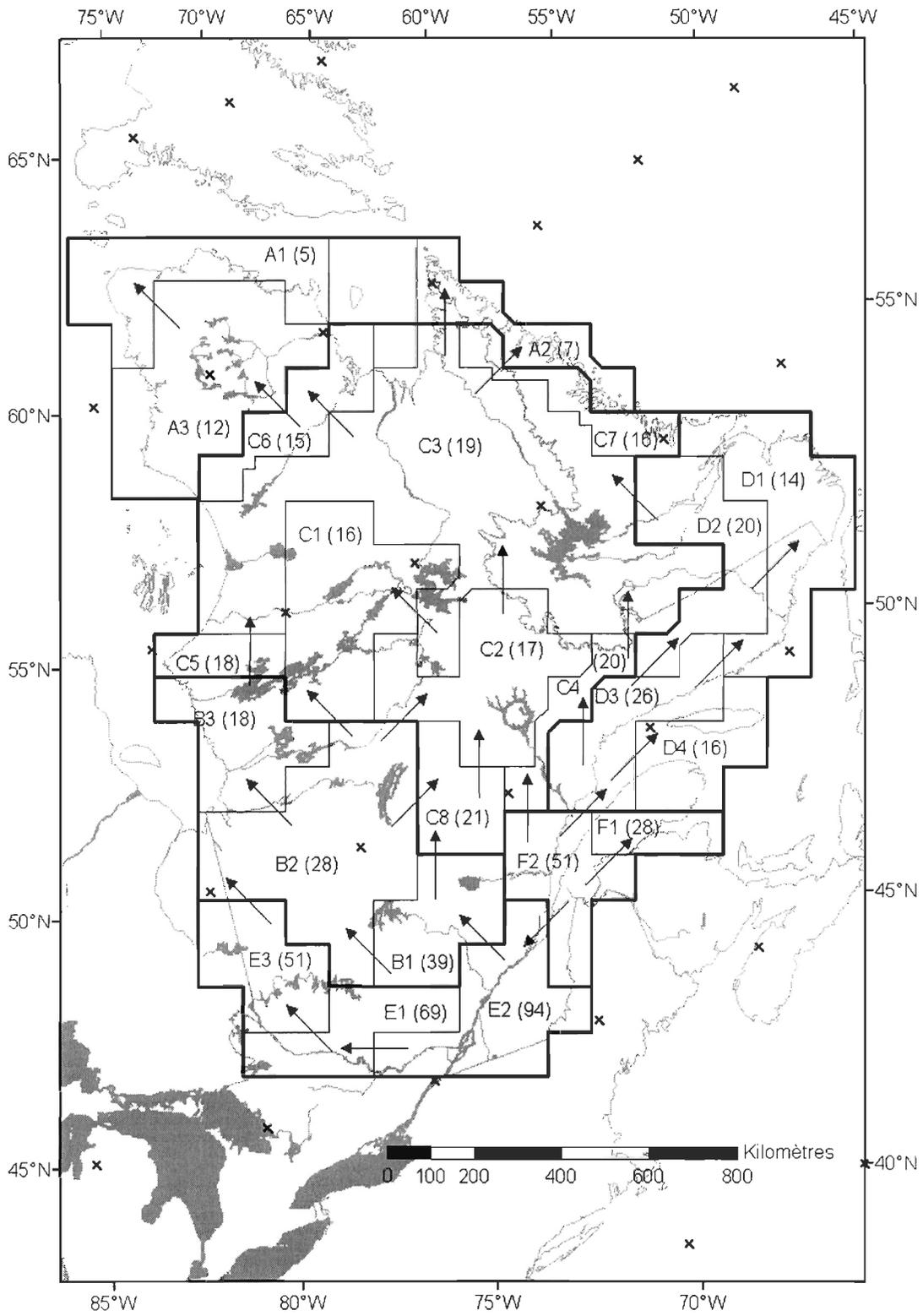


FIGURE 2.

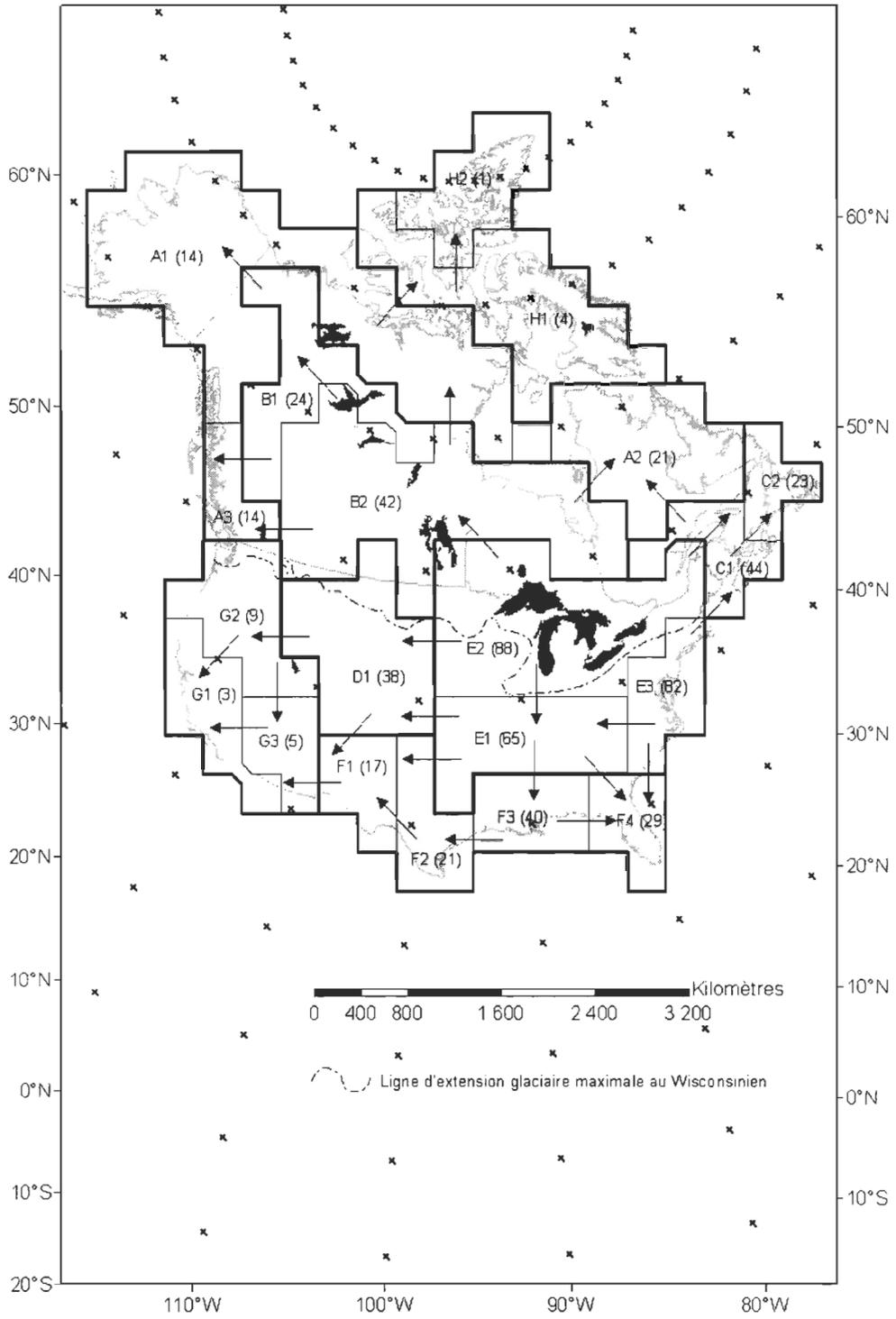
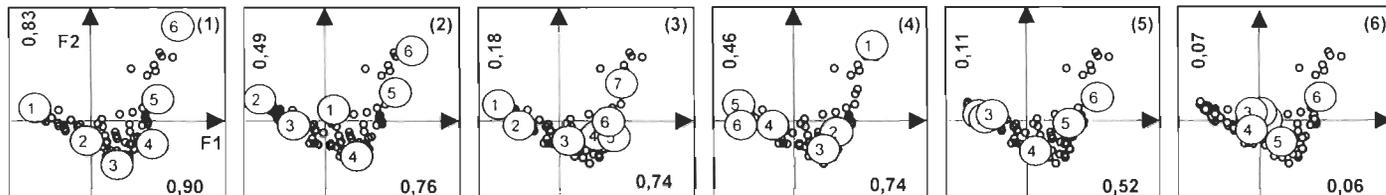


FIGURE 3.

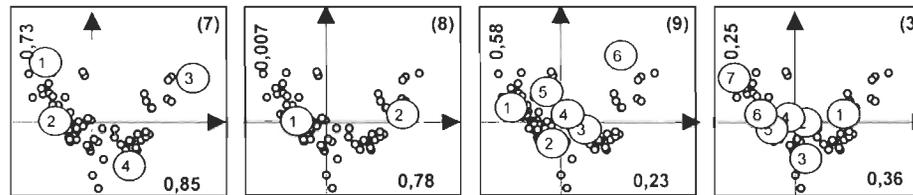
PRODUCTIVITE

- 1 : Longévité
- 2 : Durée de vie reproductive
- 3 : Fécondité
- 4 : Coefficient de croissance K
- 5 : Taux de croissance des J.D.A
- 6 : Température (°C)



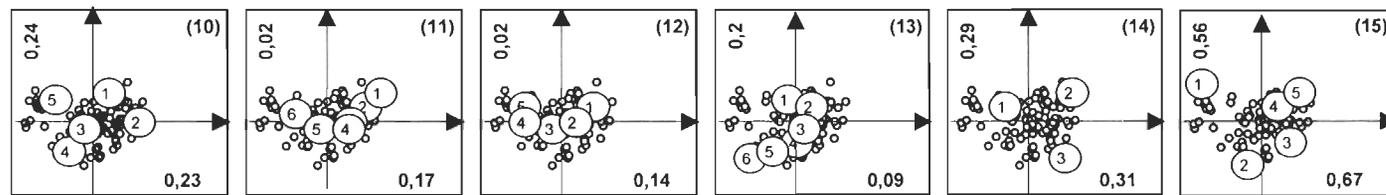
COMPORTEMENT REPRODUCTEUR

- 7 : Placement des œufs
- 8 : Protection parentale
- 9 : Diamètre des œufs (mm)
- 3 : Fécondité



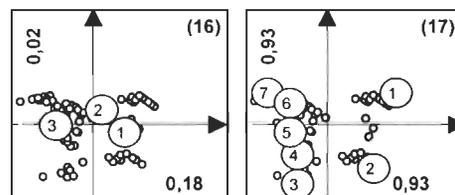
EXIGENCE ECOLOGIQUE

- 10 : Spécialisation alimentaire
- 11 : Spécialisation à l'habitat
- 12 : Spécialisation au substrat
- 13 : Tolérance à la vase
- 14 : Tolérance à la turbidité
- 15 : Habilité à la dispersion



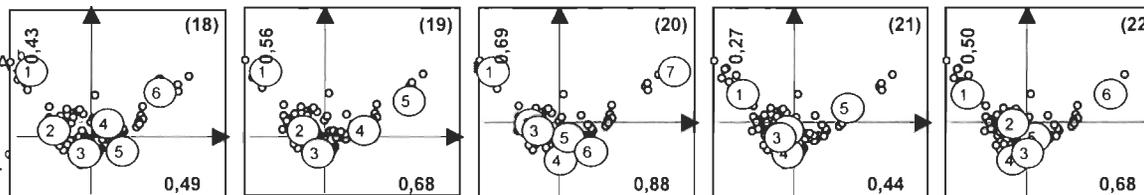
NIVEAU TROPHIQUE

- 16 : Niveau trophique
- 17 : Taille du corps (mm²)



REPARTITION GEOGRAPHIQUE

- 18 : Niv. d'occ.^a de l'espèce ds les R.I.A
- 19 : Nombre de R.I.A de l'espèce
- 20 : Aire de répartition (Km²)
- 21 : Niv. d'occ. de l'espèce ds les R.I.Q.
- 22 : Nombre de R.I.Q. de l'espèce



COMPORTEMENT MIGRATOIRE

- 23 : Migration en milieu marin
- 24 : Habitat en milieu marin

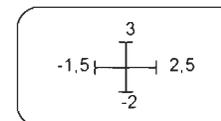
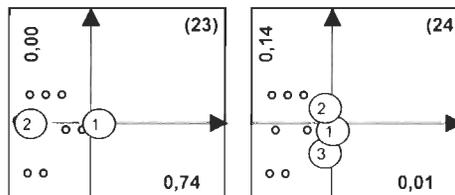


FIGURE 4.

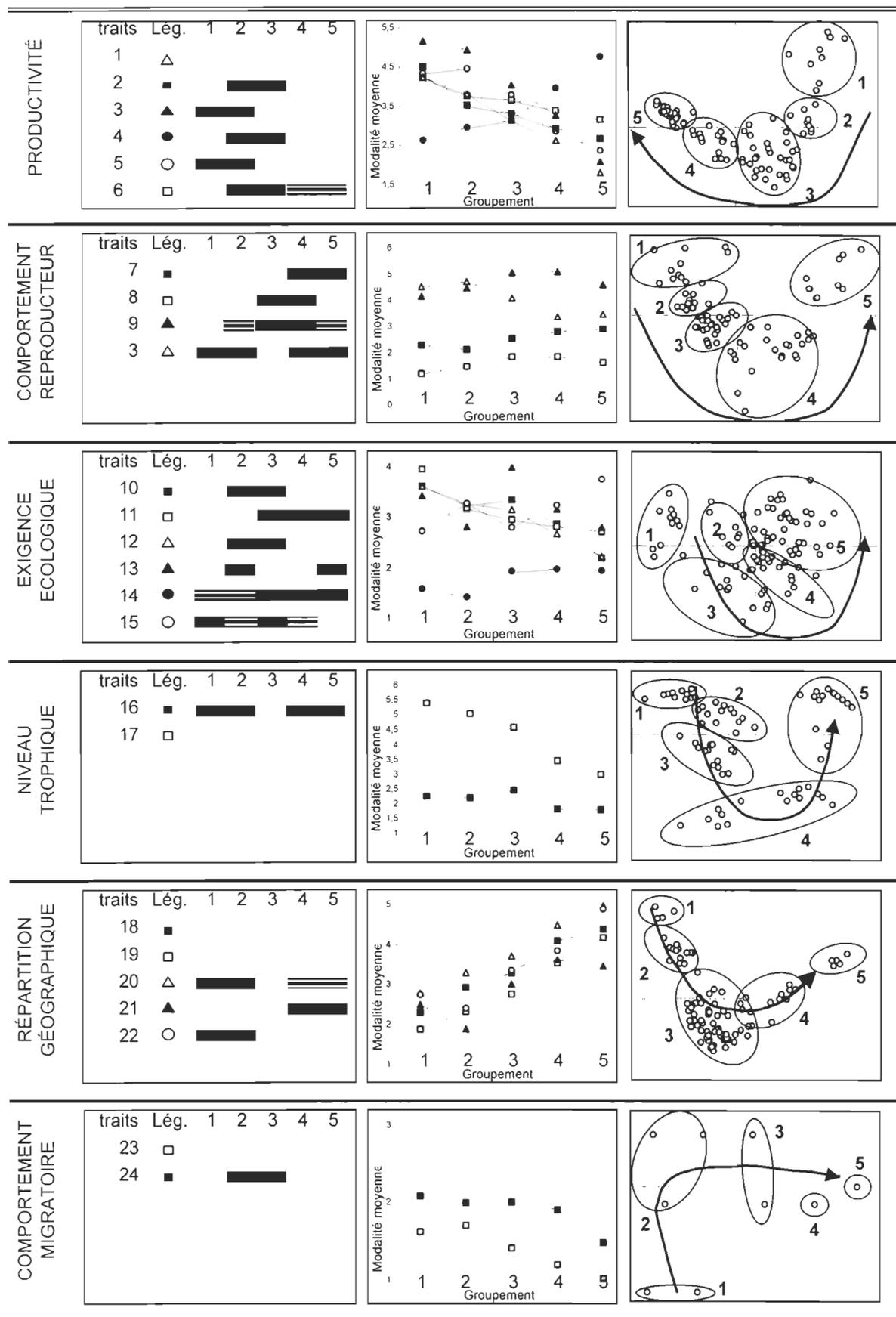


FIGURE 5.

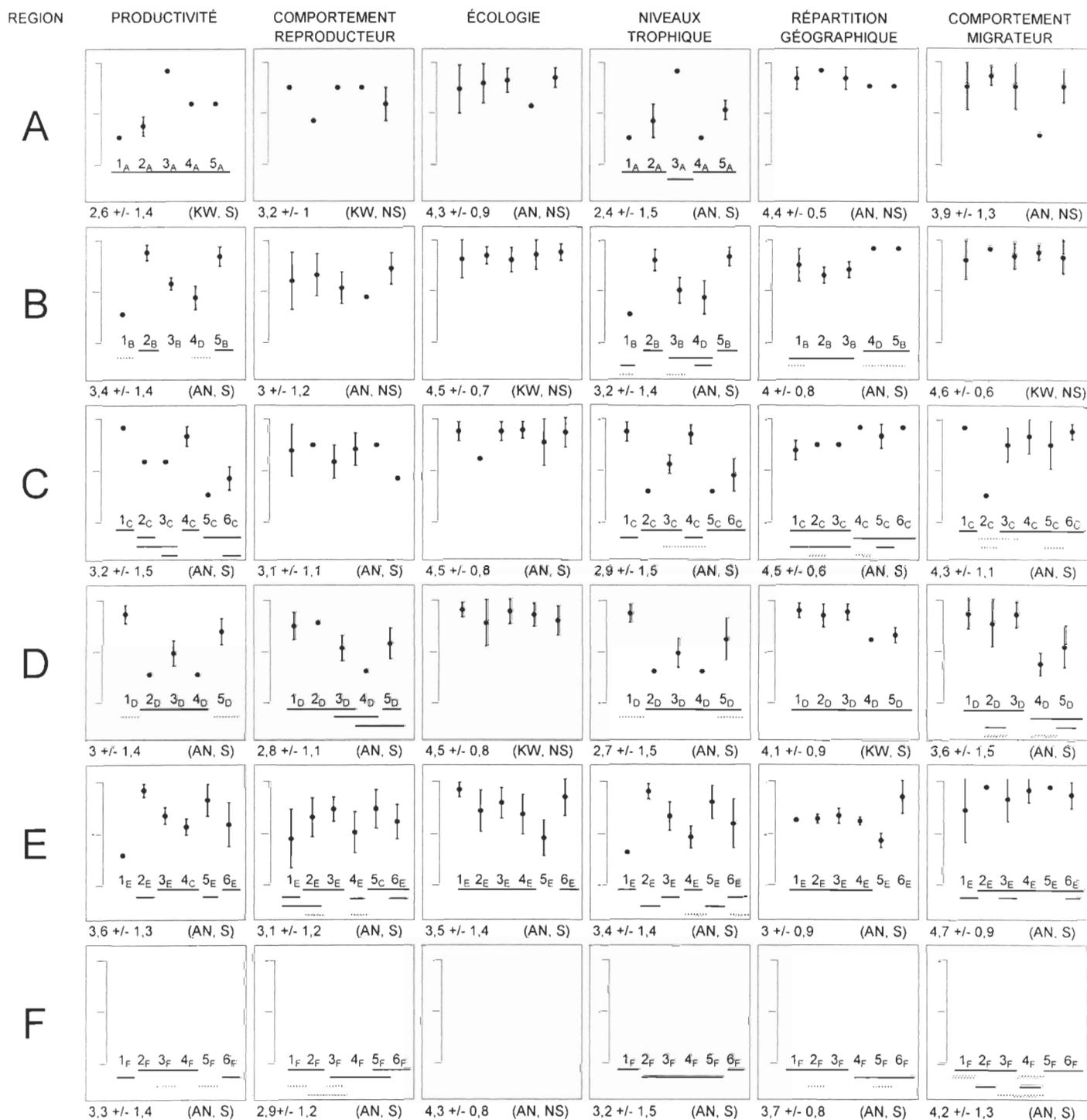
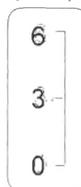


FIGURE 6.



CONCLUSION GÉNÉRALE

Nous venons d'illustrer une méthode permettant de déterminer le risque d'extinction des poissons dulcicoles à l'échelle du Québec. Un quart de la faune ichthyologique du Québec est classée vulnérable selon notre indice et on compte 12 espèces vulnérables supplémentaires à celles déjà inscrites dans la liste établie par la Société de la faune et des parcs du Québec (FAPAQ). Nos résultats confirment que la variation dans le risque d'extinction entre les espèces est associée à deux patrons : (1) les espèces peu productives et de niveau trophique élevé, dont certaines montrent un comportement reproducteur et migratoire sensible à la qualité de l'environnement ; et (2) les espèces dont la répartition géographique est restreinte et dont les exigences écologiques sont spécifiques. Les analyses multivariées semblent apporter une méthode de comparaison adéquate pour faire ressortir les espèces à risque d'extinction. Les traits intrinsèques à l'espèce font ressortir des espèces qui diffèrent de celles mises en évidence par le critère sur la répartition géographique. Cette étude montre que l'histoire évolutive des espèces est tout aussi importante que l'abondance ou l'aire de répartition pour estimer le risque d'extinction des espèces. Ainsi, notre approche basée sur divers critères de domaines différents permet d'améliorer l'acuité de notre indice de vulnérabilité.

Cette étude présente l'intérêt d'être applicable à tous les poissons d'eau douce du Québec. Elle fournit la base pour une stratégie de conservation proactive : elle établit un rang de priorité des espèces potentiellement vulnérables, avant même que celles-ci ne

deviennent réellement en voie de disparition ou soient reconnues comme tel. Cependant une stratégie de conservation complète doit inclure la restauration de l'intégrité biologique des écosystèmes ainsi que le suivi des espèces dites à risque selon les indices de vulnérabilité.

Le plus gros problème dans ce genre d'étude est le manque de données pour caractériser les différents traits utilisés; soit les données sont inconnues pour certaines espèces, soit elles ne sont pas actualisées. Si ce manque n'est pas reconnu maintenant, les chances de survie de plusieurs espèces sont faibles. Si nous ne connaissons pas leurs caractéristiques intrinsèques, si nous n'avons pas de données actuelles sur leur répartition, si nous ne connaissons pas précisément leurs caractéristiques écologiques, nous ne saurons pas comment les protéger adéquatement. Ces connaissances ne vont pas assurer directement la survie des espèces, mais c'est la première étape vers une stratégie de conservation proactive appliquée à l'ensemble de la diversité ichthyenne.

ANNEXES

ANNEXE 1. Liste des espèces à risque d'extinction selon trois organismes de conservation : la société de la faune et des parcs du Québec (FAPAQ), le comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) et l'union internationale pour la conservation de la nature (UICN). Les cellules grises indiquent que l'espèce est classée par l'un ou l'autre de ces trois organismes. Le statut de conservation indiqué dans la cellule grise est définie en bas de l'annexe. Lorsque le statut de conservation est appliqué à une population particulière de l'espèce, celle-ci est indiquée dans la colonne "population". Les espèces dites de statut "Non en péril" et "Données insuffisantes" par le COSEPAC ne sont pas considérées comme des espèces faisant face à un risque d'extinction et sont mentionnées dans cette annexe à titre indicatif.

Nom verniculaire	Non Latin	FAPAQ	COSEPAC	UICN	Population
Bar rayé	<i>Morone saxatilis</i>		Disparue		de l'estuaire du Saint-Laurent
Bar rayé	<i>Morone saxatilis</i>		Menacée		du sud du golfe Saint-Laurent
Chevalier cuivré	<i>Moxostoma hubbsi</i>	Menacée	En voie de disp.	Vulnérable	
Alose savoureuse	<i>Alosa sapidissima</i>	Vulnérable			
Éperlan arc-en-ciel	<i>Osmerus mordax</i>	Vulnérable			du sud de l'estuaire du Saint-Laurent
Fouille-roche gris	<i>Percina copelandi</i>	Vulnérable	Menacée		
Brochet vermiculé	<i>Esox americanus vermiculatus</i>	Susceptible	Préoccupante		
Chat-fou liséré	<i>Noturus insignis</i>	Susceptible	D. insuffisantes		
Chevalier de rivière	<i>Moxostoma carinatum</i>	Susceptible	Préoccupante		
Cisco de lac	<i>Coregonus artedii</i>	Susceptible	Préoccupante		du lac de Ecorces; fraie de printemps
Dard arc-en-ciel	<i>Etheostoma caeruleum</i>	Susceptible			
Dard de sable	<i>Ammocrypta pellucida</i>	Susceptible	Menacée	Vulnérable	
Esturgeon jaune	<i>Acipenser fulvescens</i>	Susceptible			
Esturgeon jaune	<i>Acipenser fulvescens</i>		Préoccupante		des Grands lacs et de l'ouest du Saint-Laurent
Esturgeon jaune	<i>Acipenser fulvescens</i>		Préoccupante		du sud de la baie d'Hudson et de la baie James
Esturgeon noir	<i>Acipenser oxyrinchus</i>	Susceptible		Risque faible	
Lamproie du nord	<i>Ichthyomyzon fossor</i>	Susceptible	Préoccupante		
Méné laiton	<i>Hybognathus hankinsoni</i>	Susceptible			
Méné d'herbe	<i>Notropis bifrenatus</i>	Susceptible	Préoccupante		
Ombre chevalier oquassa	<i>Salvelinus alpinus oquassa</i>	Susceptible			
Bec de lièvre	<i>Exoglossum maxillingua</i>		Non en péril		
Brochet d'Amérique	<i>Esox americanus americanus</i>		Non en péril		
Brochet maillé	<i>Esox niger</i>		Non en péril		
Chabot à tête plate	<i>Cottus ricei</i>		Non en péril		
Crapet à longues oreilles	<i>Lepomis megalotis</i>		Non en péril		
Crayon d'argent	<i>Labidesthes sicculus</i>		Non en péril		
Fondule barré	<i>Fundulus diaphanus</i>		Non en péril		continentale
Méné d'argent	<i>Hybognathus regius</i>		Non en péril		
Menton noir	<i>Notropis hererodon</i>		Non en péril		
Raseux de terre gris	<i>Etheostoma olmstedi</i>		Non en péril		
tête rose	<i>Notropis rubellus</i>		Non en péril		
Ventre-pourri	<i>Pimephales notatus</i>		Non en péril		

FAPAQ :

Menacée : la disparition d'une espèce, sous-espèce ou population est appréhendée.

Vulnérable : espèce, sous-espèce ou population dont la survie est jugée précaire même si sa disparition n'est pas appréhendée.

Susceptible : Espèce susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable.

COSEPAC :

Disparue : espèce sauvage qui n'existe plus.

En voie de disparition : Espèce sauvage exposée à une disparition de la planète ou à une disparition du pays imminente.

Menacée : Espèce sauvage susceptible de devenir en voie de disparition si les facteurs limitants ne sont pas renversés.

Préoccupante : Espèce sauvage qui peut devenir une espèce menacée ou en voie de disparition.

Données insuffisantes : Espèce sauvage pour laquelle l'information est insuffisante pour évaluer directement ou indirectement son risque de disparition.

Non en péril : Espèce sauvage qui a été évaluée et jugée comme ne risquant pas de disparaître étant donnée les circonstances actuelles.

UICN :

Vulnérable : Espèce qui a été évaluée et qui ne satisfait pas au catégorie en danger et vulnérable. Cependant l'espèce est proche d'être vulnérable.

Risque faible : Un taxon est vulnérable lorsqu'il n'est pas en danger mais fait face à un risque élevée d'extinction à moyen terme.

ANNEXE 2. Base de données de l'affinité de chaque espèce de poissons aux 125 modalités regroupées en 24 traits regroupés à leur tour en 6 critères. Selon l'approche du codage flou, l'affinité d'une espèce donnée pour une modalité donnée est représentée par une cote semi-quantitative allant généralement de 0 à 3, exceptionnellement de 0 à 4 ou 0 à 5. Les numéros des modalités font référence à ceux qui sont présentés dans le tableau 1. La base de données a été divisée en fonction des six critères : la productivité, le comportement reproducteur, les exigences écologiques, le niveau trophique, la répartition géographique et le comportement migratoire.

Critère "productivité"

No. De la modalité	Longévité	Durée de vie reproductive	Fécondité	Coefficient de croissance K	Taux de croissance des jeunes de l'année	Température
1	2	3	4	5	6	1
2	3	4	5	6	7	2
3	4	5	6	7	8	3
4	5	6	7	8	9	4
5	6	7	8	9	10	5
6	7	8	9	10	11	6
7	8	9	10	11	12	7
8	9	10	11	12	13	8
9	10	11	12	13	14	9
10	11	12	13	14	15	10
11	12	13	14	15	16	11
12	13	14	15	16	17	12
13	14	15	16	17	18	13
14	15	16	17	18	19	14
15	16	17	18	19	20	15
16	17	18	19	20	21	16
17	18	19	20	21	22	17
18	19	20	21	22	23	18
19	20	21	22	23	24	19
20	21	22	23	24	25	20
21	22	23	24	25	26	21
22	23	24	25	26	27	22
23	24	25	26	27	28	23
24	25	26	27	28	29	24
25	26	27	28	29	30	25
26	27	28	29	30	31	26
27	28	29	30	31	32	27
28	29	30	31	32	33	28
29	30	31	32	33	34	29
30	31	32	33	34	35	30
31	32	33	34	35	36	31
32	33	34	35	36	37	32
33	34	35	36	37	38	33
34	35	36	37	38	39	34
35	36	37	38	39	40	35
36	37	38	39	40	41	36
37	38	39	40	41	42	37
38	39	40	41	42	43	38
39	40	41	42	43	44	39
40	41	42	43	44	45	40
41	42	43	44	45	46	41
42	43	44	45	46	47	42
43	44	45	46	47	48	43
44	45	46	47	48	49	44
45	46	47	48	49	50	45
46	47	48	49	50	51	46
47	48	49	50	51	52	47
48	49	50	51	52	53	48
49	50	51	52	53	54	49
50	51	52	53	54	55	50
51	52	53	54	55	56	51
52	53	54	55	56	57	52
53	54	55	56	57	58	53
54	55	56	57	58	59	54
55	56	57	58	59	60	55
56	57	58	59	60	61	56
57	58	59	60	61	62	57
58	59	60	61	62	63	58
59	60	61	62	63	64	59
60	61	62	63	64	65	60
61	62	63	64	65	66	61
62	63	64	65	66	67	62
63	64	65	66	67	68	63
64	65	66	67	68	69	64
65	66	67	68	69	70	65
66	67	68	69	70	71	66
67	68	69	70	71	72	67
68	69	70	71	72	73	68
69	70	71	72	73	74	69
70	71	72	73	74	75	70
71	72	73	74	75	76	71
72	73	74	75	76	77	72
73	74	75	76	77	78	73
74	75	76	77	78	79	74
75	76	77	78	79	80	75
76	77	78	79	80	81	76
77	78	79	80	81	82	77
78	79	80	81	82	83	78
79	80	81	82	83	84	79
80	81	82	83	84	85	80
81	82	83	84	85	86	81
82	83	84	85	86	87	82
83	84	85	86	87	88	83
84	85	86	87	88	89	84
85	86	87	88	89	90	85
86	87	88	89	90	91	86
87	88	89	90	91	92	87
88	89	90	91	92	93	88
89	90	91	92	93	94	89
90	91	92	93	94	95	90
91	92	93	94	95	96	91
92	93	94	95	96	97	92
93	94	95	96	97	98	93
94	95	96	97	98	99	94
95	96	97	98	99	100	95
96	97	98	99	100	101	96
97	98	99	100	101	102	97
98	99	100	101	102	103	98
99	100	101	102	103	104	99
100	101	102	103	104	105	100
101	102	103	104	105	106	101
102	103	104	105	106	107	102
103	104	105	106	107	108	103
104	105	106	107	108	109	104
105	106	107	108	109	110	105
106	107	108	109	110	111	106
107	108	109	110	111	112	107
108	109	110	111	112	113	108
109	110	111	112	113	114	109
110	111	112	113	114	115	110
111	112	113	114	115	116	111
112	113	114	115	116	117	112
113	114	115	116	117	118	113
114	115	116	117	118	119	114
115	116	117	118	119	120	115
116	117	118	119	120	121	116
117	118	119	120	121	122	117
118	119	120	121	122	123	118
119	120	121	122	123	124	119
120	121	122	123	124	125	120
121	122	123	124	125	126	121
122	123	124	125	126	127	122
123	124	125	126	127	128	123
124	125	126	127	128	129	124
125	126	127	128	129	130	125
126	127	128	129	130	131	126
127	128	129	130	131	132	127
128	129	130	131	132	133	128
129	130	131	132	133	134	129
130	131	132	133	134	135	130
131	132	133	134	135	136	131
132	133	134	135	136	137	132
133	134	135	136	137	138	133
134	135	136	137	138	139	134
135	136	137	138	139	140	135
136	137	138	139	140	141	136
137	138	139	140	141	142	137
138	139	140	141	142	143	138
139	140	141	142	143	144	139
140	141	142	143	144	145	140
141	142	143	144	145	146	141
142	143	144	145	146	147	142
143	144	145	146	147	148	143
144	145	146	147	148	149	144
145	146	147	148	149	150	145
146	147	148	149	150	151	146
147	148	149	150	151	152	147
148	149	150	151	152	153	148
149	150	151	152	153	154	149
150	151	152	153	154	155	150
151	152	153	154	155	156	151
152	153	154	155	156	157	152
153	154	155	156	157	158	153
154	155	156	157	158	159	154
155	156	157	158	159	160	155
156	157	158	159	160	161	156
157	158	159	160	161	162	157
158	159	160	161	162	163	158
159	160	161	162	163	164	159
160	161	162	163	164	165	160
161	162	163	164	165	166	161
162	163	164	165	166	167	162
163	164	165	166	167	168	163
164	165	166	167	168	169	164
165	166	167	168	169	170	165
166	167	168	169	170	171	166
167	168	169	170	171	172	167
168	169	170	171	172	173	168
169	170	171	172	173	174	169
170	171	172	173	174	175	170
171	172	173	174	175	176	171
172	173	174	175	176	177	172
173	174	175	176	177	178	173
174	175	176	177	178	179	174
175	176	177	178	179	180	175
176	177	178	179	180	181	176
177	178	179	180	181	182	177
178	179	180	181	182	183	178
179	180	181	182	183	184	179
180	181	182	183	184	185	180
181	182	183	184	185	186	181
182	183	184	185	186	187	182
183	184	185	186	187	188	183
184	185	186	187	188	189	184
185	186	187	188	189	190	185
186	187	188	189	190	191	186
187	188	189	190	191	192	187
188	189	190	191	192	193	188
189	190	191	192	193	194	189
190	191	192	193	194	195	190
191	192	193	194	195	196	191
192	193	194	195	196	197	192
193	194	195	196	197	198	193
194	195	196	197	198	199	194
195	196	197	198	199	200	195
196	197	198	199	200	201	196
197	198	199	200	201	202	197
198	199	200	201	202	203	198
199	200	201	202	203	204	199
200	201	202	203	204	205	200
201	202	203	204	205	206	201
202	203	204	205	206	207	202
203	204	205	206	207	208	203
204	205	206	207	208	209	204
205	206	207	208	209	210	205
206	207	208	209	210	211	206
207	208	209	210	211	212	207
208	209	210	211	212	213	208
209	210	211	212	213	214	209
210	211	212	213	214	215	210
211	212	213	214	215	216	211
212	213	214	215	216	217	212
21						

Critère "exigence écologique"

Traits	Spécialisation alimentaire					Spécialisation à l'habitat					Spécialisation au substrat					Tolérance à la vase					Tolérance à la turbidité			Habilité à la dispersion							
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	1	2	3	4	5	
<i>Lampetra appendix</i>	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	1	3	2	1	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	
<i>Ichthyomyzon fassor</i>	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	1	3	2	1	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Ichthyomyzon unicuspis</i>	0	0	3	0	0	1	1	1	2	3	1	1	2	3	2	1	1	3	2	1	0	0	1	3	1	0	1	0	0	0	
<i>Petromyzon marinus</i>	0	0	3	0	0	1	1	1	2	3	1	1	3	1	0	0	1	3	2	1	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	
<i>Amia calva</i>	0	3	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	1	3	1	0	0	3	0	1	0	0	0	
<i>Lepisosteus osseus</i>	0	0	3	0	0	1	3	1	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	1	2	3	1	0	0	3	0	0	1	0	0	
<i>Acipenser fulvescens</i>	3	0	0	0	0	1	3	2	1	0	0	1	3	1	0	0	1	2	3	2	1	0	0	0	3	0	0	0	1	0	
<i>Acipenser oxyrinchus</i>	3	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	1	2	3	1	1	2	3	1	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	
<i>Hiodon alosoides</i>	3	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	1	2	3	1	1	1	1	1	2	3	3	0	0	0	0	0	1	0	
<i>Hiodon tergisus</i>	3	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	2	3	2	1	0	0	3	0	0	0	1	0	0	
<i>Anguilla rostrata</i>	3	0	0	0	0	1	2	3	2	1	0	1	3	0	0	0	0	1	3	1	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	
<i>Alosa pseudoharengus</i>	0	0	0	0	3	0	0	0	1	3	1	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	
<i>Alosa sapidissima</i>	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	1	3	0	0	0	1	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	
<i>Dorosoma cepedianum</i>	0	0	0	3	0	0	1	3	2	1	0	0	3	1	0	0	1	2	3	2	1	0	0	3	0	0	1	0	0	0	
<i>Nocomis biguttatus</i>	0	0	3	0	0	1	3	2	1	0	0	0	3	1	0	0	0	1	2	3	1	0	0	3	0	0	0	1	0	0	
<i>Pimephales notatus</i>	0	3	0	0	0	1	2	3	1	0	0	1	3	1	0	0	1	3	2	1	1	0	0	3	0	0	1	0	0	0	
<i>Pimephales promelas</i>	0	0	3	0	0	1	2	3	1	0	0	1	3	1	0	0	0	1	2	3	1	0	0	3	0	0	0	1	0	0	
<i>Cypella spiloptera</i>	0	3	0	0	0	1	3	2	1	1	0	0	1	3	0	0	1	3	2	1	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Luxilus cornutus</i>	3	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	1	2	3	2	1	1	3	1	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	
<i>Notropis atherinoides</i>	0	0	3	0	0	1	1	2	3	2	1	0	1	3	2	1	1	3	1	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	
<i>Notropis bifrenatus</i>	0	0	0	3	0	3	1	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	1	3	0	3	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Notropis heterodon</i>	0	0	0	3	0	3	1	0	0	0	0	0	1	3	2	1	1	1	1	2	3	1	3	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Notropis heterolepis</i>	0	0	0	3	0	1	3	1	0	0	0	0	1	3	0	0	1	3	2	1	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	
<i>Notropis hudsonius</i>	0	3	0	0	0	1	2	3	1	0	0	1	3	1	0	0	1	3	1	0	0	0	1	3	1	0	0	0	1	0	
<i>Notropis rubellus</i>	0	0	3	0	0	1	3	1	0	0	0	0	1	3	2	1	1	3	1	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Notropis stramineus</i>	0	0	3	0	0	0	1	2	3	1	0	0	1	3	0	0	1	3	1	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	
<i>Notropis volucellus</i>	0	0	3	0	0	0	1	3	1	0	0	0	1	3	1	0	0	1	3	1	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	
<i>Rhinichthys atratulus</i>	0	3	0	0	0	1	3	2	1	0	0	1	2	3	2	1	1	2	3	2	3	1	3	0	0	0	1	0	0	0	
<i>Rhinichthys cataractae</i>	0	0	0	0	3	1	2	3	1	0	0	1	3	2	1	1	1	3	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	
<i>Ecoglossum maxillanga</i>	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	2	3	1	3	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Hypogonathus hanthonsium</i>	0	0	0	3	0	1	3	1	0	0	0	1	2	3	2	1	0	1	1	2	3	1	3	0	0	0	1	0	0	0	
<i>Hypogonathus regius</i>	0	0	0	0	3	1	3	0	0	0	0	0	1	2	3	1	0	1	1	2	3	1	0	0	3	0	1	0	0	0	
<i>Couesius plumbeus</i>	3	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	3	1	0	0	1	3	1	0	0	0	3	1	0	0	0	0	1	0	
<i>Semotilus atromaculatus</i>	0	3	0	0	0	1	2	3	2	1	0	1	3	1	0	0	1	3	2	1	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	
<i>Semotilus corporalis</i>	0	0	3	0	0	1	2	3	1	0	0	1	3	1	0	0	1	3	2	1	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	
<i>Margariscus margarita</i>	0	0	0	3	0	1	2	3	1	0	0	1	3	1	0	0	1	3	2	1	0	0	3	1	0	0	0	1	0	0	
<i>Phoxinus phoxinus</i>	0	3	0	0	0	1	3	1	0	0	0	1	2	3	2	1	0	1	1	2	3	1	3	0	0	0	0	1	0	0	
<i>Phoxinus neogaeus</i>	0	0	0	3	0	1	3	1	0	0	0	0	1	3	2	1	0	0	1	2	3	1	3	0	0	0	0	1	0	0	
<i>Moxostoma valenciennesi</i>	0	3	0	0	0	3	2	1	0	0	0	0	1	3	0	0	1	3	2	1	1	0	3	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Moxostoma valenciennesi</i>	0	0	3	0	0	1	3	1	0	0	0	0	1	3	2	1	3	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Moxostoma valenciennesi</i>	0	3	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	1	3	0	0	1	3	1	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Moxostoma valenciennesi</i>	0	0	3	0	0	1	3	2	1	0	0	0	1	3	2	1	1	3	2	1	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0
<i>Catostomus commersoni</i>	0	0	3	0	0	0	1	3	2	1	0	1	3	1	0	0	1	3	2	2	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0
<i>Carpodus cyprinus</i>	0	0	0	3	0	1	3	1	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	1	2	3	0	0	3	0	0	1	0	0	0	
<i>Naturus flavus</i>	3	0	0	0	0	1	3	2	1	0	0	1	3	1	0	0	1	3	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Naturus gyrinus</i>	0	0	0	3	0	1	3	2	1	0	0	0	3	3	2	1	1	2	3	2	3	0	3	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Naturus insignis</i>	0	0	0	3	0	0	3	1	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	1	3	1	0	3	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Ameiurus natalis</i>	3	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	1	3	0	0	0	0	1	2	3	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Ameiurus nebulosus</i>	3	0	0	0	0	1	2	3	1	0	0	0	3	1	0	0	0	1	2	3	1	0	0	3	0	0	1	0	0	0	
<i>Ictalurus punctatus</i>	3	0	0	0	0	1	1	2	3	2	1	1	2	3	2	1	1	3	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	
<i>Salmo salar</i>	0	0	0	3	0	1	3	1	0	0	0	0	1	2	3	1	1	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	
<i>Salvelinus fontinalis</i>	0	3	0	0	0	0	3	1	0	0	0	1	3	1	0	0	1	3	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	
<i>Salvelinus alpinus</i>	0	0	3	0	0	1	3	2	1	1	0	0	1	3	2	1	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	
<i>Salvelinus namaycush</i>	0	3	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	3	0	0	0	1	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	
<i>Prosopium cylindraceum</i>	0	3	0	0	0	1	3	1	0	0	0	1	3	1	0	0	1	3	2	1	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	
<i>Coregonus artedii</i>	0	0	0	3	0	1	2	3	1	0	0	1	3	0	0	0	1	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	
<i>Coregonus clupeaformis</i>	3	0	0	0	0	1	2	3	2	1	0	1	3	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	
<i>Osmeterus mordax</i>	0	3	0	0	0	1	1	2	3	2	1	0	1	3	2	1	1	2	3	2	3	1	1	3	1	0	0	0	1	0	
<i>Esox americanus</i>	0	0	3	0	0	1	3	1	0	0	0	0	1	2	3	1	0	0	1	1	2	3	3	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Esox lucius</i>	0	0	3	0	0	1	3	1	0	0	0	0	1	3	2	1	0	0	0	1	3	1	3	0	0	0	0	1			

Critère "niveau trophique"

Traits	Niveaux trophiques			Taille du corps						
	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7
No. De la modalité										
<i>Lampetra appendix</i>	4	0	0	0	5	0	0	0	0	0
<i>Ichthyomyzon fossor</i>	4	0	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Ichthyomyzon unicuspis</i>	0	0	4	0	0	5	0	0	0	0
<i>Petromyzon marinus</i>	0	0	4	0	0	0	0	3	3	0
<i>Anita calva</i>	0	3	2	0	0	0	0	0	0	5
<i>Lepistesosteus asseus</i>	0	2	3	0	0	0	0	0	0	5
<i>Acipenser fulvescens</i>	2	2	1	0	0	0	0	0	0	5
<i>Acipenser oxyrinchus</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>Hiodon alosoides</i>	0	2	2	0	0	0	0	5	0	0
<i>Hiodon tergisus</i>	0	3	1	0	0	0	0	5	0	0
<i>Anguilla rostrata</i>	0	4	1	0	0	0	0	0	0	5
<i>Alosa pseudoharengus</i>	0	4	0	0	0	2	5	2	0	0
<i>Alosa sapidissima</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	5	1
<i>Dorosoma cepedianum</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	5	0
<i>Notemigonus crysoleucas</i>	2	2	0	0	0	3	3	0	0	0
<i>Pimephales notatus</i>	1	4	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Pimephales promelas</i>	1	3	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Cyprinella spiloptera</i>	2	1	2	0	5	0	0	0	0	0
<i>Lucania carinata</i>	2	3	0	0	5	0	0	0	0	0
<i>Notropis atherinoides</i>	2	3	0	3	3	0	0	0	0	0
<i>Notropis bifrenatus</i>	3	2	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Notropis heterodon</i>	0	4	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Notropis heterolepis</i>	0	4	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Notropis hubbsoni</i>	1	2	2	0	5	0	0	0	0	0
<i>Notropis rubellus</i>	2	1	2	5	0	0	0	0	0	0
<i>Notropis stramineus</i>	4	1	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Notropis volucellus</i>	2	3	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Rhinichthys atratulus</i>	1	2	2	5	0	0	0	0	0	0
<i>Rhinichthys cataractae</i>	0	4	0	0	5	0	0	0	0	0
<i>Foxogadus maculigerus</i>	0	4	0	0	5	0	0	0	0	0
<i>Hypogonulius hankinsoni</i>	1	3	0	2	4	0	0	0	0	0
<i>Hypogonulius regius</i>	4	0	0	0	5	0	0	0	0	0
<i>Catostomus plumbeus</i>	2	2	2	0	5	1	0	0	0	0
<i>Scenotherus atramaculatus</i>	2	1	2	0	0	5	0	0	0	0
<i>Scenotherus corporalis</i>	0	2	2	0	0	0	0	5	0	0
<i>Margariscus margarita</i>	3	2	0	0	5	0	0	0	0	0
<i>Phoxinus phoxinus</i>	2	3	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Phoxinus neogaeus</i>	0	4	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Moxostoma valenciennesi</i>	2	3	0	0	0	0	0	1	5	0
<i>Moxostoma carinatum</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	5	0
<i>Moxostoma hubbsi</i>	1	4	0	0	0	0	0	0	3	3
<i>Moxostoma macrolepidotum</i>	2	3	0	0	0	0	0	3	3	0
<i>Moxostoma valenciennesi</i>	2	3	0	0	0	0	0	0	5	1
<i>Catostomus commersoni</i>	2	2	0	0	0	0	0	5	0	0
<i>Catostomus commersoni</i>	2	3	0	0	0	0	0	5	0	0
<i>Carpasodes cyprinus</i>	2	2	0	0	0	0	0	0	5	0
<i>Naturus flatus</i>	2	2	1	0	0	5	0	0	0	0
<i>Naturus gyrimus</i>	0	4	0	0	5	0	0	0	0	0
<i>Naturus insignis</i>	0	2	3	0	5	0	0	0	0	0
<i>Ameletus natalis</i>	2	2	2	0	0	0	5	1	0	0
<i>Ameletus nebulosus</i>	1	2	2	0	0	0	5	4	0	0
<i>Ichthyurus punctatus</i>	1	3	1	0	0	0	0	0	0	5
<i>Salmo salar</i>	0	2	2	0	0	0	0	0	0	5
<i>Salvelinus fontinalis</i>	0	3	2	0	0	0	0	5	5	2
<i>Salvelinus alpinus</i>	0	3	2	0	0	0	0	0	0	5
<i>Salvelinus namaycush</i>	0	3	2	0	0	0	0	0	0	5
<i>Prosopium cylindraceum</i>	1	2	2	0	0	0	0	5	0	0
<i>Caregonus artedii</i>	0	2	3	0	0	0	0	5	1	0
<i>Caregonus clupeaformis</i>	0	3	2	0	0	0	0	1	5	3
<i>Osmoxenus mordax</i>	0	3	2	0	0	5	0	0	0	0
<i>Esox americanus</i>	0	4	1	0	0	5	1	0	0	0
<i>Esox lucius</i>	0	2	2	0	0	0	0	0	1	5
<i>Esox nanaquameg</i>	0	0	4	0	0	0	0	0	0	5
<i>Esox niger</i>	0	2	3	0	0	0	0	0	0	5
<i>Umbra limi</i>	0	4	1	0	5	0	0	0	0	0
<i>Abscogadus tomcod</i>	0	3	1	0	0	0	5	1	0	0
<i>Lota lota</i>	0	4	1	0	0	0	0	0	2	4
<i>Percopsis omiscomaycus</i>	0	2	3	0	5	0	0	0	0	0
<i>Fundulus diaphanus</i>	0	4	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Labilesthes sicculus</i>	0	4	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	0	3	1	5	0	0	0	0	0	0
<i>Culaea inconstans</i>	2	3	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Pungitius pungitius</i>	0	2	3	5	0	0	0	0	0	0
<i>Cottus bairdi</i>	1	2	1	4	2	0	0	0	0	0
<i>Cottus cognatus</i>	1	2	1	5	0	0	0	0	0	0
<i>Cottus ricei</i>	2	3	0	0	5	0	0	0	0	0
<i>Atheinocentrus thompsoni</i>	0	4	0	0	5	0	0	0	0	0
<i>Morone chrysops</i>	0	3	2	0	0	0	1	5	0	0
<i>Morone saxatilis</i>	0	0	4	0	0	0	0	0	0	5
<i>Ambloplites rupestris</i>	0	2	2	0	0	0	0	5	0	0
<i>Pomoxis nigromaculatus</i>	0	2	2	0	0	0	0	0	5	0
<i>Lepomis gibbosus</i>	2	2	2	0	0	0	2	4	0	0
<i>Lepomis macrochirus</i>	2	2	2	0	0	0	2	4	0	0
<i>Lepomis megalotis</i>	0	3	2	0	1	5	0	0	0	0
<i>Micropterus dolomieu</i>	0	3	1	0	0	0	0	2	4	0
<i>Micropterus salmoides</i>	0	3	1	0	0	0	0	1	5	4
<i>Percus flavescens</i>	0	4	1	0	0	0	0	5	0	0
<i>Stizostedion canadense</i>	0	4	1	0	0	0	0	0	5	0
<i>Stizostedion vitreum</i>	0	3	2	0	0	0	0	0	2	4
<i>Etheostoma caeruleum</i>	0	4	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Etheostoma exile</i>	0	4	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Etheostoma flabellifera</i>	0	4	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Etheostoma nigrum</i>	0	4	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Etheostoma olinettei</i>	3	2	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Percina caprodes</i>	0	4	0	0	5	0	0	0	0	0
<i>Percina copelandi</i>	0	4	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Ammocrypta pellucida</i>	0	4	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Ambloplites stramineus</i>	0	3	2	0	0	0	0	0	0	5

ANNEXE 5. Modalité moyenne des 24 traits biologiques, écologiques et biogéographiques des six critères pour chacune des 98 espèces de poissons dulcicoles du Québec. Les numéros affiliés aux différents traits font référence à ceux qui sont présentés dans le Tableau 1. La modalité moyenne est la modalité pour laquelle l'espèce a le plus d'affinité. Les numéros des modalités présentés dans le Tableau 1 font référence aux chiffres des modalités moyennes présentés dans cette annexe. Cependant ces chiffres ne sont pas des entiers, l'affinité d'une espèce avec les modalités d'un trait n'étant pas toujours strictement orientée sur une seule modalité. La modalité moyenne des traits pour chaque groupement présentée dans la figure 5 est une moyenne de la modalité moyenne des espèces qui composent chaque groupement.

CRITERE	1						2						3						4						5						6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
	MÉTROPOLITAIN						SUD-ESTRIEN						ESTRIEN						NORD-ESTRIEN						NORD-OUESTRIEN						SUD-OUESTRIEN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
No. Du trait	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
<i>Micropterus salmoides</i>	3.8	3.5	5.0	3.0	4.5	3.7	2.1	1.4	4.5	4.9	2.8	3.3	2.5	3.2	2.1	3.2	2.3	5.6	3.6	2.9	4.2	2.8	4.1	1.0	1.5	3.4	3.6	4.3	3.0	3.8	3.7	2.1	1.4	4.4	4.9	2.5	3.9	2.2	2.9	2.0	3.5	2.3	5.0	3.3	2.9	4.0	3.4	3.7	1.0	1.5	3.1	2.4	4.0	3.5	3.5	2.7	3.1	1.7	4.6	3.2	3.0	3.4	2.8	3.6	2.6	3.0	2.0	4.4	3.4	2.8	3.5	2.7	2.4	1.0	1.5	3.2	3.2	4.0	3.1	3.8	3.8	3.1	1.6	4.6	3.4	3.0	2.9	2.9	3.0	1.6	3.3	2.2	5.2	2.9	2.3	3.1	2.8	3.2	1.8	2.0	3.9	3.9	4.8	3.0	4.0	3.8	3.0	1.7	4.8	3.2	2.3	3.8	2.3	2.6	1.9	3.9	2.2	5.3	3.9	3.1	4.7	3.1	3.7	1.7	2.1	3.5	3.4	4.4	2.7	4.0	3.6	3.0	1.8	4.9	3.2	3.0	2.9	2.9	3.4	1.9	3.2	2.6	4.8	3.2	2.6	3.1	2.7	2.7	1.0	1.5	4.1	4.4	5.1	2.6	4.2	3.9	3.0	1.8	5.0	3.3	2.0	3.6	2.6	2.5	1.8	3.8	2.3	5.5	3.1	2.4	3.5	3.0	3.4	1.8	2.0	4.6	3.2	3.6	3.5	3.7	3.8	2.3	1.2	4.3	4.7	2.7	3.5	2.6	3.2	2.3	3.1	2.3	4.4	3.3	2.9	4.0	3.4	3.8	1.0	1.5	2.6	3.2	3.5	3.5	3.6	3.4	2.4	1.3	4.1	4.4	3.8	3.0	3.4	2.6	1.6	3.2	1.8	2.8	2.8	2.2	3.2	1.8	2.2	1.5	1.5	2.3	3.1	3.6	3.7	3.4	3.5	2.3	1.2	4.3	4.7	3.0	3.0	2.7	3.2	1.8	3.2	2.2	4.2	3.1	2.5	3.4	2.2	2.7	1.0	1.5	4.4	4.5	5.8	3.1	5.0	5.1	2.4	1.3	4.1	4.4	2.3	4.3	2.0	2.8	2.0	4.1	2.3	5.3	3.4	2.7	3.8	2.4	3.6	1.0	1.5	2.5	2.8	2.9	4.4	2.5	3.1	2.1	1.3	4.4	4.9	3.6	3.0	3.4	3.2	1.7	2.7	1.7	3.4	3.1	2.5	3.5	2.2	2.7	1.0	1.5	2.9	3.3	3.7	3.3	3.7	4.2	2.6	1.9	5.1	4.1	3.4	2.7	3.6	3.7	1.6	2.7	2.1	3.9	2.9	2.3	3.3	1.8	2.3	1.0	1.5	3.2	3.1	4.1	3.1	3.8	3.7	2.5	1.8	5.1	4.3	3.5	2.9	3.3	4.8	1.8	2.8	2.3	5.5	2.8	2.5	2.4	2.7	3.0	1.0	1.5	3.6	3.0	2.6	4.3	2.7	3.2	2.2	1.2	4.1	4.6	2.4	4.1	1.5	2.7	1.9	3.9	1.7	3.2	3.2	2.7	3.8	2.9	3.5	1.0	1.5	2.7	2.9	3.5	3.9	3.0	3.4	2.1	1.3	4.3	4.9	3.1	2.6	3.2	3.3	1.4	3.2	1.7	3.4	2.3	2.0	2.7	2.5	2.8	1.0	1.5	1.6	2.6	1.9	4.7	2.5	3.2	2.3	1.2	4.2	4.6	1.4	3.9	2.5	2.7	1.9	4.0	1.6	3.7	4.1	3.7	4.5	3.8	3.8	1.0	1.5	2.7	2.9	3.0	4.1	2.6	3.3	2.4	1.3	4.3	4.6	2.3	4.5	1.9	2.9	2.0	4.0	1.8	3.2	4.4	4.0	5.2	3.4	4.7	1.0	1.5	2.0	2.8	2.4	4.7	2.3	3.1	2.3	1.3	4.0	4.3	3.7	3.0	3.2	4.5	1.9	2.8	1.7	3.4	3.1	2.5	3.4	2.0	2.6	1.0	1.5	1.9	2.7	2.2	4.8	2.4	3.2	2.3	1.3	4.0	4.3	3.4	2.5	3.7	3.9	1.6	2.9	1.8	3.6	2.3	2.0	2.7	2.5	2.8	1.0	1.5	3.5	3.5	4.3	3.0	3.9	3.7	2.7	1.7	5.0	3.5	2.7	3.3	2.6	2.6	1.7	3.5	2.9	4.8	4.1	3.7	4.5	4.0	3.8	1.2	1.9	3.4	3.6	4.3	3.1	3.8	3.7	2.8	2.0	5.1	3.8	3.3	3.2	3.0	4.0	2.2	2.2	2.1	4.7	3.0	2.5	3.4	1.8	2.5	1.0	1.5	3.0	2.5	3.9	3.2	3.8	3.8	2.0	1.5	4.4	4.8	2.9	3.4	2.8	3.5	2.5	3.0	2.0	3.9	3.1	2.5	3.4	2.1	2.6	1.0	1.5	3.1	3.6	4.0	3.1	3.7	3.8	2.1	1.5	4.5	4.8	2.7	3.4	2.4	2.7	1.8	3.5	2.3	4.5	3.6	2.9	3.8	2.8	3.1	1.0	1.5	3.0	3.4	3.9	3.3	3.6	3.8	2.0	1.4	4.3	4.8	3.1	2.9	3.0	3.7	1.9	3.1	2.8	4.8	3.4	2.9	4.2	3.2	3.3	1.0	1.5	3.1	3.6	4.0	3.3	3.7	3.7	2.0	1.5	4.4	4.8	2.7	3.5	2.2	2.8	1.9	3.5	2.3	4.5	3.1	2.8	4.0	3.2	3.5	1.0	1.5	2.2	2.6	2.4	5.1	2.2	3.2	2.6	1.8	5.1	4.2	3.4	2.9	3.2	4.1	1.9	2.9	1.8	2.9	3.0	2.4	3.4	1.8	2.5	1.0	1.5	2.1	2.8	2.4	5.0	2.2	3.2	2.6	1.9	5.1	4.0	3.0	2.7	2.9	3.3	1.8	3.2	1.8	2.9	3.1	2.8	3.9	3.4	3.5	1.0	1.5	1.7	2.3	2.1	4.7	2.7	3.2	2.5	1.7	4.7	4.8	3.8	3.7	2.7	3.3	1.6	2.8	1.8	2.9	2.0	1.7	2.6	2.4	2.6	1.0	1.5	1.6	2.7	1.9	4.8	2.4	3.2	2.3	1.2	4.2	4.6	3.1	3.2	2.9	3.7	2.2	2.9	1.8	2.9	1.8	3.4	1.2	3.4	2.0	1.5	1.5	1.4	2.6	1.6	4.8	2.5	3.2	2.7	1.9	5.1	3.7	3.8	2.6	3.7	3.3	1.5	2.8	1.8	2.9	2.4	1.8	3.0	2.1	2.2	1.0	1.5	3.8	3.5	4.9	3.0	4.5	3.8	2.9	1.8	5.1	3.3	2.4	5.0	2.3	3.0	2.0	3.9	2.3	5.3	4.1	3.9	4.5	3.6	3.8	1.0	1.5	3.3	3.4	4.2	3.0	3.8	3.7	2.6	2.0	5.1	3.8	2.9	3.4	2.7	3.5	2.4	3.1	2.2	5.2	3.4	3.0	4.2	3.2	3.2	1.0	1.5	2.6	2.9	3.6	3.7	3.3	3.4	2.6	1.9	5.0	3.8	2.4	4.4	1.5	2.8	2.0	3.9	2.1	3.9	4.0	3.2	4.5	3.0	4.0	1.5	1.9	1.5	2.4	1.8	4.8	2.6	3.2	2.1	1.3	4.3	4.8	2.1	3.9	2.2	2.7	1.9	3.9	1.8	2.8	3.8	3.1	4.6	3.1	3.8	1.0	1.5	1.6	2.7	1.9	4.8	2.6	3.2	2.1	1.3	4.3	4.8	2.1	3.9	2.2	2.7	1.9	3.9	1.8	2.8	3.8	3.1	4.6	3.1	3.8	1.0	1.5	1.4	2.5	1.7	4.8	2.6	3.2	2.1	1.3	4.3	4.8	1.9	3.7	2.5	1.8	3.8	1.9	3.3	4.1	3.7	4.5	4.2	3.9	1.0	1.5	4.4	4.9	4.8	2.0	4.0	3.8	2.0	1.3	3.1	4.8	2.5	3.9	2.2	2.9	2.0	3.5	2.3	5.3	3.6	3.0	4.4	3.1	3.6	1.0	1.5	4.3	4.9	4.9	2.1	4.1	3.8	2.0	1.7	4.9	3.2	2.8	3.3	2.5	2.7	1.8	3.5	2.2	5.3	3.6	2.9	4.0	2.6	3.7	1.8	2.0	2.1	2.8	2.4	4.8	2.2	3.2	2.5	1.7	5.1	4.4	2.9	3.0	2.7	3.1	1.8	3.3	1.8	2.9	3.3	2.9	4.0	3.3	3.8	1.0	1.5	1.6	2.6	1.8	4.8	2.5	3.2	2.2	1.5	4.7	4.9	3.8	2.8	3.6	3.2	1.6	2.7	1.8	2.9	2.8	2.2	3.3	2.0	2.3	1.0	1.5	2.1	2.8	2.4	4.8	2.2	3.2	2.5	1.8	5.1	4.3	2.6	3.5	2.4	3.1	2.1	3.3	1.7	3.4	3.4	2.9	4.2	3.2	3.4	1.0	1.5	2.9	3.1	3.5	3.3	3.6	4.1	2.8	1.9	3.5	3.6	4.1	2.8	1.9	3.9	1.1	3.1	1.9	3.7	4.5	4.4	4.6	3.5	5.2	1.5	1.9	3.7	3.5	5.0	2.9	4.4	3.7	2.8	1.9	5.1	3.3	3.2	2.5	3.3	3.4	1.4	3.2	2.3	5.4	4.4	4.2	5.0	3.5	5.0	1.5	1.9	4.5	4.4	5.3	3.1	5.2	5.8	2.8	1.9	5.1	3.4	2.4	4.2	2.6	2.9	2.0	4.2	2.3	5.4	4.4	4.1	4.9	3.5	4.8	1.2	1.9	3.0	2.6	3.8	3.6	3.4	2.9	2.3	1.7	4.8	4.6	2.9	3.1	2.7	3.2	2.0	3.2	2.1	3.9	2.7	2.4	2.8	2.8	3.1	1.0	1.5	2.7	2.8	3.4	4.0	2.9	3.6	2.2	1.6	4.7	4.6	3.3	2.4	3.6	3.1	1.1	3.2	1.8	2.8	2.9	2.5	2.2	2.7	3.0	1.0	1.5	3.0	2.8	3.9	3.5	3.5	3.2	2.4	1.8	5.0	4.4	2.6	3.6	2.4	3.1	2.1	3.3	2.6	4.8	3.3	2.9	4.1	3.3	3.3	1.6	2.0	3.5	3.2	4.1	3.1	3.8	3.9	2.9	1.6	4.5	4.7	2.5	4.6	3.7	3.2	2.8	3.3	2.7	4.8	3.2	2.9	3.9	3.6	3.6	1.0	1.5	3.2	3.5	5.0	2.9	4.4	3.7	2.8	1.9	5.1	3.3	3.2	2.5	3.3	3.4	1.4	3.2	2.3	5.4	4.4	4.2	5.0	3.5	5.0	1.5	1.9	4.5	4.4	5.3	3.1	5.2	5.8	2.8	1.9	5.1	3.4	2.4	4.2	2.6	2.9	2.0	4.2	2.3	5.4	4.4	4.1	4.9	3.5	4.8	1.2	1.9	3.0	2.6	3.8	3.6	3.4	2.9	2.3	1.7	4.8	4.6	2.9	3.1	2.7	3.2	2.0	3.2	2.1	3.9	2.7	2.4	2.8	2.8	3.1	1.0	1.5	2.7	2.8	3.4	4.0	2.9	3.6	2.2	1.6	4.7	4.6	3.3	2.4	3.6	3.1	1.1	3.2	1.8	2.8	2.9	2.5	2.2	2.7	3.0	1.0	1.5	3.0	2.8	3.9	3.5	3.5	3.2	2.4	1.8	5.0	4.4	2.6	3.6	2.4	3.1	2.1	3.3	2.6	4.8	3.3	2.9	4.1	3.3	3.3	1.6	2.0	3.5	3.2	4.1	3.1	3.8	3.9	2.9	1.6	4.5	4.7	2.5	4.6	3.7	3.2	2.8	3.3	2.7	4.8	3.2	2.9	3.9	3.6	3.6	1.0	1.5	4.3	4.9	4.8	2.0	4.0	3.8	2.0	1.3	3.1	4.8	2.5	3.9	2.2	2.9	2.0	3.5	2.3	5.3	3.6	3.0	4.4	3.

ANNEXE 6. Rang de vulnérabilité des 98 espèces de poissons dulcicoles du Québec pour les six critères. Le chiffre (de 1 à 5), définissant le rang de vulnérabilité, correspond aux numéros des groupements indiqués dans la figure 5. Ces rangs de vulnérabilité ont été définis à partir des groupements d'espèces formés à partir des analyses de correspondance floue et du gradient de vulnérabilité déduit des caractéristiques biologiques, écologiques et biogéographiques de ces groupements.

CRITÈRE	PRODUCTIVITE	COMPORTEMENT REPRODUCTEUR	EXIGENCE ECOLOGIQUE	NIVEAU TROPHIQUE	REPARTITION GEOGRAPHIQUE	COMPORTEMENT MIGRATOIRE
<i>Micropterus salmoides</i>	2	4	4	2	3	5
<i>Micropterus dolomieu</i>	3	4	5	2	3	5
<i>Dorosoma cepedianum</i>	3	1	4	2	3	5
<i>Alosa sapidissima</i>	3	1	4	2	3	2
<i>Anguilla rostrata</i>	1	1	5	1	3	1
<i>Morone chrysops</i>	3	1	4	3	3	5
<i>Morone saxatilis</i>	1	1	5	1	3	2
<i>Ameiurus nebulosus</i>	3	5	4	3	3	5
<i>Noturus flavus</i>	3	5	3	4	2	5
<i>Ameiurus natalis</i>	4	5	4	3	2	5
<i>Ictalurus punctatus</i>	1	5	5	1	3	5
<i>Evoglossum maxilligerum</i>	5	4	1	4	2	5
<i>Esox americanus</i>	3	3	1	4	2	5
<i>Esox niger</i>	3	3	3	1	3	5
<i>Cottus ricei</i>	4	5	5	4	3	5
<i>Myoxocephalus thompsoni</i>	4	4	2	4	1	5
<i>Cottus bairdi</i>	5	5	5	5	4	5
<i>Cottus cognatus</i>	4	5	5	5	5	5
<i>Noturus cyrinus</i>	5	5	3	4	2	5
<i>Noturus gyrinus</i>	5	5	2	4	1	5
<i>Noturus insignis</i>	3	2	4	3	4	4
<i>Coregonus artedii</i>	3	3	3	2	2	5
<i>Coregonus cyprinus</i>	3	3	3	2	2	5
<i>Lepomis microlophus</i>	3	4	4	4	2	5
<i>Lepomis macrochirus</i>	3	4	4	3	3	5
<i>Ambloplites rupestris</i>	3	4	3	3	3	5
<i>Lepomis gibbosus</i>	3	4	4	3	3	5
<i>Labilesthes sicculus</i>	5	3	3	5	2	5
<i>Etheostoma exile</i>	5	3	4	5	3	5
<i>Etheostoma caeruleum</i>	5	4	1	5	1	5
<i>Etheostoma flabellare</i>	5	5	4	5	3	5
<i>Ammocrypta pellucida</i>	5	2	1	5	2	5
<i>Stizostedion vitreum</i>	2	2	5	1	4	5
<i>Stizostedion comanense</i>	3	3	4	2	3	5
<i>Oreochromis mordax</i>	4	3	5	4	4	3
<i>Culaea inconstans</i>	5	4	5	5	3	5
<i>Pungitius pungitius</i>	5	4	4	5	5	3
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	5	4	5	5	4	5
<i>Acipenser fulvescens</i>	1	1	5	1	3	5
<i>Acipenser oxyrinchus</i>	1	1	1	4	1	2
<i>Fundulus diplotis</i>	5	3	4	5	3	5
<i>Fundulus heteroclitus</i>	5	4	1	5	2	5
<i>Percina caprodes</i>	5	3	4	4	3	5
<i>Percina coprodes</i>	3	2	5	3	3	3
<i>Alosa pseudoharengus</i>	2	2	2	1	5	5
<i>Esox lucius</i>	1	2	5	2	5	4
<i>Coregonus clupeaformis</i>	3	4	4	4	3	5
<i>Ictalurus punctatus</i>	3	4	2	4	3	5
<i>Lampetra appendix</i>	4	4	2	4	3	5
<i>Ictalurus nebulosus</i>	4	4	1	5	1	5
<i>Petromyzon nasus</i>	3	3	5	3	3	2
<i>Hiodon tergisus</i>	3	1	5	3	3	5
<i>Hiodon alosoides</i>	3	1	2	3	3	5
<i>Lepisosteus osseus</i>	1	2	4	1	3	5
<i>Lota lota</i>	3	2	5	1	5	5
<i>Aplodinotus grunniens</i>	2	1	5	1	3	5
<i>Pomoxis nigromaculatus</i>	3	4	3	2	3	5
<i>Esox maculatum</i>	2	2	3	1	3	5
<i>Lacis cornutus</i>	4	3	2	4	3	5
<i>Cyprinella spiloptera</i>	4	3	4	4	3	5
<i>Hybognathus regalis</i>	5	3	3	4	3	5
<i>Conostoma plumbeus</i>	4	3	5	4	5	5
<i>Notropis bifrenatus</i>	5	2	1	5	2	5
<i>Notropis alternoides</i>	5	1	4	5	3	5
<i>Notemigonus crysoleucas</i>	3	3	4	4	3	5
<i>Hybognathus hankinsoni</i>	4	3	3	5	3	5
<i>Notropis stramineus</i>	5	3	4	5	3	5
<i>Notropis volucellus</i>	5	2	4	5	3	5
<i>Prosoptum cylindricum</i>	3	3	5	3	4	5
<i>Notropis heterodon</i>	5	3	1	5	3	5
<i>Catostomus commersoni</i>	2	2	5	3	5	5
<i>Catostomus commersoni</i>	2	2	5	3	5	5
<i>Semotilus atromaculatus</i>	4	4	5	4	4	5
<i>Margariscus margarita</i>	5	2	4	4	3	5
<i>Notropis herosolepis</i>	5	2	3	5	3	5
<i>Rhinichthys cataractae</i>	5	3	5	4	5	5
<i>Rhinichthys atratulus</i>	5	2	4	5	3	5
<i>Salvelinus alpinus</i>	1	4	2	1	4	3
<i>Salvelinus fontinalis</i>	3	4	5	2	4	3
<i>Percopsis omiscomaycus</i>	5	3	4	4	3	5
<i>Semotilus corporalis</i>	4	4	4	3	4	5
<i>Percina flavescens</i>	3	3	4	3	4	5
<i>Ambloplites rupestris</i>	2	4	3	1	3	5
<i>Microgadus tomcod</i>	4	3	2	3	3	2
<i>Notropis hudsonius</i>	5	2	5	4	3	5
<i>Etheostoma olivaceum</i>	5	5	3	5	2	5
<i>Etheostoma nigrum</i>	5	5	3	5	3	5
<i>Salmo salar</i>	3	4	2	1	4	1
<i>Microstomus cornutus</i>	3	2	1	2	2	5
<i>Microstomus kitt</i>	2	3	3	2	3	5
<i>Microstomus hubbsi</i>	3	3	1	2	1	5
<i>Microstomus valenciennesi</i>	3	3	2	2	3	5
<i>Microstomus macrochirus</i>	3	3	5	2	3	5
<i>Pimephales promelas</i>	5	5	4	5	3	5
<i>Notropis rubellus</i>	5	3	1	5	3	5
<i>Salvelinus namaycush</i>	1	4	5	1	5	5
<i>Umbrina limba</i>	5	3	3	4	3	5
<i>Plocheilichthys neogaeus</i>	4	3	3	5	3	5
<i>Plocheilichthys evis</i>	4	3	4	5	3	5
<i>Pimephales notatus</i>	5	5	4	5	3	5

ANNEXE 7. Appartenance des 98 espèces de poissons dulcicoles du Québec aux différents groupements établis à partir des six régions ichthyogéographiques de la péninsule Québécoise. Les lettres correspondantes à chaque région ichthyogéographique font référence à celles présentées dans la figure 2. Les groupements correspondent à ceux présentés dans la figure 6. Les "-" indiquent que l'espèce n'est pas présente dans la région et n'appartient donc à aucun groupement.

REGION	A	B	C	D	E	F
<i>Micropterus salmoides</i>	-	-	-	-	4E	-
<i>Micropterus dolomieu</i>	-	-	-	-	3E	-
<i>Dorosoma cepedianum</i>	-	-	-	-	4E	5F
<i>Alopius sagittatus</i>	-	-	-	50	4E	5F
<i>Anguilla rostrata</i>	-	-	-	40	1E	4F
<i>Morone chrysops</i>	-	-	-	-	4E	-
<i>Morone saxatilis</i>	-	-	-	-	1E	4F
<i>Ameiurus nebulosus</i>	-	-	-	-	3E	5F
<i>Noturus flavus</i>	-	-	-	-	5E	-
<i>Ameiurus natalis</i>	-	-	-	-	5E	-
<i>Ictalurus punctatus</i>	-	-	-	-	1E	-
<i>Exoglossum maxilligera</i>	-	-	-	-	5E	-
<i>Esox americanus</i>	-	-	-	-	5E	-
<i>Esox niger</i>	-	-	-	-	4E	-
<i>Cottus ricei</i>	-	4B	-	-	2E	6F
<i>Myoxocephalus thompsoni</i>	-	-	-	-	5E	-
<i>Cottus bairdi</i>	-	4B	1C	-	2E	6F
<i>Cottus cognatus</i>	-	4B	4C	1D	6E	1F
<i>Noturus gyrinus</i>	-	-	-	-	5E	-
<i>Noturus anogenus</i>	-	-	-	-	5E	-
<i>Coregonus artedii</i>	5A	2B	3C	-	6E	5F
<i>Coregonus cyprinus</i>	-	-	-	-	4E	-
<i>Lepomis microlophus</i>	-	-	-	-	5E	-
<i>Lepomis microchirus</i>	-	-	-	-	3E	-
<i>Ambloplites rupestris</i>	-	-	-	-	3E	-
<i>Lepomis gibbosus</i>	-	-	-	-	3E	-
<i>Labidesthes sicculus</i>	-	-	-	-	5E	-
<i>Etheostoma exile</i>	-	-	-	-	2E	-
<i>Etheostoma caeruleum</i>	-	-	-	-	5E	-
<i>Etheostoma flabellare</i>	-	-	-	-	2E	-
<i>Ammocrypta pellucida</i>	-	-	-	-	5E	-
<i>Stizostedion vitreum</i>	-	5B	-	-	6E	-
<i>Stizostedion canadense</i>	-	5B	-	-	4E	-
<i>Osmerus mordax</i>	-	-	-	50	3E	6F
<i>Culaea inconstans</i>	-	4B	-	-	2E	6F
<i>Pungitius pungitius</i>	3A	2B	4C	1D	6E	1F
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	3A	2B	1C	1D	2E	6F
<i>Acipenser fulvescens</i>	-	2B	-	-	1E	4F
<i>Acipenser oxyrinchus</i>	-	-	-	4D	-	4F
<i>Fundulus diaphanus</i>	-	-	-	5D	2E	6F
<i>Percina caprodes</i>	-	-	-	-	5E	-
<i>Percina caprosides</i>	-	5B	-	-	2E	-
<i>Alopius pseudoharengus</i>	-	-	-	50	3E	6F
<i>Esox lucius</i>	2A	2B	6C	3D	6E	3F
<i>Coregonus clupeaformis</i>	2A	2B	6C	3D	6E	3F
<i>Ictalurus nebulosus</i>	-	-	-	-	3E	-
<i>Lampetra appendix</i>	-	-	-	-	3E	-
<i>Ictalurus fossor</i>	-	-	-	-	6E	-
<i>Petromyzon marinus</i>	-	-	-	5D	3E	6F
<i>Hiodon tergisus</i>	-	-	-	-	4E	-
<i>Hiodon alosoides</i>	-	2B	-	-	4E	-
<i>Lepisosteus osseus</i>	-	-	-	-	1E	-
<i>Lota lota</i>	-	3B	6C	3D	6E	3F
<i>Aplodinotus grunnius</i>	-	-	-	-	4E	-
<i>Pomoxis nigromaculatus</i>	-	-	-	-	4E	-
<i>Esox masquinongy</i>	-	-	-	-	4E	-
<i>Luxilus cornutus</i>	-	-	-	-	3E	6F
<i>Cyprinella spiloptera</i>	-	-	-	-	2E	-
<i>Hybognathus regius</i>	-	-	-	-	2E	-
<i>Conostictus plantreus</i>	-	3B	4C	1D	6E	1F
<i>Notropis bifrenatus</i>	-	-	-	-	5E	-
<i>Notropis atherinoides</i>	-	2B	-	-	2E	-
<i>Notemigonus crysoleucas</i>	-	-	-	-	3E	6F
<i>Hybognathus humilis</i>	-	-	-	-	2E	-
<i>Notropis stramineus</i>	-	-	-	-	2E	-
<i>Notropis valencellus</i>	-	-	-	-	2E	-
<i>Protopomus cylindricornis</i>	5A	2B	3C	3D	6E	3F
<i>Notropis heros</i>	-	-	-	-	2E	-
<i>Catostomus commersoni</i>	-	3B	6C	3D	6E	3F
<i>Catostomus commersoni</i>	2A	1B	6C	3D	6E	3F
<i>Semotilus atromaculatus</i>	-	3B	-	-	3E	6F
<i>Margariscus margarita</i>	-	3B	1C	-	2E	6F
<i>Notropis heros</i>	-	-	-	-	2E	6F
<i>Rhinichthys cataractae</i>	-	3B	4C	1D	6E	1F
<i>Rhinichthys atratulus</i>	-	-	-	-	2E	6F
<i>Salvelinus alpinus</i>	1A	1B	5C	2D	6E	2F
<i>Salvelinus fontinalis</i>	5A	1B	3C	3D	6E	5F
<i>Percopsis omiscomaycus</i>	-	4B	-	-	2E	6F
<i>Semotilus corporalis</i>	-	3B	-	-	3E	6F
<i>Percis flavescens</i>	-	5B	-	-	6E	5F
<i>Uma calva</i>	-	-	-	-	4E	-
<i>Microgadus tomcod</i>	-	-	-	50	-	6F
<i>Notropis hudsonius</i>	-	2B	-	-	2E	-
<i>Etheostoma solitum</i>	-	-	-	-	5E	-
<i>Etheostoma nigrum</i>	-	-	-	-	2E	-
<i>Salmo salar</i>	4A	-	2C	5D	3E	5F
<i>Microstomus cathartes</i>	-	-	-	-	5E	-
<i>Microstomus oxasportus</i>	-	-	-	-	4E	-
<i>Microstomus hubbsi</i>	-	-	-	-	5E	-
<i>Microstomus valenciennesi</i>	-	-	-	-	4E	-
<i>Microstomus macrocephalus</i>	-	-	-	-	4E	-
<i>Pimephales promelas</i>	-	-	-	-	2E	6F
<i>Notropis rubellus</i>	-	-	-	-	2E	-
<i>Salvelinus namaycush</i>	1A	2B	5C	2D	6E	2F
<i>Umbra limi</i>	-	-	-	-	2E	-
<i>Plecotus neogaeus</i>	-	-	-	-	2E	6F
<i>Plecotus exilis</i>	-	-	-	-	2E	6F
<i>Pimephales notatus</i>	-	-	-	-	2E	-