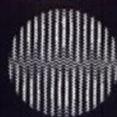
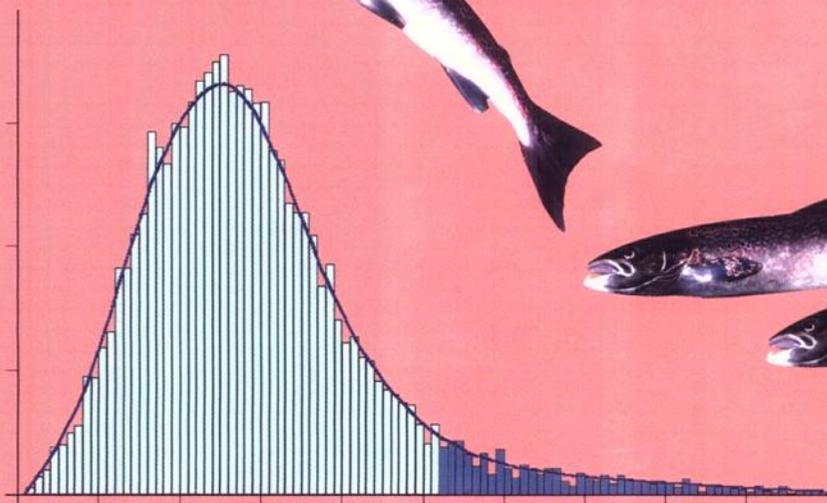


stock,
recruitment and
reference points
assessment and management
of Atlantic salmon



INRA

EDITIONS

HYDROBIOLOGIE ET AQUACULTURE

stock, recruitment and reference points

assessment and management of
Atlantic salmon

É. PRÉVOST, G. CHAPUT

Editors



Fisheries and Oceans
Canada

Pêches et Océans
Canada

HYDROBIOLOGIE ET AQUACULTURE

Déjà parus dans la même collection :

Le Brochet : gestion dans le milieu naturel et élevage

Grignon (France), 9-10 septembre 1982

R. Billard, éd.

1984, 374 p.

La truite. Biologie et écologie

J.L. Baglinière, G. Maisse, éd.

1991, 304 p.

Les carpes. Biologie et élevage

R. Billard, coord.

1995, 388 p.

Poissons de Guyane

Guide écologique de l'Approuague
et de la réserve des Nouragues

T. Boujard, M. Pascal, J.F. Meunier,

P.Y. Le Bail, J. Gallé

1997, 262 p.

Genetics and breeding of common carp

V.S. Kirpitchenkov, révisé par R. Billard,

J. Repérant, J.-P. Rio et R. Ward

1999, 102 p.

Les aloses (*Alosa alosa* et *Alosa fallax* spp.)

Écobiologie et variabilité des populations

J.L. Baglinière, P. Elie, eds.

2000, 278 p.

© INRA, Paris 2001 – ISBN : 2-7380-0962-X – ISSN : 0763-1707

© Le code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants-droit. Le non respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique. Toute reproduction, partielle ou totale, du présent ouvrage est interdite sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris.

Acknowledgments

The 1996 Pont-Scorff (France) workshop and editing of this book would not have been possible without the generous support (financial and in-kind) of the following governments and ministries:

- Institut National de la Recherche Agronomique, France
- Department of Fisheries and Oceans, Canada
- Ministère de l'Environnement, France
- Région de Bretagne, France
- Département du Morbihan, France
- District du Pays de Lorient, France
- Syndicat du Scorff, France
- Ville de Pont-Scorff, France

and the generous financial support of the following non-government organizations:

- Atlantic Salmon Trust, Pitlochry, U.K.
- Atlantic Salmon Federation, St. Andrews, Canada
- Miramichi Salmon Association, Boisetown, Canada

In addition, the editors are grateful for the time and effort of numerous individuals who contributed to reviewing the chapters, providing editorial comments on the structure and presentation and generally supported the concept of the workshop and publication of the book:

Jean-Luc Baglinière (INRA, Rennes, France), François Caron (Faunes et Parcs – Québec, Québec, Qc, Canada), Brian Dempson (Dept. of Fisheries and Oceans, St. John's, NFLD, Canada), Jeff Hutchings (Dalhousie University, Halifax, NS, Canada), Steve Murawski (National Marine Fisheries Service, Woods Hole, MA, USA), Ransom Myers (Dalhousie University, Halifax, NS, Canada), Michael Power (University of Waterloo, Waterloo, Ont., Canada), John Ritter (Dept. of Fisheries and Oceans, Moncton, NB, Canada), Peter Shelton (Dept. of Fisheries and Oceans, St. John's, NFLD, Canada), Alan Sinclair (Dept. of Fisheries and Oceans, Moncton, NB, Canada), Fred Serchuk (National Marine Fisheries Service, Woods Hole, MA, USA), and Robin Wyatt (Environment Agency, Cardiff, Wales, UK).

Contents

Introduction : Des points de référence pour améliorer la gestion du saumon atlantique	9
Introduction: Reference points to improve Atlantic salmon management <i>G. Chaput, E. Prévost</i>	17
References.....	23
1. The relative role of density in the stock-recruitment relationship of salmonids <i>J. Elliott</i>	25
Introduction	25
Factors affecting variability in recruitment, carrying capacity and critical periods in the life cycle in salmonids.....	26
<i>Basic classification of density-dependent and density-independent factors</i>	26
<i>Carrying capacity</i>	28
<i>Density dependence in the life cycle for different animal groups</i>	29
<i>Windows and bottlenecks in the life cycle of salmonids</i>	29
<i>General conclusions</i>	32
Density-dependent factors.....	32
<i>Theory</i>	32
<i>Models for density-dependent relationships</i>	33
<i>Evidence for density dependence in salmonids</i>	36
<i>Mechanisms for density dependence in salmonids</i>	37
<i>General conclusions</i>	43
Density-independent factors.....	44
<i>Theory</i>	44
<i>Models for density-independent relationships</i>	44
<i>Evidence for density-independent factors affecting salmonids</i>	46
<i>Mechanisms for density-independent factors affecting salmonids</i>	48
<i>General conclusions</i>	49
The relative role of density-dependent and density-independent factors.....	50
<i>Changes in environmental stability and local adaptation</i>	50

<i>Changes with fish age</i>	52
<i>Changes with fish growth</i>	53
<i>General conclusions</i>	53
Acknowledgments.....	55
References.....	55
2. Analysis of stock-recruitment data for deriving escapement reference points	
<i>C. Walters, J. Korman</i>	67
Introduction.....	67
Being clear about what a SR relationship is.....	68
Simple functions to describe the mean SR relationship.....	70
Estimation procedures for SR relationships.....	73
<i>Estimation assuming only process errors</i>	74
<i>Estimation assuming mixed process and observation errors</i>	75
<i>Checking for non-stationarity and environmental correlations</i>	76
<i>Estimation of policy parameters</i>	77
Assessment of uncertainty in policy parameter estimates.....	79
Common pitfalls in SR analysis.....	86
<i>Errors-in-variables bias</i>	87
<i>Time series bias</i>	88
<i>Confounded spawning stock and environmental effects</i>	89
<i>Stock identification bias</i>	90
<i>Local density-dependent effects in depleted stocks</i>	91
Acknowledgments.....	92
References.....	92
3. Transport of stock-recruitment reference points for Atlantic salmon	
<i>E. Prévost, G. Chaput, E.M.P. Chadwick</i>	95
Introduction.....	95
Standardizing for river size.....	97
<i>First alternative: all habitat types are potentially equally important</i>	99
<i>Second alternative: characterizing and quantifying limiting habitat</i>	100
<i>Conclusions and perspectives</i>	105
Transporting SR related parameters from a sample of rivers using a Bayesian hierarchical analysis.....	106
<i>Problem formulation</i>	106
<i>Illustration of the hierarchical modeling by a case study</i>	107
<i>Bayesian treatment and computation of posterior distributions</i>	109
<i>Results and discussion</i>	111

Checking for the adequacy of the SR relationship derived from a single river ...	114
<i>Problem formulation</i>	114
<i>A Bayesian approach to SR model checking</i>	114
<i>Illustration by a case study</i>	115
<i>Implementation of the analysis</i>	116
<i>Results and discussion</i>	119
Critical review of the approaches to the issue of transport proposed in the literature.....	121
<i>Precursory studies</i>	121
<i>Increasing the complexity of models to account for rivers differences</i>	123
<i>Conclusion</i>	127
Acknowledgments.....	129
References.....	129
4. Index measures and stock assessment in Atlantic salmon <i>P.J. Rago</i>	137
Introduction.....	137
<i>The Miramichi River data set</i>	138
<i>Information content of index fishery data</i>	139
Identification of trends: LOWESS smoothing.....	140
Estimation and hypothesis testing: randomization tests.....	145
<i>Model description: route regression</i>	146
<i>Model description: ratio test</i>	147
Structural smoothing: replacement ratio.....	152
Catch-index methods.....	161
Conclusions.....	171
Acknowledgments.....	172
References.....	172
5. Risk analysis for salmon spawning reference levels <i>R. Hilborn</i>	177
Introduction.....	177
Alternative management actions.....	180
Calculating consequences.....	182
Summarizing and transmitting to decision makers.....	189
What we have ignored.....	190
<i>Advanced computational methods</i>	190
<i>Learning</i>	191
<i>Non-stationarity</i>	191
<i>Real risk, how to calculate it</i>	191

References.....	192
6. Past and present use of reference points for Atlantic salmon <i>T. Potter</i>	195
Introduction	195
Why use reference points?	196
<i>Traditional assessments of salmon stocks and fisheries</i>	196
<i>The need for reference points</i>	197
<i>Targets and limits</i>	198
<i>Adoption of the precautionary approach</i>	199
Translating principles into numbers.....	200
<i>The SR relationship</i>	201
<i>Options for stock reference points derived from a SR relationship</i>	203
<i>Alternative approaches for defining stock reference points</i>	206
<i>Choice of conservation limits for salmon</i>	207
Progress with setting spawning stock reference levels	209
<i>Canada</i>	210
<i>USA</i>	212
<i>Europe</i>	212
<i>National conservation limits for NE Atlantic countries</i>	214
Use of salmon stock reference levels in management.....	215
The future of reference points for Atlantic salmon.....	218
Acknowledgments.....	219
References.....	219

Introduction

Des points de référence pour améliorer la gestion du saumon atlantique

Gérald Chaput¹ et Étienne Prévost²

Encore un livre sur le saumon atlantique !

Une telle réaction ne serait ni tout à fait inattendue ni injustifiée ! En effet, il existe des quantités de livres et de publications (à la fois scientifiques et de vulgarisation) sur les salmonidés et particulièrement sur le saumon atlantique. A titre d'illustration, une recherche générale sur base de données bibliographiques (Cambridge Abstracts Internet Database Service) pour les années 1978-2000 fournit 5147 enregistrements dans lesquels les termes «Atlantic salmon» sont mentionnés. Par comparaison, pour des espèces marines d'importance dans l'Atlantique nord, on trouve 1929 références pour la morue et 828 pour le hareng. Des ouvrages entiers³ ou des numéros spéciaux de revues périodiques⁴ ont été consacrés à des sujets relatifs au saumon atlantique.

Mais ces publications sont centrées sur la biologie et l'écologie de l'espèce. Parallèlement aux connaissances acquises dans ce domaine, les méthodologies générales d'évaluation des stocks (Hilborn et Walters, 1992) incluant des techniques de modélisation (Quinn et Deriso, 1999) et de traitement des données (Gelman *et al.*, 1995) ont fait des progrès considérables au cours des deux dernières décennies. Curieusement, les méthodes d'aujourd'hui pour l'évaluation des stocks sont encore peu utilisées pour le saumon atlantique. Ce retard doit être comblé. Nous avons choisi d'y contribuer en proposant un livre qui rassemble les connaissances disponibles sur l'écologie et la biologie du saumon atlantique et les méthodes contemporaines d'évaluation de stocks autour d'une tâche spécifique, l'établissement de points de référence.

Un point de référence est une balise, un moyen d'évaluer une performance par rapport à un certain niveau recherché, lui même basé sur une appréhension de la dynamique du système modélisé. Évaluer une performance demande que des objectifs

(1) Ministère Pêches et Océans, Direction des sciences, C.P. 5030, Moncton, NB, E1C 9B6, Canada.

(2) Institut national de la recherche agronomique, UMR EQHC, 65 rue de Saint Briec, 35042 Rennes Cedex, France.

(3) Netboy, 1968; Smith et Carter, 1973; Went, 1980; Dunfield, 1985; Meerburg, 1986; Mills et Piggins, 1986; Thibault et Billard, 1987; Stroud, 1988; Mills, 1989, 1993; Samson et le Bel, 1990; Shearer, 1992; Gibson et Cutting, 1993; Guéguen et Prouzet, 1994; Braña, 1995.

(4) Shelton, 1990; Thomas et Mathisen, 1993; Hutchinson, 1997; Mather *et al.*, 1998.

aient été clairement établis (Hilborn et Walters, 1992). Pour le saumon atlantique, la préservation à long terme de la ressource est un objectif largement accepté (NASCO, 1988). Corrélativement, les points de référence se rapportent le plus souvent à des niveaux d'abondance de géniteurs ou à des taux de prélèvement par l'homme. Si l'objectif est la préservation à long terme, l'utilité d'établir des points de référence, et de gérer en conséquence, dépend des effets sur la ressource (le recrutement) de variations de l'abondance du stock reproducteur. Suivant un raisonnement similaire à celui d'Hilborn (1997), il y a deux hypothèses à considérer pour décider si le développement de points de référence est judicieux : le recrutement dépend du stock reproducteur ou le recrutement est indépendant du stock reproducteur. Notre acceptation de l'une ou l'autre de ces hypothèses nous conduit à des actions de gestion différentes. Si nous considérons que la seconde hypothèse est correcte, alors il n'est pas besoin d'établir des points de référence puisque des mesures visant à protéger ou accroître le stock reproducteur n'entraîneraient pas nécessairement un maintien ou une augmentation du recrutement. Si nous retenons l'hypothèse alternative, alors la gestion de la taille du stock reproducteur est une nécessité évidente.

Tableau 1. Conséquences d'actions de gestion sur la ressource suivant les facteurs agissant sur le recrutement.

Actions de gestion	Hypothèses concernant le recrutement	
	Dépend du stock reproducteur	Ne dépend pas du stock reproducteur
Pas de contrôle du stock reproducteur et pas d'utilisation de points de référence	Risque d'écroulement de la ressource	Fluctuations du recrutement
Contrôle du stock reproducteur en fonction de points de référence	Réduction du risque d'écroulement de la ressource	Fluctuations du recrutement, renoncement à des captures

En cas d'incertitude au sujet des deux hypothèses contradictoires, il est encore prudent, pour minimiser les risques d'écroulement de la ressource, de gérer le stock reproducteur en utilisant des points de référence.

L'abondance du saumon atlantique (au moins telle qu'estimée) a décliné au cours des dernières années et l'aire de distribution de l'espèce a été réduite (ICES, 1999; Parrish *et al.*, 1998). Il y a de moins en moins de pêcheries à gérer et l'intérêt public pour la ressource diminue en même temps que son abondance décline. On peut en toute logique se demander pourquoi nous avons besoin de points de référence pour le saumon atlantique. Le pessimiste conclurait qu'il est trop tard pour se préoccuper de points de référence. L'optimiste et pragmatique essaiera plutôt d'évaluer s'ils peuvent être utiles maintenant et dans le futur. Examinant notre expérience passée, il se demandera : l'état de santé actuel de la ressource aurait-il été meilleur si nous avions utilisé des points de référence pour gérer son exploitation ? Nous parlons ici d'une gestion, au sens large, de la mortalité affectant le recrutement et les reproducteurs, et pas uniquement des pêcheries.

Il est vraisemblable que nous n'aurions pas été capables de prévenir tous les déclin ou destructions de populations même si des points de référence appropriés avaient été définis. Des connaissances scientifiques étendues et un consensus apparent sur l'objectif de conservation du saumon sont loin d'être suffisants pour se prémunir contre un déclin à long terme de la ressource, comme le démontre clairement Lackey (1999) dans sa pertinente analyse de la situation actuelle du saumon dans le nord-ouest du Pacifique. Les bénéfices générés par le saumon atlantique pour la société doivent être comparés avec nombre d'autres usages potentiellement conflictuels de l'écosystème. Dans de nombreux cas, nous avons en toute connaissance de cause sacrifié des populations de saumon atlantique pour d'autres bénéfices sociétaux, lors de la construction de barrages servant à la production d'énergie et à d'autres usages de l'eau ou pour l'extraction de minerai ou l'expansion des zones urbaines (Parrish *et al.*, 1998; Thibault, 1999). Dans d'autres cas, notre arrogance a conduit les gestionnaires et les utilisateurs à prendre des décisions apparemment fondées en se fiant aux déclarations des scientifiques selon lesquelles il serait possible d'atténuer les pertes d'habitat, la surpêche ou les obstructions à la migration (Hilborn, 1999; Meffe, 1992). Le plus souvent, nous aurions sans doute fourni de meilleurs conseils aux décideurs si nous avions été capables d'exprimer clairement les conséquences d'une activité (que ce soit la pêche, l'altération de l'habitat, les obstacles migratoires) sur la mortalité du saumon atlantique. Pour évaluer les conséquence d'une action, nous avons besoin de points de référence par rapport auxquels on peut situer les résultats de différentes alternatives.

C'est dans cet esprit de fournir le meilleur conseil pour la gestion du saumon atlantique que, sous l'égide du Conseil international pour l'exploration de la mer (CIEM), un atelier a été organisé en 1993 à Bushmills (Irlande du Nord, Royaume Uni) afin de développer des méthodologies pour déterminer des cibles d'échappement (ICES 1994). Cet atelier a constitué un bon point de départ. Un second atelier fut organisé à Pont-Scorff (Bretagne, France) en 1996 pour prolonger les efforts réalisés en quelques années au sein de la communauté scientifique gravitant autour du CIEM et pour stimuler une réflexion plus poussée sur les points de référence. L'objectif de l'atelier de Pont-Scorff n'était pas de produire des points de référence pour le saumon atlantique, mais plutôt de servir de forum d'interaction entre les personnes ayant pour tâche d'établir des points de référence et celles impliquées dans la recherche et le développement de techniques pour les déterminer et les appliquer. Les chapitres qui suivent sont une compilation des conférences invitées présentées lors de l'atelier de Pont-Scorff, modifiées pour la plupart (et nous espérons améliorées) par rapport à leur version originale de 1996.

Le livre commence par une revue des bases biologiques des points de référence, puis passe aux techniques d'analyse pour leur estimation et termine par des considérations pratiques pour utiliser les points de références dans la gestion de ressources. L'analyse des relations stock-recrutement (SR) est l'objet d'une attention particulière tout au long de l'ouvrage, car c'est un point clé pour la définition de points de référence chez les espèces sémelpares comme le saumon atlantique. Le défi majeur du développement et de l'utilisation pratique des points de référence réside dans une description adéquate de l'incertitude et dans la prise en compte de ses conséquences. Ce sujet est abordé dans plusieurs chapitres.

De toutes les espèces de poissons étudiées, les salmonidés sont parmi les rares pour lesquelles l'hypothèse que le recrutement (descendants des reproducteurs) dépend de l'échappement pour la reproduction est pratiquement irréfutable. Dans le premier chapitre (*Le rôle relatif de la densité dans la relation stock-recrutement chez les salmonidés*), Elliott suggère qu'il n'y a aucune raison pour que les modèles populationnels applicables aux salmonidés soient différents de ceux utilisés ailleurs en écologie. Elliott décrit les différences entre les effets des facteurs densité-dépendants et densité-indépendants et comment, combinés, ils conditionnent l'abondance d'une population et définissent la capacité d'accueil. Cette dernière contraint le niveau maximum de la taille d'une population. Pour les salmonidés, il est établi que le recrutement est fortement déterminé au cours des premiers stades de vie. La régulation densité-dépendante au cours de la phase juvénile est le résultat de la territorialité des jeunes salmonidés et des limites spatiales des milieux fluviaux.

Il serait cependant faux de suggérer que l'association entre le stock reproducteur et le recrutement est bien définie chez les salmonidés. Dans le deuxième chapitre (*Analyse des données stock-recrutement pour déduire des points de référence en matière d'échappement*), Walters et Korman intègrent plusieurs décennies d'efforts dédiés à l'analyse des données SR dans une description claire des procédures, diagnostics et embûches propres à de telles analyses. Ils mettent l'accent sur le fait qu'une relation SR est un ensemble de distributions du recrutement correspondant à différents niveaux de stock reproducteur. Ceci contraste avec la définition commune et étroite d'une courbe SR qui ne représente que la connexion entre les modes ou les moyennes des distributions du recrutement. Les auteurs utilisent des courbes SR simples (telles celles de Beverton-Holt et de Ricker), par commodité, mais aussi parce que :

- elles corroborent l'hypothèse de continuité selon laquelle de faibles variations de la taille du stock reproducteur changent peu la distribution du recrutement ;
- elles prédisent un recrutement nul en l'absence de reproducteur ;
- elles reflètent progressivement une plus forte mortalité densité-dépendante quand le stock reproducteur s'accroît ;
- elles prédisent un recrutement asymptotique ou décroissant pour des stocks reproducteurs élevés.

Walters et Korman identifient cinq pièges courants dans l'analyse SR et suggèrent des moyens de les aborder spécifiquement pour le développement de points de référence. Si on les ignore, ces problèmes ont pour effet de nous pousser à être trop optimistes concernant la précision de points de références et la robustesse des populations vis-à-vis de l'exploitation. Walters et Korman plaident pour l'utilisation de méthodes bayésiennes pour rendre compte de façon critique des incertitudes sur les paramètres de la relation SR et lors de la déduction de points de référence.

Dans le troisième chapitre du livre (*Transport des points de référence déduits de relations SR chez le saumon atlantique*), Prévost *et al.* traitent du transport des points de référence. Le transport est simplement une extrapolation de points de référence obtenus sur des rivières étudiées vers d'autres rivières qui ne font pas l'objet de la même attention. Avec plus de 2000 rivières à saumon dans l'Atlantique nord, il est inenvisageable de les étudier toutes et l'extrapolation est requise. Du point de vue de l'établissement de points

de référence, le comportement de « *homing* » très développé du saumon atlantique et son utilisation des milieux d'eau douce pour l'élevage des juvéniles sont à double tranchant. Cela fait de l'espèce un cas particulièrement favorable pour étudier la dynamique des populations. Mais dans le même temps, ce que nous apprenons sur la dynamique d'une population s'applique seulement partiellement aux autres populations. En effet, chez le saumon atlantique, la production de juvéniles fait appel à des habitats très divers au travers de l'aire de distribution de l'espèce – de la côte nord de l'Espagne à la Mer Blanche en Russie dans la zone nord-est de l'Atlantique, et du nord-est des États Unis jusqu'au Groenland pour la zone nord-ouest de l'Atlantique. A l'intérieur de ces régions, les juvéniles sont soumis à des conditions allant de variations saisonnières modérées de la photopériode, à l'extrémité sud de l'aire de distribution, à des extrêmes saisonniers de 24 heures de jour / 24 heures de nuit aux limites nord. Des populations se maintiennent dans des régions avec des amplitudes saisonnières de température de l'eau allant de 0 °C, lorsque les rivières sont couvertes de glace, à des températures proches de 30 °C en été. Là où les espèces marines ont évolué par la mise en place de migrations en réponse aux environnements fluctuants, les juvéniles de salmonidés (et dans certains cas les adultes), ont évolué en mettant en place des stratégies contrastées pour faire face à ces conditions très diverses. Aussi, nous avons besoin de méthodes pour fonder le transport de points de référence et pour évaluer ses conséquences en termes de précision dans les avis pour la gestion.

A cette fin, Prévost *et al.* proposent de séparer le transport selon deux composantes : une composante d'échelle directement reliée au concept de capacité d'accueil décrit dans le chapitre 1 et une composante de dynamique de population liée au processus de renouvellement des générations (la relation SR) indépendamment de tout effet de taille du système. Il existe une littérature abondante sur les interactions entre les juvéniles de salmonidés et l'habitat en eau douce (Gibson, 1993 ; Heggnes *et al.*, 1999 ; Bardonnnet et Baglinière, 2000). Dans son détail, elle peut contrarier l'élaboration de principes largement applicables en vue de quantifier par des mesures la capacité d'accueil. Il est déraisonnable d'attendre que des modèles (quelle que soit leur sophistication) prennent en compte fidèlement la complexité des systèmes biologiques et la traduisent de façon pleinement satisfaisante dans des mesures globales de production. Incorporer les écarts d'abondance relative entre des types d'habitat grossièrement définis sur la base de quelques variables physiques, telles que la nature du substrat, la profondeur et la largeur des cours d'eau, est l'approche recommandée avant que l'agencement et la succession des catégories d'habitat dans une rivière puissent être facilement quantifiés. Une fois résolue la question de la composante d'échelle, celle du processus de renouvellement de la population doit être considérée. Prévost *et al.* présentent une méta-analyse bayésienne hiérarchique pour incorporer les deux sources d'incertitudes emboîtées : des données SR sont collectées seulement pour un échantillon de rivières et, pour chacune d'elles, seul un échantillon d'observations SR est disponible. L'une des hypothèses majeure de l'approche par un modèle hiérarchique est la définition de la famille de rivières pour laquelle celles que l'on a étudiées formeraient un échantillon représentatif. Les auteurs terminent en passant en revue des essais antérieurs pour traiter la question du transport et ils concluent qu'à court terme, des modèles simples qui incorporent commodément les incertitudes devraient être explorés de préférence à d'autres plus élaborés qui tentent de représenter fidèlement la nature complexe de l'écologie du saumon.

Il n'y a de données détaillées de suivi d'abondance, de démographie et d'exploitation que pour très peu de rivières à saumon atlantique. Par contre, il y a des séries de captures pour un grand nombre de rivières récoltées sur des décennies. Quoique fréquemment intermittentes, il y a aussi de nombreuses séries d'indices d'abondance de juvéniles d'origine géographique diverse. Dans le quatrième chapitre (*Mesures d'indicateurs pour l'évaluation des stocks de saumon atlantique*), Rago présente plusieurs méthodes exploratoires d'analyse et d'évaluation de données d'indicateurs, utiles pour une meilleure compréhension des processus sous-jacents aux relations SR. Ces techniques sont utiles pour examiner les réponses de l'abondance des populations à des modifications de la gestion, les effets des changements du climat ou de l'habitat (le problème de la non-stationarité soulevé dans le chapitre 2), ainsi que pour analyser des associations densité-dépendantes. Des méthodes de lissage, telle que LOWESS, permettent d'identifier des tendances. La « *route regression* » et les tests de ratio sont des outils utiles pour quantifier l'ampleur de changements. Le lissage structural, qui se sert de caractéristiques démographiques pour recalculer stock et recrutement en tenant compte de la durée d'une génération, peut être employé pour étudier les variations temporelles de la dynamique de populations, portant par exemple sur des taux de survie entre différents stades. Dans la dernière section du chapitre, Rago introduit les méthodes « *capture-indicateur* » (*catch-index methods*) en tant qu'approche permettant d'utiliser plus complètement les données de captures et d'effort. Ces méthodes constituent une famille de modèles qui se servent de données de captures pour redimensionner des indicateurs en abondance vraie. Dans l'exemple présenté, la population totale de saumons adultes dans un cours d'eau est estimée à partir des captures par pêche à la ligne et d'indicateurs d'abondance de juvéniles. Dans une conclusion en forme d'avertissement, l'auteur indique que les modèles de base sont instables et requièrent de l'information biologique ou halieutique additionnelle pour avoir une utilité concrète.

Les deux derniers chapitres du livre touchent aux aspects politiques des points de référence, c'est à dire leur utilisation à des fins de gestion. Bien que l'on puisse considérer que ce sujet se situe en dehors du champ de compétence des scientifiques s'intéressant aux salmonidés, dans le chapitre 5 (*Analyse de risque pour les points de référence du stock reproducteur chez le saumon*), Hilborn bâtit une argumentation convaincante pour impliquer les scientifiques, les décideurs et les utilisateurs dans la mise au point de politiques de pêche. Son chapitre est centré sur le concept de l'évaluation du risque, défini comme le calcul de la distribution des conséquences d'actions de gestion alternatives. Hilborn nous guide au travers des cinq éléments d'une analyse de décision et nous montre comment incorporer les incertitudes sur l'identification de la dynamique SR (telle que décrite dans les chapitres 2 et 3) dans le cadre de la prise de décision en matière de gestion. Le message de fond du chapitre de Hilborn est que les scientifiques devraient clairement rendre compte auprès des décideurs des incertitudes associées aux différents stades d'une analyse de risque et que les choix impliquent des compromis entre des objectifs contradictoires. Le défi lancé par Hilborn aux scientifiques est de travailler plus étroitement avec les décideurs dans une optique de conseil, alors que le challenge pour les décideurs serait de réfléchir à d'autres stratégies et de prendre des décisions tenant compte du niveau des connaissances sur les réponses des populations, telles que quantifiées par les scientifiques.

Dans le sixième et dernier chapitre (*Hier et aujourd'hui : utilisation des points de référence pour le saumon atlantique*), Potter présente la définition, la déduction et l'application des points de référence pour la gestion du saumon atlantique dans une perspective historique et internationale. Il nous rappelle les voies parallèles empruntées par les scientifiques et les gestionnaires de pêcheries, en particulier quand des mesures devaient être prises alors que la conception et la quantification des points de référence n'étaient pas abouties. La nécessité d'agir avant d'avoir clarifié les définitions et les approches a été source de confusion, pour les scientifiques, les gestionnaires et encore plus pour les utilisateurs de la ressource. Par exemple les termes cible, limite, seuil et besoins pour la conservation ont tous été, et continuent d'être, employés pour se référer à des points de références, parfois aux mêmes, parfois à différentes valeurs. L'expérience canadienne, en ce qui concerne les définitions, est particulièrement révélatrice. À la suite d'une décision de la Cour suprême du Canada en 1990 à propos des droits d'accès au saumon atlantique des autochtones, les scientifiques ont été obligés de définir la « conservation » de l'espèce et d'en formuler une traduction opérationnelle. Ils ont alors proposé à la fois la définition et les modalités de mise en œuvre, mais il est apparu au fil du temps que le niveau de référence était appliqué comme une cible alors qu'il avait été conçu comme une limite. Il semble que les gestionnaires et les utilisateurs, peut-être encouragés par certains scientifiques, n'étaient pas convaincus que les valeurs établies pour la conservation représentaient de véritables limites, au delà desquelles toute mortalité par pêche devait être réduite pour empêcher une aggravation du déclin des stocks. Potter indique que la gestion des pêcheries ne peut pas attendre que des points de référence soient établis pour chaque stock de saumon. L'adoption d'une approche de précaution par les gouvernements nationaux fournit une opportunité de fonder la gestion sur la base de points de référence préliminaires, en reconnaissant qu'ils devront être réajustés au fur et à mesure que progresseront la qualité et la quantité des données disponibles.

Dans notre esprit, il n'existe aucun argument convaincant contre le développement de points de référence pour le saumon atlantique. La réalité des relations SR est fondée sur des éléments irréfutables au plan biologique. Les techniques d'analyse des relations SR peuvent être programmées sur des feuilles de calcul conviviales qui facilitent leur compréhension. Nous encourageons vivement les scientifiques à investir dans l'apprentissage des approches bayésiennes pour traduire de façon quantifiée les incertitudes lors de l'analyse de données SR, dans le domaine du transport et pour l'évaluation d'alternatives en matière de stratégies de gestion. L'obstacle majeur à une grande entreprise pour définir des points de référence nous paraît être le nombre limité de rivières possédant un jeu de données SR. Sans aucun doute, un effort de grande ampleur pour la collecte de données SR sur un ensemble large et diversifié de cours d'eau serait l'idéal. La réalité est que dans les dix à vingt prochaines années, des approches alternatives pour la construction de jeux de données SR devront être développées, et en premier lieu celles tirant avantage des données historiques provenant des pêcheries ou de réseaux de suivi d'abondance de juvéniles. La quantification de la taille relative des plus de 2000 rivières possédant une population de saumon atlantique, pour permettre le transport des points de référence, est un obstacle moins imposant. Pour cette tâche, le saumon possède un avantage évident par rapport à d'autres espèces, en particulier les poissons marins. Le principal facteur limitant de l'abondance du saumon atlantique

pour une rivière donnée, la quantité d'habitat d'eau douce disponible, peut être directement mesuré.

Notre satisfaction personnelle à l'occasion de l'édition de ce livre ne dépend pas de l'achèvement complet du chantier d'établissement de points de références pour l'ensemble des rivières à saumon atlantique, même si ce ne serait pas une déception. Notre plus grande satisfaction proviendra plutôt de ceux qui prendront le temps d'examiner les approches décrites dans les différents chapitres, qui les appliqueront à des études de cas, qui communiqueront avec les auteurs des chapitres pour obtenir une assistance et fournir un retour d'information et qui feront bénéficier la communauté scientifique de leurs propres découvertes.

Références

Voir page 23.

Introduction

Reference points to improve Atlantic salmon management

Gérald Chaput¹ and Étienne Prévost²

Not another book on Atlantic salmon!

This reaction is not totally unexpected nor unjustified. In reality, there are quantities of books and publications (both scientific and popular) on salmonids, and particularly Atlantic salmon. As an example, a general database search (Cambridge Abstracts Internet Database Service) for the years 1978 to the present resulted in 5,147 records of publications in which the words “Atlantic salmon” are mentioned. Relative to important north Atlantic marine species, there were 1,929 references to Atlantic cod and 828 references to Atlantic herring. Entire volumes³ or supplements to periodicals⁴ have been dedicated to issues around Atlantic salmon.

But the scope of those publications is focused on the biology or ecology of the species. Parallel to the insight gained in this field, general stock assessment methodologies (e.g. Hilborn and Walters, 1992), involving modeling (e.g. Quinn and Deriso, 1999) and data analysis (e.g. Gelman *et al.*, 1995) techniques, have made considerable progress over the last two decades. Surprisingly, today’s stock assessment methodologies are still little applied to the Atlantic salmon. This gap has to be filled. We chose to contribute to this objective by proposing a book which assembles available knowledge about the biology and the ecology of Atlantic salmon and contemporary stock assessment methodologies around a specific task, the establishment of reference points.

A reference point is basically a signpost, a way of assessing performance relative to some expected level based on knowledge of the system dynamics being modeled. Assessing performance requires that management objectives have been clearly established (Hilborn and Walters, 1992). For Atlantic salmon, a widely accepted objective is the long term preservation of the resource (NASCO, 1988) and correspondingly reference

(1) Department of Fisheries and Oceans, Science Branch, P.O. Box 5030, Moncton, NB, E1C 9B6, Canada.

(2) Institut national de la recherche agronomique, UMR EQHC, 65 rue de Saint Brieuc, 35042 Rennes cedex, France.

(3) Netboy, 1968; Smith and Carter, 1973; Went, 1980; Dunfield, 1985; Meerburg, 1986; Mills and Piggins, 1986; Thibault and Billard, 1986; Stroud, 1988; Mills, 1989, 1993; Samson and le Bel, 1990; Shearer, 1992; Gibson and Cutting, 1993; Guéguen and Prouzet, 1994; Braña, 1995.

(4) Shelton, 1990; Thomas and Mathisen, 1993; Hutchinson, 1997; Mather *et al.*, 1998.

points most frequently refer to levels of spawner abundance or rates of removal by the anthropogenic activity. Regarding the long term preservation objective, the value of establishing reference points, and managing accordingly, depends upon the consequences to the resource (recruitment) of variations in spawning stock abundance. Following a reasoning similar to Hilborn (1997), there are two hypotheses to consider in deciding whether the development and use of reference points is appropriate: recruitment is dependent on spawning stock size, or recruitment is independent of spawning stock. Our belief in which hypothesis is correct will lead us to different management actions. If we believe the latter hypothesis is correct, then there is no need to establish reference points since measures to protect or increase spawning stock size will not necessarily result in sustained or increased recruitment. If we believe in the alternative hypothesis, then there is an obvious need to manage for spawning stock size.

Table 1. Consequences of management action to the resource dependent upon the factor affecting recruitment.

Management actions	Recruitment hypotheses	
	Dependent on spawning stock	Independent of spawning stock
Do not manage for spawning stock size and do not use reference points	Risk of resource depletion	Unpredictable recruitment levels
Manage for spawning stock size according to reference points	Reduced risk of resource depletion	Unpredictable recruitment levels, foregone harvests

With imperfect knowledge about the two conflicting hypotheses, prudent action to minimize the risk of resource depletion is still achieved by managing for spawning stock size using reference points.

The abundance of Atlantic salmon has declined in recent years (at least estimated) and its range of distribution has been reduced (ICES, 1999; Parrish *et al.*, 1998). There are fewer fisheries to manage and public interest in the resource is waning as abundance declines. It is quite reasonable to question why we need reference points for Atlantic salmon. The pessimist would conclude that it is too late to worry about reference points. The optimist and pragmatist would rather try to appraise whether they can be useful at this time and in the future. Looking at past experience, he would ask: would the present status of the resource have been healthier if we had used reference points to manage our exploitation of it? We do not speak here in the restrictive sense of simply managing fisheries but managing mortality on recruitment and spawners.

We may not have been able to prevent all population declines or extirpations even if appropriate reference points had been defined. Extensive scientific knowledge and apparent consensus about the objective of salmon conservation is far from sufficient to ensure against long term decline of the resource, as clearly demonstrated by Lackey (1999) in his relevant analysis of the current situation of salmon in the Northwest Pacific. The benefits of Atlantic salmon to society must be assessed relative to a number of poten-