

CHARACTÉRISTIQUES ET CONSERVATION DE L'HABITAT DU POISSON

DFO - Library / MPO - Bibliothèque



14034992



Actes du Séminaire de sensibilisation à l'habitat du poisson

**Université Acadia
du 22 au 24 juin 1988**

Organisé par

Canada

Ministère des Pêches et Océans

✕ Nouvelle Ecosse

Ministère des Pêches

Financé par l'entente sur le Développement Economique Regionale.

SH
157.8
S45
1988

ISBN 0-662-17176-4

Catalogue No. FS23-148/1988E

Table des matières

Préface	iii
Allocution d'ouverture du président	iv
Introduction à la gestion de l'habitat du poisson.	1
William A. Rowat	
Politique de gestion de l'habitat du poisson; l'expérience canadienne.	11
Les Dominy	
Caractéristiques des habitats du poisson en eau douce.	19
André Ducharme	
Effets des modifications de l'environnement physique sur l'habitat du poisson en eau douce.	31
Dale I. Bray	
Les liens entre la végétation terrestre et l'habitat du poisson.	43
Robert J. Rutherford	
Effets de l'envasement sur le poisson et son habitat.	51
David L. Morantz	
L'eau, une molécule pleine de vie.	57
J. Gordon Ogden III	
Les pluies acides et la reproduction du saumon de l'Atlantique: effets et atténuation.	63
J.F. Uthe, H.C. Freeman, G.B. Sangalang, K. Haya et L.S. Sperry	
Caractéristiques des eaux côtières et d'estuaire.	69
Ken H. Mann	
Effets sur l'habitat du poisson des modifications physiques des estuaires.	81
Graham R. Daborn	
Qualité de l'eau et des sédiments par rapport à l'habitat du poisson dans l'environnement côtier et des estuaires.	93
Scott MacKnight	
Un cas particulier: le poisson migrateur.	101
Michael J. Dadswell	
Mariculture et conflits possibles d'utilisations multiples des ressources dans l'Atlantique canadien.	109
David J. Wildish	
Protection de l'habitat du poisson – cadre juridique.	119
John Angel	
Réunion-débat – Protection de l'habitat du poisson: responsabilités du gouvernement et de l'industrie.	123
Programme définitif	131
Liste des auteurs	135
Liste définitive des participants	137



Préface

Après des dizaines d'années d'abus et de mauvaise gestion, la protection de l'habitat du poisson représente, pour les gouvernements et l'industrie du Canada, un ambitieux défi. Pour concrétiser cet objectif, il faudra que les autorités en place aient la volonté politique de le faire, ce qui, comme l'a indiqué M. Jim Gourlay, durant les délibérations, nécessite la sensibilisation et l'engagement du grand public. Je crois fermement que ce Séminaire de sensibilisation à l'habitat du poisson a constitué une étape marquante dans cette conscientisation publique. Bien que certains de nos invités – quelques-uns représentant d'importants secteurs industriels – aient décliné notre offre, tous ceux qui sont venus ont eu l'occasion d'échanger des faits, des idées et des opinions dans un climat ouvert et stimulant. Nous espérons que le présent compte rendu multipliera l'audience du Séminaire.

Ces Actes ont été préparés à la fois à partir de rapports manuscrits et d'enregistrements audio et vidéo. Pour éliminer toute redondance et mieux rendre compte du déroulement des discussions, je me suis permis une certaine latitude. Plusieurs personnes m'ont été d'une aide précieuse dans l'organisation du Séminaire et la préparation des présents Actes; je pense plus particulièrement à Mike Brylinsky et Sherman Boates, qui ont bien voulu présider les diverses séances; à Ivi, Keir et Lia Daborn, Mike Shaffelburg, Jeff Monchamp, Debbie Clark, Diane Amirault et Peter Comeau, qui ont aidé à l'organisation des débats et à l'inscription des participants; et à Natalie Basaraba, qui s'est occupée du volet photographie. La firme **Annapolis Studio Associates Inc.** a préparé les enregistrements audio-visuels.

Par ailleurs, je tiens à remercier vivement M. Alex Colville, notre conférencier lors du banquet. Enfin, je me dois de signaler l'indispensable travail de Mme Darlene Feener, du **Estuarine Center**, qui a complètement redactylographié et mis en forme les présents Actes, en plus de résoudre de nombreux problèmes avec l'efficacité et le tact habituels.

A toutes ces personnes, j'exprime ma plus profonde gratitude.

Graham R. Daborn
Acadia Centre for Estuarine Research

Le 18 décembre 1988

COMITÉ ORGANISATEUR



Frank King (MPO)

Graham Daborn (ACER)

André Ducharme (MPO)

Allocution d'ouverture du Président

André Ducharme

Le présent Séminaire de sensibilisation à l'habitat du poisson s'adresse à un large segment du secteur industriel de la Nouvelle-Ecosse. Au nom du ministère fédéral des Pêches et des Océans (MPO), il me fait plaisir de parrainer cette manifestation de concert avec l'université Acadia. Le Séminaire est financé par l'Agence de développement économique régional. Au cours des deux prochaines journées, vous aurez l'occasion d'entendre de nombreux exposés sur les habitats d'eau douce et d'eau salée. Parmi les orateurs, mentionnons notamment M.W. Rowat, sous-ministre adjoint, qui nous entretiendra de la politique gouvernementale et de son contexte historique, ou encore M. Alex Colville, artiste de renommée internationale, chancelier de l'université Acadia et membre de l'Ordre du Canada, qui nous encouragera à continuer de lutter pour préserver les habitats, cet "héritage des générations futures".

Le MPO est responsable de la gestion des pêches commerciales et sportives du Canada, qui représentent une industrie de plusieurs milliards de dollars ainsi que le gagne-pain traditionnel de milliers de Canadiens. La survie de cette ressource renouvelable que représentent les populations de poissons dépend d'une quantité limitée, quoique vaste, d'habitats d'eau douce et d'eau salée qu'il faut également gérer. En réaction aux inquiétudes récemment exprimées concernant la disparition graduelle des habitats dans l'Est du Canada, malgré nos efforts de conservation, le MPO a décidé de réviser ses méthodes traditionnelles de protection et de conservation des habitats. À la suite de ce processus, M. Tom Siddon, ministre des Pêches et des Océans, a ratifié et officiellement publié la Politique de gestion de l'habitat du poisson du MPO. Parallèlement, on mettait au point un nouveau programme national de gestion, pour mettre en oeuvre toutes les mesures prévues dans la Politique.

La Politique identifie et délimite les tâches qu'il faut accomplir non seulement afin d'enrayer l'érosion des habitats, mais également pour regagner le terrain perdu en restaurant les habitats altérés et en en aménageant de nouveaux. Aux termes de la Politique, les responsables de la gestion de l'habitat au MPO doivent activement **collaborer** avec l'industrie canadienne et le grand public pour réaliser les objectifs visés. Mais avant de solliciter votre coopération, nous estimons devoir d'abord examiner avec vous et pour vous les aspects idéologiques, techniques, écologiques et juridiques de la gestion de l'habitat en eau douce et en eau salée. Nous souhaitons également mettre en lumière et discuter avec vous la question des inévitables conflits qui surviennent entre les impératifs du développement économique et la préservation de l'habitat du poisson.

Le comité organisateur, composé de représentants de l'université Acadia et du MPO, a soigneusement planifié le Séminaire. Nous sommes fiers d'avoir réuni une gamme bien équilibrée d'exposés techniques qui vous seront présentés par des scientifiques du monde universitaire, du secteur privé et du gouvernement. Ils feront le point sur l'état actuel de nos connaissances relatives à la nature des habitats du poisson et à leur vulnérabilité aux activités humaines de tous genres. Nous espérons que les discussions libres prévues pour la séance plénière, consacrée aux responsabilités du gouvernement et de l'industrie, permettront de combler toute lacune de notre part.

Au nom du ministère des Pêches et des Océans, je souhaite remercier vivement les représentants de l'université Acadia pour l'extraordinaire coopération dont ils ont fait preuve. J'aimerais exprimer tout particulièrement ma gratitude envers M. Graham Daborn, qui s'est dépensé sans compter et dont l'expérience nous a de beaucoup facilité la planification et l'organisation du Séminaire.

En terminant, permettez-moi de vous rappeler que ce séminaire n'est que le premier du genre, et qu'il nous a déjà appris – ainsi qu'à vous, nous l'espérons – beaucoup de choses. Nous avons l'intention de répéter l'expérience dans un proche avenir, au Nouveau-Brunswick et ailleurs.



Introduction à la gestion de l'habitat du poisson

William A. Rowat

RÉSUMÉ

Chaque année, les pêches commerciales et sportives de l'Est du Canada injectent plusieurs milliards de dollars dans l'économie canadienne. Pour survivre, ces précieuses ressources halieutiques ont besoin de la multitude d'habitats diversifiés qu'on trouve aussi bien dans les lacs, les cours d'eau, les estuaires et les zones côtières du Canada que dans nos riches secteurs de pêche hauturière (Grands Bancs, Banc de Georges, etc.). Au cours des dix dernières années, constatant que les mesures traditionnelles de protection de l'habitat ne suffisaient pas à protéger adéquatement les habitats de l'Est du pays, le ministère des Pêches et des Océans a procédé à une révision des régimes existants de gestion des habitats, qui a eu pour fruit une réorganisation systématique et quelque peu radicale des politiques et des pratiques du Ministère en la matière. Une nouvelle politique a été formulée, dont l'objectif global repose sur un "gain net d'habitat productif". Cette politique prévoit de nouvelles stratégies conçues pour freiner l'érosion des habitats et, à terme, réaliser un gain net, soit par la reconstitution des zones endommagées, soit par l'amélioration des habitats existants ou même par la création de nouveaux habitats. En outre, la politique place un nouvel accent sur les méthodes traditionnelles de protection et de conservation. On a également élaboré un programme global pour la mise en application de la nouvelle politique. Pour faciliter la mise en œuvre du programme, on a réaménagé la structure organisationnelle de gestion de l'habitat, tant dans les diverses régions administratives du MPO qu'à l'administration centrale, à Ottawa. Cette structure administrative repose sur les éléments suivants: hiérarchie formelle de comités chargés d'orienter le programme et de guider les hauts fonctionnaires responsables de sa réalisation; nouvelle organisation interne visant à assurer que tous les aspects de la mise en œuvre de programme (notamment la poursuite des recherches sur l'habitat et la prestation de conseils scientifiques spécialisés) soient contrôlés par les autorités compétentes; enfin, attribution de rôles et de responsabilités précis aux secteurs opérationnel et scientifique du Ministère. L'actuel programme de gestion de l'habitat repose à la fois sur des outils traditionnels de gestion (application de la loi et protection, recherche, etc.) et sur de nouvelles stratégies: planification intégrée des ressources, formation et information du public, participation de la collectivité, consultation, etc. On a pris soin de donner à ce programme suffisamment de souplesse pour pouvoir l'adapter aux possibilités de restauration ou d'amélioration de l'habitat, ou encore contrer de nouveaux périls.

INTRODUCTION

Il me fait plaisir de vous souhaiter la bienvenue à ce premier grand séminaire consacré à l'habitat du poisson et au programme fédéral mis sur pied pour gérer cette précieuse ressource canadienne. Tout d'abord, j'aimerais exposer brièvement pourquoi le ministère des Pêches et Océans (MPO) juge essentiel de s'attaquer résolument au problème de la gestion de l'habitat. J'expliquerai ensuite comment nous nous sommes graduellement sensibilisés à la nécessité de protéger les habitats dans les diverses régions administratives du pays, pour finalement décrire le déroulement actuel du programme et la façon dont nous entendons réaliser nos objectifs.

Chaque année, les pêches commerciales et sportives injectent plusieurs milliards de dollars dans l'économie nationale. Outre l'activité halieutique, le poisson et son habitat représentent également une importante attraction touristique qui génère des retombées financières locales. Les ressources piscicoles ont aussi une importance sociale, par exemple en constituant le fondement du mode de vie traditionnel dans les localités côtières, éloignées ou autochtones (par exemple, la pêche du saumon ou du homard). Enfin, la seule présence de poissons constitue un important indicateur d'un environnement sain.

HISTORIQUE DE L'INTÉRÊT DU MPO

En cette seconde moitié de siècle, le gouvernement canadien s'intéresse de plus en plus à la qualité de l'environnement et il reconnaît la sensibilisation croissante des gens, aussi bien au pays que dans le monde entier, à cet égard. Au Canada, cette conscientisation se traduit par un accroissement des ressources et du niveau de responsabilité attachés à la "gestion" de l'environnement canadien – y compris de l'habitat du poisson. A cette fin, on recourt à l'application de la législation existante (p. ex. la Loi sur les pêcheries, qui remonte sous une forme ou une autre à l'Acte de l'Amérique du Nord Britannique du siècle dernier), à l'adoption de nouvelles lois (comme la Loi canadienne sur la protection de l'environnement

que prépare actuellement le ministre de l'Environnement) et à la conclusion d'un nombre croissant d'ententes fédérales-provinciales. A l'heure actuelle, la plus grande partie des lois et des responsabilités fédérales, en matière de protection de l'environnement, incombent à deux ministères: Pêches et Océans Canada et Environnement Canada. Alors que le ministre des Pêches et des Océans demeure responsable, devant le Parlement, des dispositions de la Loi sur les pêcheries concernant les habitats et la pollution chimique, c'est Environnement Canada qui, en vertu d'une entente, voit à l'application quotidienne des dispositions de l'article 33 relatives aux "substances nocives". On voit donc que les responsabilités sont partagées jusqu'à un certain point.

Au MPO, les années 80 ont été marquées par un éveil à la nécessité de mieux gérer les habitats d'eau douce et d'eau salée. On n'a qu'à penser aux récentes controverses entourant le Banc de Georges, le lien direct avec l'Île-du-Prince-Édouard ou la mine d'étain Rio Algom. Dans son rapport sur les pêches du Pacifique qu'elle publiait en 1981, la commission Pearce qualifiait d'"essentiellement défensive" la position adoptée par le MPO en matière de gestion de l'habitat, et recommandait une approche plus positive, plus dynamique et plus flexible. La situation décrite au sujet des pêches du Pacifique s'applique également à la côte atlantique. Même si nous nous efforçons de réagir aux projets de développement en les soumettant à de complexes processus d'examen, et de protéger les habitats en imposant des limites et des modifications à ces projets et en continuant d'appliquer la législation pertinente, il s'avère évident que ces mesures, bien que nécessaires, ne suffisent pas à stopper l'amenuisement graduel de l'habitat et les pertes qui en résultent sur les plans du revenu et des loisirs. Citons par exemple le cas des pluies acides en Nouvelle-Ecosse: dans cette province, treize cours d'eau où remontait autrefois le saumon de l'Atlantique sont maintenant considérés morts (c'est-à-dire désertés par le saumon) en raison d'une acidité excessive (figure 1). La pollution domestique (les eaux d'égout) représente une autre forme de détérioration de l'habitat qui échappe aux moyens mis en oeuvre jusqu'à maintenant par le MPO. Pour avoir une idée des pertes annuelles de revenu subies par la population de la Nouvelle-Ecosse, on n'a qu'à jeter un coup d'oeil sur la carte des secteurs où la récolte des myes est interdite, en Nouvelle-Ecosse et dans la baie de Fundy (figure 2). En fait, on ne connaîtra peut-être jamais la valeur réelle de ce manque à gagner.

Pour sûr, les dégâts causés jusqu'à présent sont graves. Mais ils ne sont pas nécessairement irréversibles. Sur la côte atlantique, ce sont surtout

les habitats fluviaux, estuariens et côtiers qui sont touchés; pour ce qui est des habitats de la haute mer, ils sont encore intacts malgré qu'ils soient menacés par le transport à longue distance de produits chimiques, d'organochlorés et de minéraux, de même que par les nombreux dangers liés à l'exploitation et transport des ressources pétrolières et gazières (si cela se produit)

Ainsi, la réflexion amorcée dans les années 80 a amené le MPO à conclure qu'il devait assumer un leadership ferme pour enrayer le processus d'érosion des habitats. En outre, nous nous sommes aperçus qu'il ne suffisait pas, à cette fin, de poursuivre l'application des lois pertinentes. Il faudrait sérieusement prendre en considération un bon nombre des recommandations formulées dans le rapport Pearce. Après de longues délibérations, le MPO a décidé d'orienter son action selon les axes suivants:

- (1) placer un accent nouveau sur l'éducation, la consultation, la coopération et la planification intégrée des ressources;
- (2) constituer des banques de données sur les habitats et faciliter la recherche sur la restauration et l'amélioration des habitats;
- (3) chercher à obtenir une juste réparation de la part de ceux qui endommagent l'habitat; et, bien entendu
- (4) continuer de limiter la perturbation des habitats par les projets de développement et de faire observer la législation pertinente.

FORMULATION D'UNE POLITIQUE

L'élaboration d'une nouvelle approche de gestion a débuté à l'administration centrale du MPO, en 1981, avec la production d'un document préliminaire intitulé "Vers une politique de gestion de l'habitat du poisson". En septembre 1982, on créait un groupe de travail chargé d'examiner les programmes mis en place pour la gestion des habitats dans les régions du Golfe, de Terre-Neuve et de Scotia-Fundy. On s'est penché sur divers aspects du problème: application réglementaire, recherche, bonification des habitats, communications et consultations externes. Au départ, les planificateurs du MPO faisaient face à difficiles questions: Quel devrait être l'objectif global? Quelle est la meilleure façon d'y arriver? Par où doit-on commencer? Tous ensemble, nous avons mis au point un plan directeur qui constituerait le guide pour tous ceux qui s'occupent ou qui s'occuperont de gestion de l'habitat au MPO, et qui communiquerait clairement au secteur

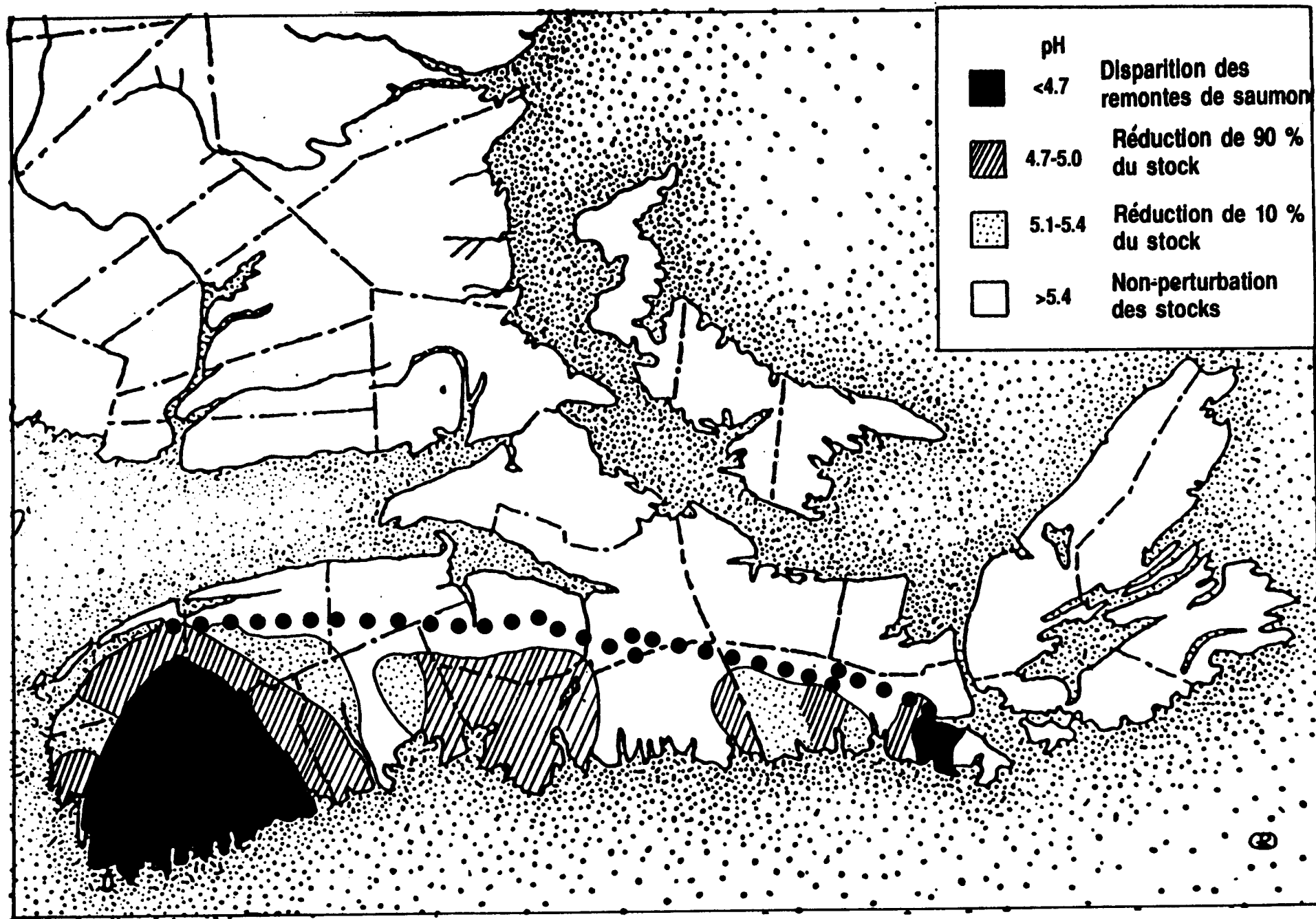


Figure 1. Valeurs annuelles moyennes du pH dans les cours d'eau de la Nouvelle-Ecosse fréquentés par le saumon de l'Atlantique (données recueillies entre 1979 et 1985).

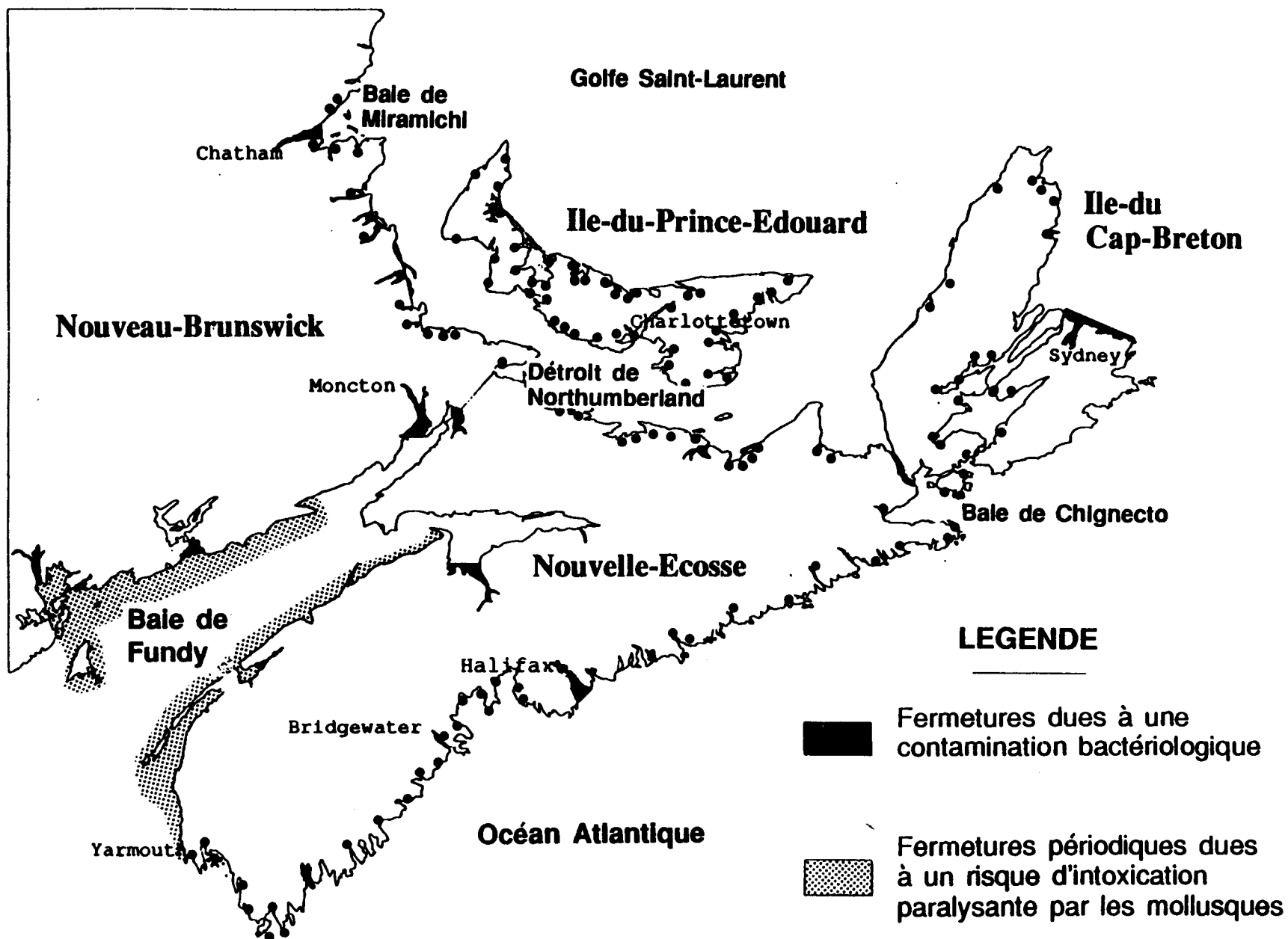


Figure 2. Secteurs interdits à la récolte des myes, dans les Maritimes, pour risque de contamination bactérienne ou d'intoxication paralysante par les mollusques.

privé notre intention de coopérer pour résoudre les problèmes et concilier les divergences d'intérêts tout en augmentant l'habitat de nos ressources halieutiques.

En octobre 1986, le ministre des Pêches et des Océans approuvait et publiait officiellement la Politique de gestion de l'habitat du poisson du MPO.

Il s'agissait alors de la première étape vers une amélioration (je serais même tenté de dire vers une **révolution!**) de la gestion de l'habitat. Après quatre années de gestation, cette politique posait l'objectif ultime d'un **gain net d'habitat productif**. Elle encourage la mise en oeuvre de moyens de gestion traditionnels ou inédits pour aider les gestionnaires de l'habitat à planifier leurs programmes et à mener à bien leurs activités courantes. Par exemple, on continuera de faire observer les lois sur l'habitat, mais dorénavant on insistera beaucoup plus sur l'information, l'éducation et la consultation du public, de même que sur la coopération.

Je ne m'étendrai pas plus longtemps sur les détails de cette politique – j'y reviendrai –, mais le secteur industriel de cette province devrait considérer d'un bon oeil le fait que le MPO dispose maintenant d'une telle politique et sait comment il la mettra en oeuvre. En effet, l'industrie traitera maintenant avec une **organisation qui dispose de solutions de rechange à la seule application de la loi, qui insiste sur la coopération et la consultation, et qui sera moins incohérente en raison de la nature définitive de son programme.**

CADRE DE MISE EN OEUVRE DE LA POLITIQUE

Une fois la politique en place, l'étape suivante était de passer rapidement à la mise en oeuvre des nombreuses stratégies contenues dans cette politique et d'élaborer une structure visant à encadrer la planification, l'exécution et l'évaluation systématiques d'un programme par lequel on concrétiserait toutes ces promesses de meilleure gestion. A cette fin, on a pris les mesures suivantes:

(a) **Création de mécanismes officiels.** Au sein du Ministère, une série de comités régionaux et nationaux interdépendants ont été constitués pour superviser la planification de la mise en oeuvre de la politique, évaluer l'application de celle-ci et régler les problèmes survenant dans l'ensemble du programme de gestion de l'habitat. La figure 3 illustre le fonctionnement de cette structure organisationnelle.

(1) Le comité du Directeur général de l'Atlantique était déjà en place avant l'avènement de la Politique. Il est présidé par le sous-ministre adjoint (Atlantique) et traite de la totalité des activités menées par le MPO dans la zone de l'Atlantique. Le Comité de coordination de la politique sur l'habitat (CCPH) et le Comité de coordination pour la gestion de l'habitat de l'Atlantique (CCGHA) relèvent de ce comité.

(2) Le CCPH, basé à Ottawa et présidé par M. David Tobin (Directeur général des Pêches de l'Atlantique), regroupe à un très haut niveau tous les secteurs du MPO, pour coordonner les activités du Ministère liées à la mise en oeuvre de la nouvelle politique. Une des principales tâches de ce comité consiste à revoir les plans sectoriels concernant la mise en oeuvre des activités scientifiques et de gestion de MPO, et d'agir comme conseiller en la matière.

(3) Le CCGHA, présidé à tour de rôle par les Directeurs régionaux des secteurs des Pêches et de la Gestion de l'habitat des quatre régions administratives de l'Atlantique, représente la vraie tribune où sont discutés les problèmes de gestion de l'habitat communs à au moins deux des quatre régions administratives.

Cette série de comités est un gage de continuité entre les aspects nationaux et régionaux du programme. Ils guident les nombreuses personnes chargées de mettre en oeuvre la politique et tiennent la haute direction au fait de l'état d'avancement du programme et des éventuels problèmes qui surgissent. Ils assurent également l'uniformité des objectifs d'une région administrative à l'autre et ils maintiennent dans la bonne voie le programme fédéral de gestion de l'habitat. Et, croyez-le ou non, ils réussissent à faire bouger les choses en imposant des délais, en décidant comment appliquer la politique dans les opérations courantes, en focalisant les efforts des divers intervenants et en contrôlant le déroulement d'une multitude d'activités.

b) **Réorganisation Interne.** Avant octobre 1986, tous les services s'occupant de gestion de l'habitat, sauf pour l'application des lois, relevaient du Secteur des sciences au MPO. A compter d'octobre 1986, dix employés permanents du Secteur des sciences de la région Scotia-Fundy étaient mutés à la Gestion des pêches et de l'habitat (Opérations), ce qui menait à la création de la Direction de la gestion de l'habitat du poisson. Dans les trois autres régions administratives de l'Atlantique, des mutations ou des affectations similaires ont été effectuées. Ce nouveau service opérationnel est le centre névralgique responsable de toutes les questions liées à l'habitat dans cette région, et il est chargé de l'exécution du programme régional.

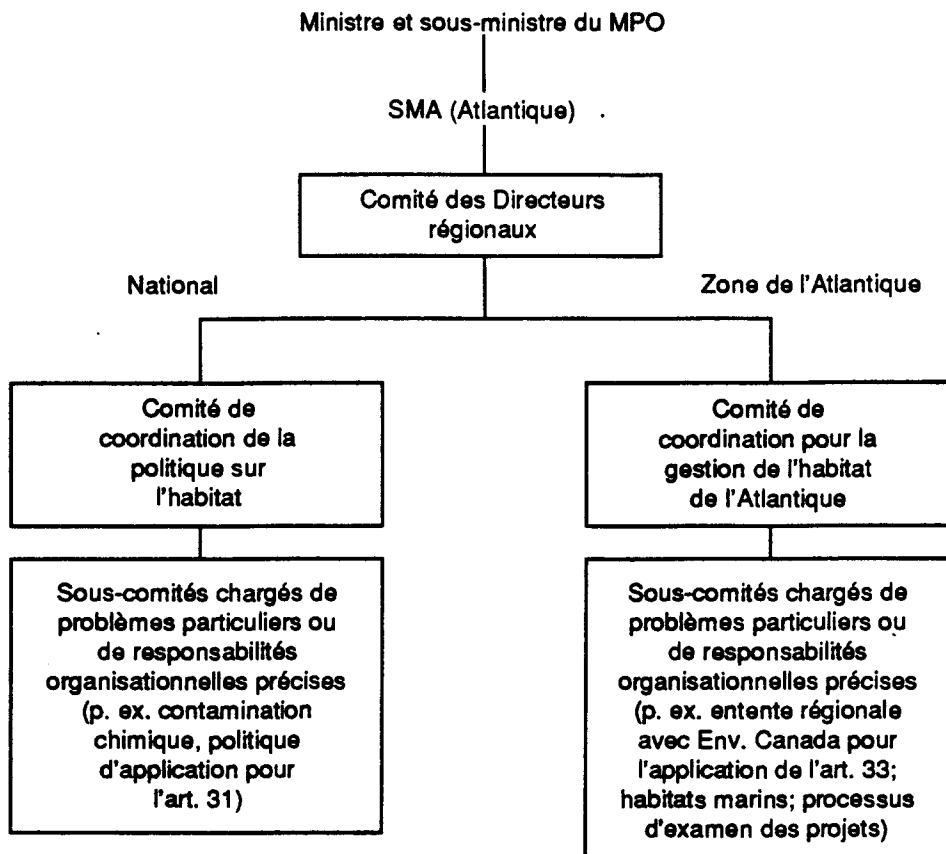


Figure 3. Infrastructure de mise en œuvre de la politique de gestion de l'habitat au MPO.

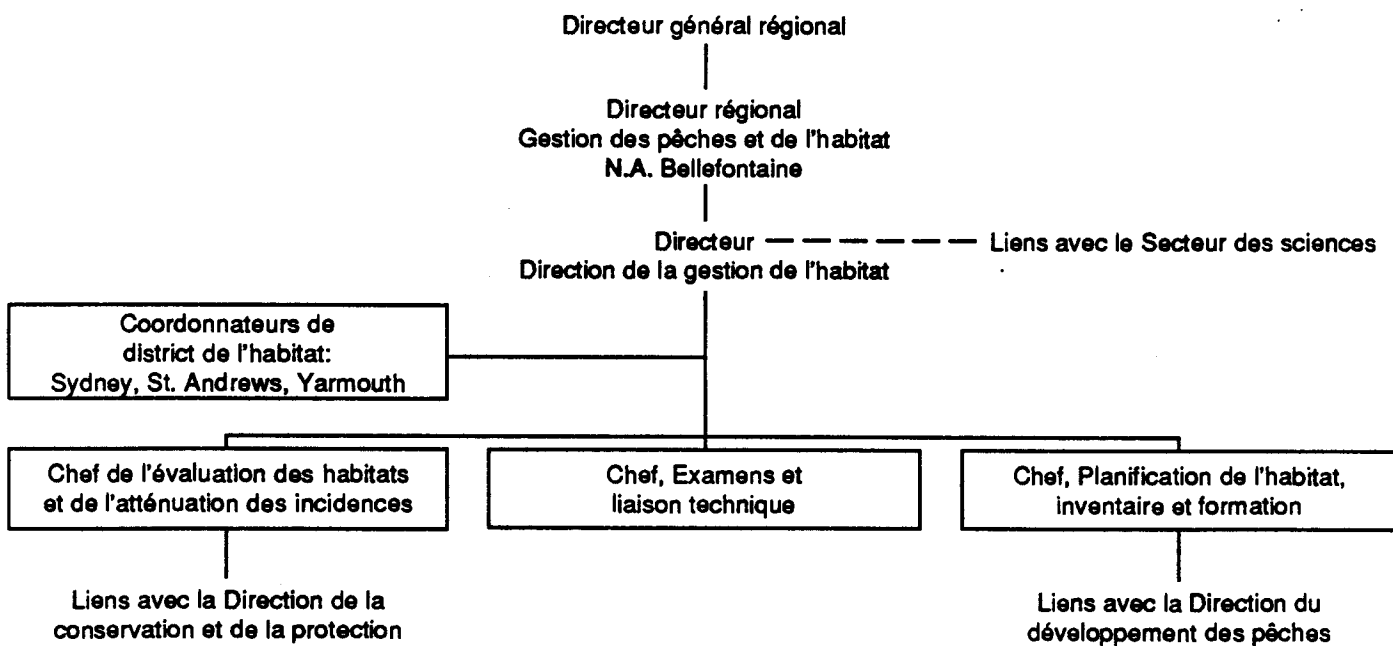


Figure 4. Organigramme de la Direction de la gestion de l'habitat, région Scotia-Fundy.

Le Secteur des sciences lui-même a subi une réorganisation qui a entraîné la création d'une Division de la recherche sur l'écologie des habitats et d'une Section de la recherche sur les habitats d'eau douce. Comme l'illustre la figure 4, le groupe responsable de la gestion de l'habitat est relié par des liens organiques et hiérarchiques au Secteur de la gestion des pêches et de l'habitat et au Secteur des sciences.

c) Attribution des rôles et des responsabilités.

Bien que la responsabilité de la totalité des questions liées à la gestion de l'habitat ait été fermement confiée au secteur de la Gestion des pêches, la mise en oeuvre du programme de gestion de l'habitat repose sur une structure bicéphale où le Secteur des sciences joue un rôle de premier plan en ce qui a trait à la recherche et à la prestation des conseils spécialisés dont ont besoin les gestionnaires pour formuler les positions du MPO sur des problèmes importants et complexes. Le tableau 1 illustre cette division des responsabilités.

(PROGRAMME ACTUEL DE GESTION DE L'HABITAT)

Le programme de gestion de l'habitat du MPO consiste essentiellement en une combinaison de techniques traditionnelles et inédites de gestion de l'habitat, auxquelles on a donné une orientation particulière. Le programme, étroitement lié à la Politique de gestion de l'habitat, regroupe les activités afférentes aux sept stratégies de mise en oeuvre de la politique. La planification, la mise en oeuvre, l'examen et la surveillance du programme reposent à la fois sur les mécanismes formels exposés ci-dessus, sur les nouvelles sections de gestion de l'habitat créées au niveau régional dans le Secteur de la gestion et dans le Secteur des sciences, et sur une répartition judicieuse des responsabilités entre les différents secteurs. Le tableau 2 énumère les activités caractérisant le programme de gestion. En outre, on travaille actuellement à l'élaboration d'accords et de politiques visant à orienter les hauts fonctionnaires du MPO chargés d'appliquer les dispositions de la Loi sur les pêcheries concernant l'habitat. Voici les plus importants:

- (a) Entente entre Environnement Canada et le MPO pour l'application de l'article 33;
- (b) Politique d'application de l'article 33 (document interne destiné aux fonctionnaires du MPO et d'Environnement Canada);
- (c) Politique d'application et d'observation des dispositions de la Loi sur les pêcheries concernant les habitats (document interne destiné aux fonctionnaires du MPO).

La réalisation d'un "gain net", qui constitue le but ultime de la politique et du programme de gestion de l'habitat, passe tout d'abord par le principe d'"aucune perte nette". On met actuellement la dernière main à un document national exposant comment procéder pour en arriver à un objectif d'"aucune perte nette dans la productivité de l'habitat du poisson". Toutes ces mesures témoignent de l'engagement national envers la politique et le programme de gestion de l'habitat, et l'objectif final: un "gain net" d'habitat.

CONSIDÉRATIONS INTERNATIONALES

Les programmes de gestion de l'habitat du MPO aident le Canada à remplir son engagement envers la Stratégie mondiale de conservation des Nations Unies, qui prône la mise en place de programmes de soutien pour les pêcheries et la lutte contre la pollution. N'oubliez pas que **l'habitat constitue le système vital de nos pêches**. Le Canada est également actif sur la scène internationale, en matière de gestion et de l'habitat du poisson, en fournissant des conseils spécialisés à des comités ou à des organismes internationaux tels que l'Organisation maritime internationale (OMI), la Convention de Londres sur l'immersion des déchets, le Conseil international pour l'exploration de la mer (CIEM) et le comité chargé de coordonner les études et de fournir des conseils sur les négociations entourant le transport à longue distance des polluants atmosphériques (c'est-à-dire les pluies acides).

CONCLUSIONS

Le Canada dispose, pour la gestion de l'habitat du poisson, d'une politique unique en son genre qui a été élaborée avec la pleine consultation des autres organismes gouvernementaux concernés au niveau fédéral et provincial, ainsi qu'avec l'industrie et le secteur privé. On a mis au point une stratégie de mise en oeuvre qui tire parti de l'ensemble des compétences du Ministère. On a également mis en place une nouvelle organisation régionale pour mettre en oeuvre de façon efficiente et efficace le programme de gestion de l'habitat. Pour mieux réglementer les questions de nature environnementale, on peut compter sur le fondement solide que représentent la Loi sur les pêcheries et les lois provinciales (Loi sur la protection de l'environnement, Loi sur les ressources minérales, Loi sur l'amélioration forestière). Enfin, dernier point mais non le moindre, les ministères provinciaux de l'Environnement et des Pêches ainsi que le ministère fédéral de l'Environnement représentent pour le MPO de précieux alliés. Le programme de gestion de l'habitat est un programme intrinsèquement flexible, que l'on peut adapter pour profiter des nouvelles occasions qui se présentent ou pour réagir aux nouveaux dangers qui menacent les habitats du poisson.

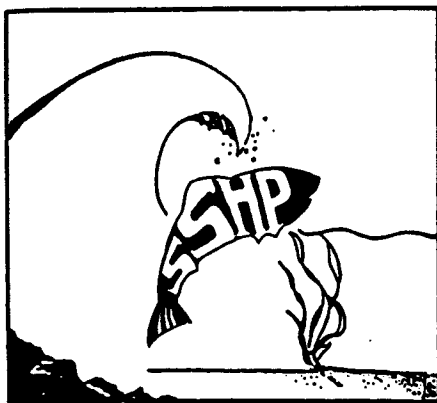
Tableau 1.

Rôles et responsabilités du Secteur de la gestion des pêches et du Secteur des sciences dans l'exécution du programme régional de gestion de l'habitat du poisson

GESTION DES PÊCHES	SCIENCES
1. Centre névralgique du programme régional.	1. Planification et réalisation des recherches.
2. Mise en oeuvre des politiques, des lignes directrices ainsi que des mesures de protection et des procédures.	2. Elaboration des politiques, des lignes directrices, des procédures et des mesures de protection.
3. Mise en oeuvre des conseils de nature technique et scientifique.	3. Prestation de conseils spécialisés en matière scientifique et technique au sujet des activités pouvant avoir un impact sur les habitats et des projets d'amélioration des habitats.
4. Surveillance, pour signaler les dangers et prévenir l'altération des habitats.	4. Réalisation des activités scientifiques ou techniques requises pour la prestation d'informations de preuves et de conseils en matière de conservation et d'amélioration des habitats.
5. Application des lois, des règlements et des lignes directrices.	5. Fourniture de services d'analyse en laboratoire.
6. Prestation d'une aide au Secteur des sciences dans la collecte des données de base requises pour des évaluations ou des recherches, ou encore pour poursuivre les contravenants aux dispositions législatives concernant l'habitat.	6. Élaboration et tenue de systèmes d'information intégrés sur l'habitat.
7. Coordination de négociations pour la protection de l'habitat.	7. Planification et réalisation d'ét appliquées.
8. Responsabilité des activités d'éducation publique et coordination des activités internes de formation sur la gestion de l'habitat.	8. Planification et coordination des études scientifiques et techniques menées sur le terrain.
9. Promotion et coordination de l'engagement des populations locales envers la protection et la restauration de l'habitat.	
10. Responsabilité des activités de planification et de liaison.	

Tableau 2.
Liste des activités afférentes au programme de gestion de l'habitat du MPO

Stratégies de mise en oeuvre	Activités	Activités en cours ou nouvelles activités
1. Protection et application de la loi	• Examen, enquête et évaluation des cas soumis • Contrôle de l'application réglementaire • Surveillance • Élaboration de lignes directrices • Élaboration d'un guide sur le principe d'aucune perte nette • Politiques d'observation • Planification des aspects internationaux du programme de gestion de l'habitat	En cours En cours En cours En cours Nouvelle activité Nouvelle activité Nouvelle activité
2. Planification intégrée des ressources	• Élaboration d'un plan pour l'intégration des objectifs de gestion de l'habitat au sein des plans de gestions de pêches • Élaboration d'un répertoire des bases de données • Élaboration de lignes directrices nationales sur la planification intégrée des ressources • Élaboration d'un système d'information sur les habitats	Nouvelle activité Nouvelle activité (Secteur des sciences) Nouvelle activité
3. Recherche (Secteur des sciences)	• Tous les aspects du domaine des habitats, y compris la prestation de conseils spécialisés	En cours
4. Education et information publique	• Bulletins d'information publique • Communication de renseignements à la population et aux groupes intéressés • Sensibilisation à l'habitat	Nouvelle activité Nouvelle activité Nouvelle activité
5. Coopération	• Protocoles d'entente et accords fédéraux-provinciaux sur divers aspects de la mise en oeuvre du programme de gestion de l'habitat • Encouragement d'une participation de la population locale aux projets de restauration de l'habitat • Établissement d'ententes de coopération avec d'autres ministères et le secteur public	Nouvelle activité Nouvelle activité Nouvelle activité
6. Amélioration de l'habitat (Secteur des sciences)	• Élaboration d'un plan et de lignes directrices nationales pour la restauration de l'habitat • Financement de projets de restauration et de valorisation de l'habitat à l'aide de fonds du Ministère • Encouragement du recours à d'autres sources de financement pour la restauration des habitats • Prestation de conseils aux autres responsables de projets de restauration	Nouvelle activité Nouvelle activité En cours En cours
7. Administration (nationale)	• Principalement surveillance à l'échelle nationale • Établissement d'un programme pour mieux former le personnel du MPO aux questions d'habitat.	Nouvelle activité Nouvelle activité



Politique de gestion de l'habitat du poisson: l'expérience canadienne

Les Dominy

RÉSUMÉ

L'auteur décrit la Politique canadienne de gestion de l'habitat du poisson, approuvée en octobre 1986 par le ministre des Pêches et des Océans. La Politique repose sur plusieurs stratégies clés, dont l'application, amorcée en 1987, se poursuivra pendant plusieurs années. L'auteur fait également le point sur l'approche adoptée pour la mise en oeuvre de la politique, en plus d'exposer les principales réalisations faites jusqu'à maintenant; notamment: 1) organisation et ressources humaines; 2) application du principe d'aucune perte nette; 3) application plus uniforme de la législation; 4) exemples de mise en oeuvre de la politique; 5) planification intégrée des ressources; 6) sensibilisation du public; 7) obtention des ressources financières et humaines nécessaires à la conservation et à l'amélioration de l'habitat du poisson. En conclusion, on affirme que ces mesures entraîneront un renforcement et une amélioration du programme canadien de gestion de l'habitat du poisson, au profit tant des ressources halieutiques que de la population canadienne.

INTRODUCTION

La gestion de l'habitat du poisson équivaut à résoudre des conflits. C'est l'art et la science du compromis, c'est travailler avec ceux dont l'activité se répercute sur l'habitat du poisson pour prévenir l'altération de la ressource et concilier des utilisations concurrentes.

A cette fin, les gestionnaires de la ressource halieutique doivent relativiser leurs propres objectifs. Certains d'entre nous peuvent penser que ce qui est bon pour le poisson est bon pour tout le monde, mais de toute évidence les eaux fréquentées par le poisson peuvent aussi servir à de nombreuses autres fins, et les projets de développement peuvent souvent bénéficier à la société, mais nuire à la ressource halieutique. C'est là le dilemme des organismes de gestion des pêches: d'un côté ils peuvent être très accommodants et entériner sans discuter tous les projets de développement, pour ensuite assister à la disparition des habitats; de l'autre côté, ils peuvent s'opposer obstinément à toute activité néfaste pour le

poisson, ce qui leur permet de conserver toute leur pureté idéologique et de gagner quelques batailles – tout en en perdant beaucoup plus.

Cette seconde attitude ne mène pas à de bonnes relations avec les industries et les organismes qui exercent le plus d'impact sur l'habitat. A long terme, ce sont les organismes de gestion des pêches, les habitats et les poissons qui sortent perdants. On ne peut progresser quand les chances sont contre nous.

Il faut plutôt fixer des priorités en matière d'habitats, et reconnaître que certains secteurs sont plus importants que d'autres. C'est là le coeur du problème: protéger les habitats essentiels tout en réalisant des gains ailleurs par la restauration et l'aménagement d'autres habitats. A cette fin, il faut coopérer étroitement avec différents secteurs de la société, c'est-à-dire:

- aider les promoteurs à observer la législation sur les pêches, sans brimades excessives;
- coopérer avec les autres organismes s'occupant de gestion halieutique et de protection de l'environnement, pour examiner les problèmes d'intérêt mutuel;
- soutenir les groupes de citoyens qui entreprennent des projets de conservation.

Pour le ministère canadien des pêches et des Océans (MPO), la question de l'utilisation des ressources a été source de nombreux dilemmes et de nombreux conflits. Nous nous sommes opposés avec véhémence – quelquefois avec succès, quelquefois en vain – à des projets qui pouvaient endommager l'habitat, mais dans l'ensemble l'habitat du poisson a subi un déclin constant du point de vue quantité et qualité.

Certaines pertes sont alarmantes. Depuis un siècle, l'est du Canada a vu disparaître de 15 à 20 % de l'habitat du saumon de l'Atlantique. Dans le fleuve Fraser, un des plus importants cours d'eau à saumon de l'ouest de l'Amérique du Nord, le déclin est

dramatique: 70 % de l'habitat intertidal estuarien a changé de vocation, principalement à cause de l'endiguement. A cela, il faut ajouter les problèmes courants et à long terme que représentent les pluies acides, les déchets toxiques et les pratiques agricoles néfastes.

De toute évidence, il fallait trouver une meilleure façon de résoudre ces problèmes. La Loi fédérale sur les pêcheries nous confère le pouvoir de stopper des projets précis, mais il nous fallait un cadre de référence plus global, une série de stratégies et de procédures qui pourraient guider notre personnel et influencer ceux dont les activités se répercutent sur l'habitat.

Notre solution a été d'élaborer une nouvelle politique générale sur la gestion de l'habitat du poisson. Cette politique contient des énoncés objectifs en regard desquels le Ministère peut jauger son action, et elle expose une structure lui permettant d'administrer plus uniformément son programme de gestion de l'habitat.

La Politique constitue l'aboutissement de deux années de consultations publiques. Considérant la forte réaction publique, la nécessité d'un meilleur régime de gestion de l'habitat est devenue manifeste. Il nous fallait clairement tenir compte d'opinions et de préoccupations diversifiées et souvent divergentes.

D'"AUCUNE PERTE NETTE" À UN "GAIN NET"

Tout en tenant compte de cette vaste gamme de points de vue et d'intérêts, nous avons fixé un objectif ambitieux. Nous visons un GAIN NET d'habitat pour les ressources halieutiques canadiennes. Cet objectif sera atteint de la façon suivante:

- maintien de la productivité actuelle des habitats;
- remise en état de certains habitats;
- création et amélioration d'habitats dans certains secteurs.

Bien entendu, une gestion des habitats doit reposer sur une définition claire et exacte de ce qu'on entend par "habitat du poisson". Notre définition est assez large. Aux termes de la Loi sur les pêcheries, l'expression "habitat du poisson" s'entend des parties de l'environnement "dont dépend, directement ou indirectement, la survie des poissons". Quant au terme "poisson", il englobe "les mollusques, les crustacés et les autres animaux marins, ainsi que leurs oeufs, le frai ou le naissain". Ainsi, la politique peut s'appliquer à tout projet de petite ou grande

envergure réalisé dans l'eau ou à proximité de l'eau; elle concerne toute activité susceptible "de modifier, d'endommager ou de détruire" l'habitat du poisson par des moyens chimiques, physiques ou biologiques.

Pour maintenir la productivité des habitats, nous observerons le principe d'AUCUNE PERTE NETTE, en vue de compenser, projet par projet, les pertes inévitables d'habitats. En restaurant, en améliorant et en créant des habitats dans des secteurs choisis, nous visons un GAIN NET d'habitat.

Notre nouvelle politique est assortie d'un plan quinquennal comprenant sept stratégies:

- (1) **Protection et respect des règlements** – protéger les habitats du poisson en appliquant la Loi sur les pêcheries et en intégrant des exigences concernant la protection de l'habitat dans les activités et projets d'aménagement des terres et des eaux.
- (2) **Planification Intégrée des ressources** – favoriser une coordination des efforts entre les organismes gouvernementaux et le secteur privé.
- (3) **Recherche** – obtenir les connaissances nécessaires à la conservation, à la reconstitution et à l'aménagement de l'habitat du poisson.
- (4) **Formation et Information du public** – sensibiliser les gens à la nécessité de protéger et de gérer adéquatement les habitats.
- (5) **Participation de la collectivité** – encourager et promouvoir la participation des organismes public et du secteur privé pour conserver et bonifier l'habitat.
- (6) **Amélioration de l'habitat** – lancer des projets et fournir des conseils en vue de réaliser l'objectif d'un gain net.
- (7) **Administration** – chaque région administrative du MPO dispose maintenant d'un cadre clair pour ses activités de gestion de l'habitat.

Que faisons-nous quand un projet aura des répercussions sur l'habitat du poisson? Notre Politique de gestion repose avant tout sur le bon sens et sur une coopération entre le MPO, les autres organismes gouvernementaux et le secteur privé.

Nous gardons clairement à l'esprit l'objectif d'aucune perte nette. Il est rare que nous refusions totalement un projet; s'il semble que celui-ci endommagera ou détruira des habitats, nous commençons par demander au promoteur d'envisager un autre endroit. Quand le projet ne peut être réalisé ailleurs, nous envisageons diverses techniques d'atténuation des incidences négatives.

Il existe des solutions relativement simples (chenaux temporaires pour dériver les eaux autour du secteur en construction, barrières ou échelles à poissons, etc.), et d'autres plus complexes faisant appel à plusieurs techniques (p. ex. modification des plans initiaux et traitement des effluents). Dans tous les cas, l'objectif est de **prévenir les conséquences indésirables**.

Pour compenser les pertes, les solutions possibles sont, par ordre de préférence (et de risque):

- (1) **Créer des habitats semblables sur place ou à proximité**, dans le même ensemble écologique. Par exemple, pour compenser la disparition d'un marais due à l'aménagement des terres, on pourrait reconfigurer les hautes-terres en vue de créer un marais intertidal.
- (2) **Accroître la productivité de l'habitat existant sur place ou à proximité**, dans le même ensemble écologique. Par exemple, réaménager le contour d'une slikke et y planter de la végétation pour créer un marais, ou encore installer une clôture et planter de la végétation le long d'un cours d'eau dans un secteur agricole.
- (3) **Créer des habitats ou accroître la productivité des habitats existants dans un autre ensemble écologique**, en autant qu'en profitent les mêmes stocks aux mêmes étapes du cycle évolutif. Par exemple, on pourrait créer un habitat de frai dans une section d'un cours d'eau pour compenser les pertes subies dans une autre section.
- (4) **Créer des habitats artificiels**, ce qui exige toutefois des travaux importants et constants de maintien ou d'intervention. L'aménagement de chenaux artificiels comme frayères ou aires de croissance constitue un exemple.
- (5) **Pisciculture en bassin artificiel** (avec les mêmes stocks et en préservant la diversité génétique de chaque stock perturbé).

Cette dernière option serait rarement envisagée, car remplacer des stocks sauvages par des stocks artificiels équivaut à ouvrir une boîte de Pandore. Les problèmes seraient nombreux: baisse de la diversité génétique, production instable des piscifactures, frais d'immobilisation et de fonctionnement élevés.

Naturellement, le Ministère préfère prévenir l'altération de l'habitat naturel et éviter les pertes de ressources halieutiques plutôt que de poursuivre les contrevenants après coup. Cependant, quand l'observation volontaire de la réglementation ne suffit pas, l'Etat est habilité en vertu de la Loi sur les pêcheries à limiter ou à stopper les travaux ou les activités. Dans les cas extrêmes où un contrevenant refuse de cesser d'endommager l'habitat, son matériel peut être confisqué. La loi confère également aux particuliers le pouvoir d'intenter des poursuites contre les contrevenants, et le Ministère peut demander à ceux-ci de reconstituer les habitats qui ne sont pas altérés de façon irréversible.

De quels pouvoirs disposons-nous? La Loi sur les pêcheries nous habilite à faire réparer les dégâts causés à l'habitat et à prévenir l'obstruction du passage des poissons. Nous pouvons assurer que les débits sont suffisants pour les poissons, que les effluents sont traités et que les prises d'eau sont grillagées.

Nous pouvons agir unilatéralement, et nous sommes prêts à le faire. Mais tout d'abord, nous tentons de nous concerter avec les autres organismes en cause pour trouver des solutions communes. Notre champ d'intervention n'est toutefois pas illimité; la Politique de gestion de l'habitat du poisson ne s'applique qu'aux portions de territoire national où le gouvernement fédéral est directement responsable de la gestion des pêches, ce qui comprend les territoires du Nord canadien, la haute mer, les eaux limitrophes provinciales et six des provinces. Les provinces qui ont compétence sur la gestion des pêches sont encouragées à adopter la politique au moyen d'ententes et de protocoles fédéraux-provinciaux.

L'objectif du GAIN NET est ambitieux. Il s'agit d'un objectif à long terme qui implique une planification à long terme. Là aussi, la coopération est essentielle.

On ne peut réaliser un gain net d'habitat qu'en intégrant les besoins en la matière à la gestion des ressources halieutiques. Par ailleurs, la gestion des pêches ne peut s'exercer dans l'absolu. La réalisation de nos objectifs dépend des projets et des activités mis en oeuvre par une diversité d'usagers de la

ressource; c'est pourquoi la clé du succès réside dans une planification conjointe et intégrée. Ce qui, bien entendu, est plus facile à dire qu'à faire.

L'implantation d'un processus pan-canadien de planification intégrée des ressources constituera une opération longue et complexe. Mais nous faisons des progrès.

Depuis quelques années, le MPO participe à diverses initiatives conjointes de concert avec d'autres organismes ou d'autres ordres de gouvernement. Mentionnons notamment la planification d'un aménagement diversifié des terres et des eaux de certains estuaires de la côte Ouest, ou encore les travaux préparatoires au programme de planification de l'aménagement des terres du Nord, dans les territoires.

Un de nos projets les plus excitants se déroule en Colombie-Britannique. Chaque année, sur la côte de cette province, des milliers d'hectares de forêts sont exploitées, ce qui peut avoir des conséquences adverses pour les cours d'eau où vivent des millions de saumons. L'industrie forestière ainsi que les autorités fédérales et provinciales de gestion des pêches, reconnaissant la nécessité d'adopter une démarche pratique et sensée pour protéger l'habitat du poisson contre ces conséquences négatives, ont mis sur pied un programme commun et intensif, d'une durée de six années, dont sont issues une série de lignes directrices visant à orienter les activités en la matière.

Grâce à ces lignes directrices, les gestionnaires des ressources forestières et les biologistes spécialisés en habitats du poisson pourront concentrer là où elles s'avèrent le plus nécessaires les mesures de protection des habitats. Pour chaque "bief" ou section de cours d'eau, les habitats sont classés en quatre catégories à l'aide d'une méthode simplifiée accessible aux non-biologistes. Des normes et des objectifs de protection sont fixés pour chacune des quatre catégories. Ce mode de classification comprend une gamme diversifiée de valeurs pour les habitats, et sert à déterminer les méthodes d'exploitation forestière les plus appropriées.

Ces lignes directrices assurent une protection maximum aux cours d'eau les plus précieux du point de vue halieutique. Les méthodes de coupe à employer sont fonction de la valeur de la ressource aquatique à protéger. Par ailleurs, il sera possible d'améliorer encore les lignes directrices à la lumière de l'expérience acquise sur le terrain ou d'études en laboratoire.

La programme va bon train. Au cours de la saison 1988, quelque 600 employés des secteurs privé et public ont reçu une formation pertinente.

Les lignes directrices constituent un excellent exemple d'intégration de la gestion des ressources halieutiques et forestières. Un éditorialiste du *Vancouver Sun* qualifiait d'ailleurs ce programme de modèle d'intervention gouvernementale.

Pour intégrer les problèmes propres à l'habitat du poisson dans un contexte global de planification des ressources, il faut se doter à ce sujet d'objectifs concrets. Dans cet esprit, le MPO élabore ses propres plans "de zone" pour les habitats, qui décriront la ressource halieutique et définiront nos priorités en matière de protection et de gestion des habitats. Encore une fois, la méthode retenue consiste à catégoriser les cours d'eau ou les sections de cours d'eau selon leur valeur comme habitats.

Cependant, tout effort national concernant la gestion de l'habitat doit mettre en cause beaucoup plus qu'un seul organisme fédéral. Ici, la participation est la clef, et c'est pourquoi une de nos stratégies consiste à mieux sensibiliser la population à ce problème.

Nous devons faire en sorte que les gens appuient fortement la conservation et la valorisation des habitats. Les Canadiens sont prêts à écouter, comme en témoignent les sondages montrant le grand intérêt de la population envers les questions d'environnement. Chaque année, les gens dépensent des milliards de dollars pour leurs activités de plein air. Si nous pouvons focaliser cet intérêt sur la nécessité de protéger les habitats, tous en profiteront.

Nous avons récemment fait faire une étude pour mieux orienter notre programme de communication et pour déterminer l'impact actuellement exercé sur les groupes-cibles. Nous devons prendre les mesures suivantes:

- fournir de l'information essentiellement pratique à ceux qui souhaitent protéger, restaurer ou aménager des habitats;
- donner à l'industrie des lignes directrices techniques qui soient uniformes en matière de protection des habitats;
- inciter les employés du MPO à faire un effort concerté pour contacter personnellement les divers intervenants pour promouvoir et expliquer la politique.

Comment nous y prendrons-nous pour mener à bien toutes ces bonnes oeuvres?

ASPECTS FINANCIERS

Nos rêves semblent toujours dépasser nos moyens. Effectivement, les problèmes fondamentaux de gestion de l'habitat auxquels nous faisons face peuvent être écrasants! Mais à mon avis, les années d'austérité financière que nous venons de vivre nous ont rendus plus aguerris en nous forçant à chercher des façons inédites et novatrices de trouver des sources de financement et de partager le travail.

Si l'on commence par le gouvernement fédéral, on a, comme sources possibles de financement, le Bureau de diversification de l'économie de l'ouest et l'Agence des perspectives économiques de l'Atlantique. L'amélioration de la pêche représente certainement un important facteur d'expansion régionale. Nous devons bien faire valoir les avantages d'investir dans les habitats du poisson.

Le ministère fédéral des Pêches et des Océans partage, avec les autorités provinciales, de nombreux objectifs communs. En fait, nous entretenons depuis longtemps d'étroites relations avec nos homologues provinciaux. Pour cette raison, j'entrevois avec grand optimisme la conclusion d'une nouvelle série d'ententes fédérales-provinciales sur les pêches qui permettraient de répartir les tâches à accomplir et les ressources disponibles.

Dans le domaine qui nous occupe, le secteur privé devient une force avec laquelle il faut de plus en plus compter. Aussi bien les organismes de gestion halieutique que le secteur de l'exploitation des ressources naturelles ont beaucoup à gagner d'une relation plus étroite. Il existe des possibilités de recherches communes; ensemble, nous pouvons mettre au point des techniques meilleures et plus économiques de protection des habitats.

Les groupes écologistes représentent une abondante source de main-d'oeuvre enthousiaste et, dans certains cas, de financement pour la préservation des habitats. Le MPO est en train de nouer une relation qui, espère-t-on, s'avérera très fructueuse avec Habitat faunique Canada, une fondation sans but lucratif vouée à la conservation, à la restauration et à l'amélioration des habitats fauniques. A ce jour, cet organisme s'est principalement consacré à l'habitat de la sauvagine, mais environ un tiers des projets (pour une valeur approximative de 3.5 millions de dollars) comportent un volet halieutique.

Nous venons de conclure avec cette fondation une entente visant à examiner la possibilité de faire augmenter l'aide financière versée par les organismes non gouvernementaux à l'égard d'un plus grand

nombre de programmes touchant les habitats du poisson. Le secteur privé déborde d'énergie; on a tout à gagner en exploitant cette énergie.

Chacun d'entre nous est le produit de ses expériences. Nous apprenons par nos succès et par nos échecs. Ces leçons font de nous des personnes plus réfléchies, plus sensibles et, nous l'espérons, mieux préparées à affronter le défi suivant.

C'est l'expérience qui a incité le MPO à élaborer une politique raisonnée et raisonnable pour résoudre les conflits entourant la question de l'habitat du poisson. Mais, tout en parlant de compromis et de coopération, nous avons un but ambitieux: réaliser un important gain net dans la productivité des habitats dont dépendent les pêches au Canada. Pour arriver à ce but, il nous faut avoir une vision claire d'un avenir meilleur, pour nous diriger dans la bonne direction.

Nous prévoyons un renforcement de la ressource halieutique dans toutes les régions du Canada, mais bien entendu de nombreux obstacles nous séparent de ce but.

Il nous faut améliorer la Loi fédérale sur les pêcheries. A l'heure actuelle, en ce qui concerne les habitats on peut comparer la législation à une mosaïque législative. Nous devons compter sur une loi cohérente, plus globale, qui intégrera tous les principaux éléments de notre Politique de gestion de l'habitat.

Tout en visant une planification intégrée des ressources, le MPO doit parachever ses propres plans de gestion par zone de l'habitat, lesquels devraient mettre l'accent sur la production de poissons plutôt que sur une simple protection de secteurs. Nous devons catégoriser les divers types d'habitats (aires d'alimentation, de croissance, de migration, etc.) et recenser les menaces qui pèsent sur eux. Il est tout particulièrement important d'y indiquer les possibilités de restauration ou d'aménagement des habitats.

L'ordinateur constituera un outil de plus en plus important et utile dans la gestion de l'habitat, notamment pour l'archivage, le traitement et la consultation des données.

Pour réaliser notre objectif de gain net, nous devons mettre au point des lignes directrices sur les procédures et les techniques à suivre dans tous les aspects de la protection et de l'amélioration des habitats.

Pour obtenir l'appui dont nous avons besoin pour développer nos programmes de gestion de l'habitat, il

nous faut mieux informer le public. En outre, il est nécessaire que les organismes gouvernementaux et les groupes non gouvernementaux concluent des accords de coopération significatifs.

Nous avons une grosse commande devant nous, mais le renforcement de la ressource halieutique constitue un but à la fois valable et atteignable. À preuve, le rivièr St. Croix au Nouveau-Brunswick a recommencé à accueillir le saumon de l'Atlantique, le gaspardo et l'aloise, trois espèces qui étaient disparues de ce cours d'eau. Je peux personnellement parler du cas de la rivièr Big Salmon dans cette même province, où en quelques années la population de saumons est passée d'une cinquantaine d'individus à plusieurs milliers. Par ailleurs, on envisage très sérieusement de reconstituer les ressources halieutiques du lac Ontario.

Vous savez, il est excitant de penser que les efforts que nous déployons aujourd'hui engendreront les succès de demain! Le défi qui est le nôtre consiste à **maintenir nos succès**, à renverser les pertes quantitatives et qualitatives d'habitat. Nous y arriverons non pas en suscitant des conflits, mais en cherchant à matérialiser notre propre vision d'un avenir meilleur.

QUESTIONS

En créant des îles artificielles pour en faire des habitats fauniques, nous détruisons en même temps des habitats pour le poisson. Comment peut-on concilier cet état de fait – où l'on améliore le sort d'un groupe d'espèces au détriment de la faune aquatique – avec le principe d'une planification intégrée des ressources?

Dominy: Je dois signaler que ce n'est pas là un très bon exemple d'une intégration d'usages conflictuels. Si, en l'occurrence, il s'agit d'un habitat aquatique productif (par exemple pour la récolte des myes, des moules ou du homard), j'estime que nous y perdons au change. Si, au contraire, l'habitat aquatique est de médiocre valeur et que l'on peut agrandir la zone littorale en créant une île, alors cela peut être avantageux. Tout dépend des circonstances. C'est pourquoi j'insiste sur l'importance de catégoriser les habitats: à terme, nous finirons par pouvoir distinguer ce qui est important de ce qui l'est moins. L'autre solution, c'est de se rendre sur place et d'évaluer chaque endroit individuellement.

À l'heure actuelle, comment faites-vous pour considérer chaque projet individuellement? Vous avez dit que vous ne souhaitez aucune perte nette de

productivité. Si quelqu'un vous soumet un projet, est-ce que vous vous rendez sur le terrain pour voir de quoi il en retourne? Disposez-vous d'une méthode à la fois objective, uniforme, économique et efficace pour déterminer la productivité d'un plan d'eau? Comment pouvez-vous porter des jugements si vous ne pouvez évaluer la capacité de production?

Dominy: Il n'est pas nécessaire de déterminer la productivité dans chaque cas particulier. Si vous demandez à n'importe quel scientifique comment il faut s'y prendre pour mesurer la productivité, vous n'obtiendrez pas une bonne réponse. Nous cherchons depuis longtemps la réponse à cette question, et l'on finit toujours par perdre de vue les poissons comme tels. Très souvent, on mesure la productivité comme étant le contenu calorique ou le nombre d'organismes dans le secteur étudié. Il est difficile de convertir ces indices en chair de poisson; pour cette raison, nous nous posons la question suivante: "Ce secteur arbrite-t-il des poissons, des mollusques ou des crustacés dans l'une ou l'autre forme de leur cycle évolutif?" Habituellement, nous pouvons répondre à la question. Une fois qu'un secteur est identifié comme habitat pour le poisson, il nous incombe de mettre en oeuvre les mesures qui permettront de prévenir l'altération des lieux ou de compenser les pertes d'habitat. Nous devons distinguer les types d'altération: physique ou chimique. Si les dommages sont de nature chimique, la politique indique qu'il faut traiter les déversements de façon telle qu'ils n'aient pas d'effets néfastes pour le poisson. La question de la perte d'habitat ne se pose pas dans les cas d'altération chimique: si la situation nuit au poisson ou à sa qualité comme aliment pour l'homme, alors il s'agit bien d'un problème. Quant aux altérations physiques, elles peuvent être quantifiables du point de vue superficie. Dans les exemples que j'ai cités, où l'aménagement de ponts et d'autoroutes perturbe des zones de frai ou d'alimentation, on peut y rattacher une importance du point de vue de la pêche. Si nous convenons que l'activité cause une **perte nette**, c'est là qu'entrent en jeu les options de compensation.

Trouvez-vous que l'industrie joue les Saint Thomas, et attend qu'on lui présente des preuves concrètes?

Dominy: Si l'on nous attire dans ce genre de débat, je répondrais alors "Voyez, les preuves sont là." S'il s'agit d'un cours d'eau à truite ou à saumon, tout débat serait superflu car les faits sont irréfutables. En tant que biologiste, j'affirmerais alors "voilà la source d'alimentation des poissons", ou "voilà l'endroit où ils croissent, et nous n'accepterons pas la destruction de ces zones." Si les promoteurs ne sont pas d'accord, il leur incomberait d'étayer leurs opinions.

Existe-t-il des plans de restauration ou de gestion active pour les cours d'eau du littoral est de la Nouvelle-Ecosse?

Dominy: En ce qui a trait aux pluies acides, si nous avons suffisamment de sagesse et d'argent nous prendrons alors des mesures de restauration. Mais il n'est pas facile de corriger les problèmes liés aux pluies acides.

En ce qui concerne le concept d'aucune perte nette, quels échéanciers a-t-on à l'esprit? Parle-t-on de pertes nettes sur une année, ou sur quatre à cinq ans? Que fait-on dans les cas où à court terme il y a une perte nette, mais à long terme il se produit une amélioration de l'habitat?

Dominy: Le principe de base est celui d'**aucune perte nette dans aucun projet**, ce qui veut dire dans le présent immédiat. En cas d'une perte temporaire, tout dépend de la gravité de la perte. S'il s'agit d'une disparition réellement temporaire, je crois qu'on peut l'accepter si par ailleurs un gain net peut en résulter.

Toujours au sujet de ce principe d'aucune perte nette dans aucun projet, je me demande si la politique ne finira pas par s'effondrer à long terme. Il serait peut-être bon de se pencher sur le concept des "bulles", selon lequel on accepte des compromis entre divers projets de façon telle que le résultat ultime, en bout de ligne, soit d'aucune perte nette.

Dominy: Etant donné qu'il y a rarement simultanéité dans la réalisation des projets, il serait très difficile pour un promoteur de compenser les pertes entraînées par un projet précédent. C'est pourquoi il est préférable de procéder projet par projet.

Est-ce que le principe d'aucune perte nette s'applique également pour toutes les espèces de poisson?

Dominy: Si j'ai fait mention des salmonidés, c'est parce que nous en savons beaucoup à leur sujet, et qu'ils subissent directement les conséquences de l'activité humaine. Ceci dit, la politique s'applique à toutes les espèces.

Si un projet nuit à une espèce, mais bénéficie à une autre, comment faites-vous pour décider entre les deux?

Dominy: Il appartient à l'organisme responsable de la ressource halieutique de décider en fonction de quelle espèce la rivière sera gérée.

La politique de gestion prend-elle en considération les utilisations autres que celles concernant l'espèce cible? Par exemple, tient-elle compte des autres espèces de poisson, de la faune terrestre, des activités récréatives?

Dominy: La politique de gestion repose sur une intégration du plan de gestion des pêches et du plan de gestion des habitats et sur la consultation des usagers.

La majorité des projets d'amélioration de l'habitat dont j'ai eu connaissance ne visaient qu'une seule espèce, ou même une seule étape du cycle évolutif d'une espèce. Qu'en est-il des autres espèces?

Dominy: On déterminera pour quelle espèce la rivière convient le mieux, après quoi l'on ébauchera un plan de gestion qui, après consultation des usagers, pourra être révisé en fonction d'autres espèces. En vertu de la politique, nous ne pouvons protéger toutes les espèces; nous devons plutôt concentrer nos efforts sur les espèces qui nous sont le plus profitables. Je ne crois pas qu'il soit possible, pour un organisme de gestion des pêches, de protéger la totalité des espèces. On peut ne pas être d'accord, mais c'est la solution la plus pratique.

Pouvez-vous expliquer comment on s'y prendra pour catégoriser les habitats?

Dominy: Pour l'instant, les informations dont nous disposons ne nous permettent pas de procéder à une telle catégorisation. Il nous faut commencer systématiquement à recueillir ce type de données, pour produire une catégorisation qui satisfera toutes les parties concernées.

A-t-on commencé des recherches sur cette question?

Dominy: Des études sont en cours sur l'évaluation de la productivité des habitats. Nous n'effectuerons pas de planification trop sophistiquée avant d'avoir pu catégoriser adéquatement les habitats.

Est-ce que le MPO se sert actuellement d'un système moderne de géomatique pour numériser toutes les informations concernant les habitats, ou bien est-ce que cette tâche revient aux divers bureaux régionaux, qui s'en acquittent selon leurs priorités et leurs budgets?

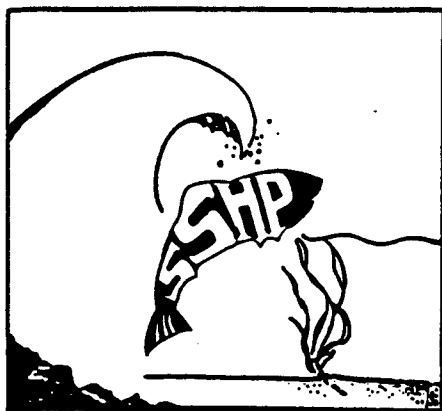
Dominy: Il n'existe pas de tel système national; cette tâche incombe donc aux bureaux régionaux.

Vous avez dit que la politique n'est pas rétroactive, mais que le MPO se penche sur les situations déjà existantes. Comment concilier cela avec la politique?

Dominy: A ma connaissance, toute mesure rétroactive est prise de façon conjointe. Le seul cas où cela arrive est quand il y a eu une erreur de conception; nous tentons alors d'atténuer un problème et d'élaborer des correctifs.

Est-ce que vous préparez ou vous acceptez des propositions concernant l'élaboration d'un plan de gestion pour un cours d'eau en particulier?

Dominy: Toute initiative du genre serait bienvenue, mais un plan de gestion doit d'abord reposer sur une bonne base de données.



Caractéristiques des habitats du poisson en eau douce

André Ducharme

RÉSUMÉ

L'auteur décrit les caractéristiques des habitats d'eau douce en milieu lénitique (lacs) et lotique (cours d'eau) en analysant la relation entre les poissons et les constituantes physiques et biologiques de lacs et de cours d'eau typiques et non perturbés.

Les lacs constituent un environnement fort diversifié, mais certains éléments communs à tous les lacs sont essentiels à la survie de la faune piscicole. La quantité et la qualité de ces éléments, tout comme la productivité des poissons, varient énormément. Au printemps, les lacs subissent une stratification thermique et peuvent demeurer stables pendant des mois, jusqu'à l'automne, période où se produit le renouvellement et où les lacs deviennent homothermiques. Dans un lac, les principales zones pouvant servir d'habitat sont: le rivage, la couche supérieure de l'eau (épilimnion) et la zone profonde (hypolimnion). Du point de vue production de poissons, la première zone en importance est le secteur littoral, où se reproduisent de nombreuses espèces piscicoles, suivie de l'épilimnion ou zone limnétique que parcourent les poissons plus gros à la recherche de nourriture, et principal lieu de la production primaire. Les poissons fréquentent également la zone profonde durant le renouvellement printanier et automnal. La morphologie du fond de l'eau est un des premiers facteurs qui déterminent le potentiel comme habitat d'un littoral lacustre. La déclivité, le type de substrat, la présence de végétation enracinée, le niveau de l'eau, la concentration en oxygène dissous et la turbidité influencent le succès de la fraye et de l'alevinage pour des espèces telles que l'achigan à petite bouche (*Micropterus dolomieu*), le gaspareau (*Alosa pseudoharengus*) et même l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*). Après les caractéristiques de fond de l'eau, ce sont la chaîne alimentaire et la capacité de production de nourriture (p. ex. plancton et organismes benthiques typiques de la zone littorale) qui déterminent la qualité des habitats d'un lac.

Contrairement aux lacs, les cours d'eau constituent des chenaux étroits et peu profonds dans lesquels la totalité du plan d'eau se déplace continuellement dans une direction donnée. Les cours d'eau drainent les lacs et, par conséquent, en subissent l'influence physique et biologique. Ils bénéficient de la production alimentaire résiduelle des lacs, car l'eau s'écoulant de ceux-ci transporte du plancton

produit dans les lacs. L'importance des facteurs physiques en milieu lotique est plus importante qu'en milieu lénitique, et leur équilibre est beaucoup plus fragile. L'écoulement d'eau est le dénominateur commun de tous les cours d'eau, assurant une forte oxygénation des eaux non contaminées et une relative uniformité de température. En raison de la vitesse du courant et de la faible profondeur des cours d'eau, la température de l'eau suit habituellement de près la température de l'air ambiant. L'érosion, le transport et la sédimentation sont des phénomènes indissociables des courants fluviaux. De fortes crues peuvent charrier au loin une bonne partie des matériaux benthiques, de même que les poissons et les organismes dont ceux-ci se nourrissent. Dans le cas du benthos, la recolonisation s'opère rapidement, en quelques semaines, mais les poissons tardent beaucoup plus à revenir. Les espèces d'eau douce choisissent leurs aires de fraye, d'alevinage et de croissance selon la taille du substrat et la vitesse du courant. Les oeufs sont enfouis dans des lits de gravier fin peu profonds, et les juvéniles demeurent en contact étroit avec le substrat et les éléments nutritifs qu'il contient. Les juvéniles tirent également parti des interstices entre les roches et des reflux qui se produisent derrière les grosses roches pour se protéger des prédateurs et des courants de crue. Sauf pour les très grands cours d'eau au lent débit, il n'y a pas, dans les cours d'eau, production d'organismes de base pouvant servir de nourriture, comparables au plancton lacustre. En milieu fluvial, les poissons s'alimentent à trois grandes sources: la faune benthique, les insectes terrestres ou arboricoles qui tombent des branches surplombant la surface, et les organismes planctoniques et les autres détritiques organiques provenant des lacs et qui font partie de la dérive. Dans un cours d'eau, les jeunes saumons et les truites se nourrissent principalement de larves de perle (Plecoptera), de larves de mouche noire (Simuliidae), de larves de phrygane (Trichoptera) et de nymphes d'éphémère commune (Ephemeroptera), tous des insectes typiques de la faune benthique des cours d'eau de l'Est canadien. En Nouvelle-Ecosse, le saumon de l'Atlantique et l'omble de fontaine sont les deux espèces les plus importantes des habitats fluviaux. Elles cohabitent avec plusieurs autres espèces, mais celles-ci occupent des niches différentes quoiqu'il puisse y avoir compétition pour la nourriture. En milieu lotique, les salmonidés sont fortement territoriaux et leur comportement alimentaire est adapté à un mode de vie sédentaire dans lequel le courant amène à peu de distance la nourriture.

INTRODUCTION

Aux termes de la Loi sur les pêcheries, l'habitat du poisson désigne les frayères, aires d'alvintage, de croissance et d'alimentation, et routes migratoires dont dépend, directement ou indirectement, la survie des poissons. Cette définition peut satisfaire aux exigences juridiques des tribunaux et des arbitres, mais pour réellement comprendre ce qu'est un habitat d'eau douce, il est nécessaire de disséquer et d'analyser les constituants physiques de l'environnement d'eau douce. On constate rapidement qu'il s'agit d'un réseau diversifié, complexe et même fragile d'éléments physiques et biologiques qui, en état d'équilibre, composent le monde des poissons. La Nouvelle-Ecosse possède une grande abondance de lacs et de cours d'eau qui offrent une multitude d'habitats diversifiés à de nombreuses espèces sportives et commerciales de grande valeur, comme le saumon de l'Atlantique et le gaspéreau.

L'écologie des eaux relativement calmes des lacs et des étangs (c'est-à-dire les eaux lénitiques) diffère radicalement de celle des eaux courantes (lotiques). On trouve en milieu lénitique des gradients de température et de luminosité qui entraînent la formation d'une zone superficielle où prend place la production de nourriture. L'environnement fluvial favorise le brassage des eaux, de façon telle que la température y est uniforme mais change rapidement selon la température de l'air ambiant. La nourriture des poissons n'est pas "fabriquée" dans les cours d'eau; elle vient plutôt d'ailleurs, notamment des lacs drainés par les cours d'eau.

LES HABITATS LACUSTRES

La Nouvelle-Ecosse compte des lacs de superficie très variée, depuis de petits étangs (un hectare ou moins) à de très grandes étendues d'eau telles que le lac Rossignol (env. 150 km²). Leur profondeur varie également beaucoup, entre quelques mètres et 20 m et plus. Quant aux littoraux, ils varient en longueur ou en déclivité, ce qui constitue un facteur important pour l'habitat de bon nombre de nos espèces piscicoles. Dans les lacs profonds, la lumière ne pénètre que jusqu'à une certaine profondeur, selon la couleur et la turbidité de l'eau. La température des lacs varie en fonction de la saison et de la profondeur, puisque seule une fraction relativement faible des eaux du lac entrent en contact direct avec l'air ambiant et sont exposées à la chaleur du soleil. Pour les mêmes raisons, la teneur en oxygène des eaux lacustres peut être relativement faible. La gradation qui en résulte au niveau de la lumière, de l'oxygénation et de la température détermine l'utilisation, par les différentes espèces, des divers habitats qu'offre le lac.

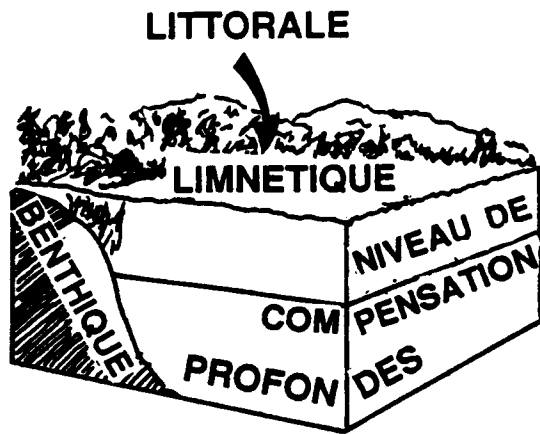
Stratification thermique

Typiquement, les lacs comprennent trois régions ou zones distinctes: le littoral (zone riveraine), la région limnétique (eaux libres superficielles) et la région benthique (fond de l'eau). Ces deux dernières zones peuvent être séparées en raison d'une stratification thermique, auquel cas on les appelle respectivement épilimnion et hypolimnion (figure 1).

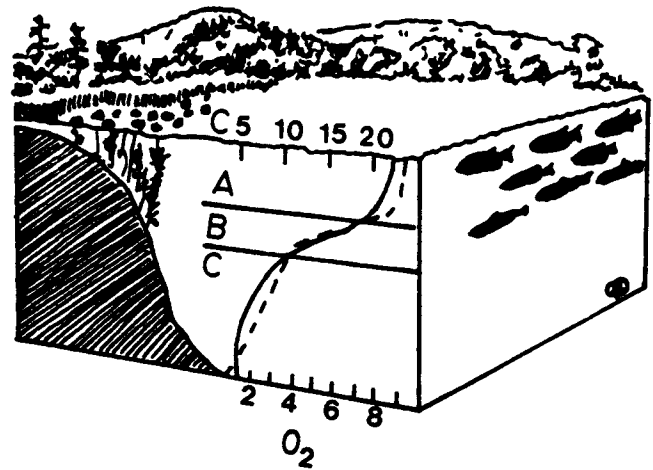
Chaque année, les eaux des lacs subissent des changements de température saisonniers. Quand fond la couche de glace au printemps, le soleil réchauffe la surface de l'eau, qui atteint une température d'environ 4°C. C'est à cette température que l'eau possède la plus forte densité, ce qui entraîne des courants de convection qui mélangent les eaux du bassin. Combiné à l'action de forts vents, ce phénomène fait circuler toutes les eaux du lac jusqu'à ce qu'elles aient une température uniforme de 4°C. C'est ce qu'on appelle le renouvellement printanier. En été, le soleil continue de réchauffer les eaux jusqu'à ce que toute la couche superficielle ait une température beaucoup plus élevée, et par conséquent une densité beaucoup moindre, que les couches inférieures. Ce fort gradient de densité s'oppose maintenant à l'énergie du vent, et le brassage des eaux de la totalité du bassin se fait maintenant plus difficilement. Il en résulte une stratification qui fait apparaître, typiquement, trois couches distinctes:

- (a) L'*épilimnion*, ou couche supérieure, a plusieurs mètres d'épaisseur, possède des eaux relativement chaudes dont la température varie très peu avec la profondeur. L'action combinée du vent et des courants de convection assure l'oxygénation de cette couche et l'uniformité de sa température.
- (b) Le *métalimnion* (ou thermocline) est une couche d'eau pouvant atteindre plusieurs mètres et qui se caractérise par un déclin très rapide de la température, soit 1°C par mètre de profondeur, ou même plus.
- (c) L'*hypolimnion*, ou zone profonde, se situe sous les deux premières strates. Il s'agit d'une couche profonde et froide, qui s'étend jusqu'au fond du lac et où la température continue de baisser constamment jusqu'à environ 4°C.

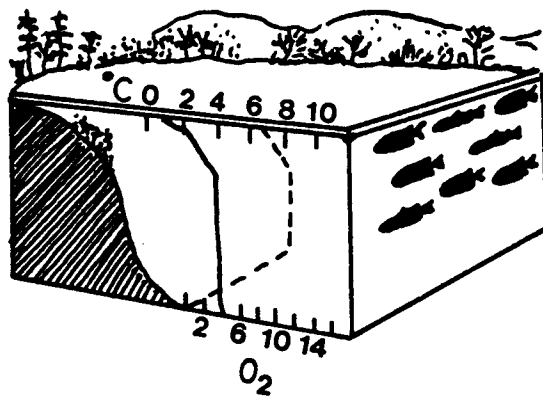
L'arrivée de l'automne fait baisser la température de l'air et, par conséquent, la température de l'eau de l'épilimnion. Par convection, l'eau de l'épilimnion descend jusqu'à ce que la température de toutes les eaux du lac soit encore une fois plus ou moins uniforme, à environ 4°C. Une fois de plus, la totalité



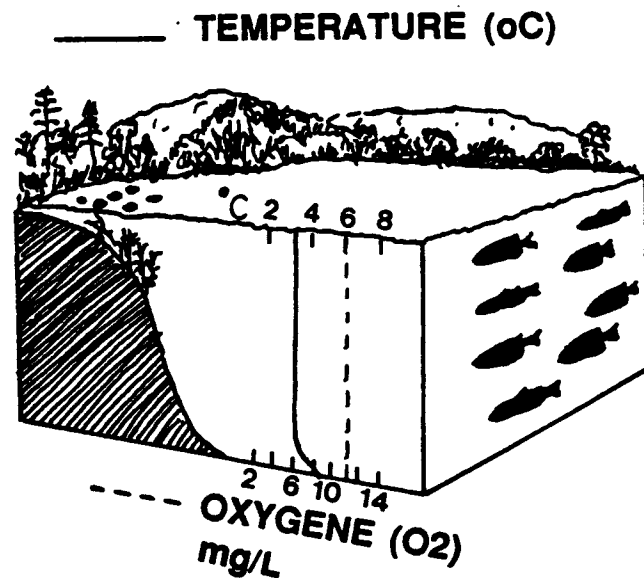
a) ZONES LACUSTRES



b) MI-ETE



c) MI-HIVER



d) RENOUVELLEMENT PRINTANIER ET AUTOMNAL

Figure 1. Changements saisonniers dans un lac tempéré, et effets sur la faune.

a) Coupe généralisée d'un lac à la mi-été, illustrant les grandes zones mentionnées dans le texte. Le niveau de compensation est le niveau sous lequel la luminosité est trop faible pour la croissance de plantes.

b) A la mi-été, il se produit une stratification marquée. A=épilimnion; B=métalimnion (ou thermocline); C=hypolimnion.

c) Variation de la température et de l'oxygénation dans un lac à la mi-été, et effets sur la faune aquatique. Les silhouettes de poisson étroites représentent des espèces d'eau froide comme la truite; la silhouette d'achigan représente les espèces vivant en eaux plus chaudes.

d) Au cours du renouvellement printanier et automnal, les courbes de température et d'oxygénation sont presque droites, signe d'un brassage complet des eaux de la surface et du fond.

(D'après R.L. Smith, 1966)

des eaux du bassin circule, ce qui entraîne une réoxygénation et un nouvel apport d'éléments nutritifs. Il s'agit du **renouvellement automnal**, qui durera jusqu'à l'englacement de la surface du lac.

A mesure que la température de l'eau continue de descendre sous 4°C, à l'approche de l'hiver, elle devient plus légère, monte à la surface et il se produit maintenant une stratification inverse où l'eau plus froide est en surface, au-dessus des couches dont la température atteint ou approche les 4°C.

C'est là un tableau général des changements de température saisonniers qui se produisent dans les lacs. Ce processus s'accompagne d'une évolution inversement proportionnelle dans la concentration d'oxygène dissous. C'est près de la surface, dans l'épilimnion, que les eaux sont le plus fortement oxygénées. Il arrive que la zone profonde soit si pauvre en oxygène que les poissons ne peuvent y survivre. Trois facteurs sont principalement en cause:

- (1) La lumière pénètre peu, et par conséquent la photosynthèse (qui produit l'oxygène) s'effectue peu ou pas du tout;
- (2) L'oxygène présent est consommé par la respiration des animaux, et plus particulièrement par l'action des bactéries et des moisissures qui décomposent la matière organique morte provenant des couches supérieures;
- (3) Vu l'absence de circulation, les eaux fraîches et oxygénées de la surface ne peuvent renouveler les eaux du fond.

Au cours de l'été, les espèces vivant en eau plus chaude (perchaude, achigan, etc.) demeureront dans la strate superficielle du lac, alors que les espèces d'eau froide, comme le touladi, descendront dans les eaux plus froides du thermocline ou de l'hypolimnion, si elles sont suffisamment oxygénées. Durant le renouvellement printanier et automnal, qui peut prendre des semaines ou des mois, l'élimination des différences verticales d'oxygénation et de température fait que toutes les espèces piscicoles sont réparties également dans les couches d'eau.

La zone limnétique

La zone limnétique correspond plus ou moins à l'épilimnion, ou couche superficielle, décrite dans la section précédente. C'est dans cette zone, où pénètre la lumière, que s'opère la photosynthèse: une multitude d'organismes végétaux microscopiques

appelés **phytoplancton** y prolifèrent et forment la base sur laquelle reposent tous les autres organismes vivants de la zone limnétique. On y trouve également une abondance de petits animaux, ou **zooplancton**, qui se nourrissent des plantes microscopiques (figure 2). Le phytoplancton et le zooplancton dérivent plus ou moins au gré des courants causés par la convection ou par l'action de forts vents. Certains de ces organismes ont la faculté de demeurer en suspension dans l'eau; à leur mort, ils coulent au fond où ils se décomposent. Le plancton sert de nourriture à de nombreuses espèces piscicoles de petite taille ou aux juvéniles d'espèces plus grandes. Les plus gros poissons "sillonnent" les eaux libres à la recherche de nourriture ou d'aires de reproduction. Aucune espèce de poisson ne passe la totalité de son cycle évolutif dans cette zone. À l'été, quand il y a stratification thermique, les espèces de plus grande taille peuvent occuper la couche plus profonde des eaux libres, à la recherche d'eaux plus fraîches, à condition que la température et la concentration en oxygène le permettent.

La zone littorale

La zone littorale fait partie de la strate supérieure des eaux lacustres mais elle diffère beaucoup de la zone limnétique et elle peut accueillir une vie aquatique riche et abondante. Sur les plantes aquatiques enracinées qui sont submergées ou émergentes, de même que dans les substrats rocheux (figure 3), on trouve, cramponnés ou enfouis, des masses d'insectes aquatiques, de vers, de crustacés et d'escargots de toute taille. Diverses espèces (gaspereau, achigan à petite bouche, baret, perchaude, etc.) fraient dans ces endroits peu profonds, au fond graveleux ou herbeux. Les juvéniles trouvent abri et nourriture parmi les plantes et entre les rochers. Leur nourriture, principalement composée d'insectes aquatiques, est enrichie par les organismes planctoniques produits dans la zone limnétique mais poussés vers le rivage par les vents. La concentration d'oxygène n'y constitue jamais un problème, grâce à l'action des vagues et à la présence d'une végétation qui restitue de l'oxygène, mais il arrive que la température y dépasse considérablement la température moyenne de la zone limnétique. La zone littorale est fragile et vulnérable, particulièrement aux changements brusques de niveau d'eau qui se produisent, par exemple, dans les lacs servant de réservoirs. La zone littorale sert d'habitat de fraye pour certaines espèces dont les juvéniles, après une période de croissance plus ou moins longue, se déplacent vers d'autres secteurs. Des poissons prédateurs s'y aventurent pour se nourrir des juvéniles d'autres espèces.

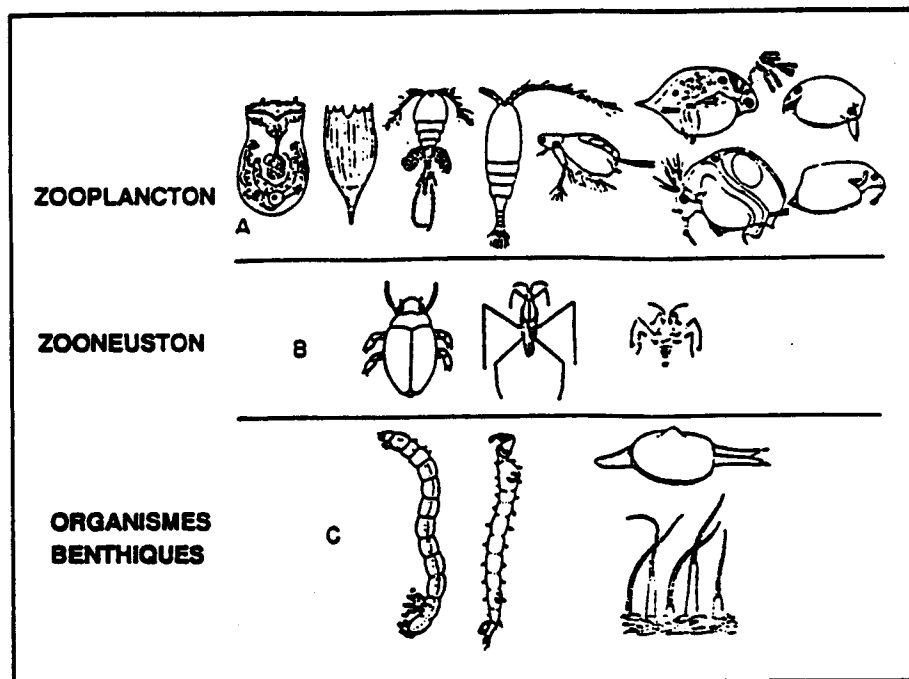


Figure 2. Invertébrés typiques des milieux lénitiques. A-zone limnétique. B-principalement de la zone littorale. C-zone profonde.

La zone profonde

Sous le thermocline, on trouve la zone profonde, aux eaux froides et souvent pauvres en oxygène. Cette couche est fréquentée par les poissons (c.-à-d. qu'elle a qualité d'habitat) durant les renouvellements d'automne et de printemps, quand le lac devient (quasiment) homéothermique. Durant la stratification du lac, à l'été, il arrive souvent que ces zones deviennent désoxygénées, principalement dans les lacs relativement peu profonds. Il y a cependant des organismes qui occupent cette zone, par exemple les verts plats, des mollusques, certains animaux planctoniques en migration verticale et des petits crustacés (*Cladocera* p. ex.) qui vivent enfouis dans la vase du fond. Durant le renouvellement printanier et automnal, cette zone enrichit en nutriments importants (particulièrement en nitrates et en phosphates) la totalité du bassin lacustre.

LES HABITATS FLUVIAUX

La présence de courants, ou d'eau en mouvement continu, constitue la principale caractéristique des cours d'eau. Le courant façonne et modèle l'étroit chenal et influence le comportement de tous les organismes qui vivent dans le cours d'eau. Celui-ci peut drainer un lac ou un étang, ou encore émerger du sol comme source et prendre du volume grâce aux eaux apportées par des tributaires ou, en quantités variables, par le ruissellement (précipitations, fonte des neiges). En Nouvelle-Ecosse, de nombreux

importants cours d'eau prennent leur source dans un lac ou drainent une série de lacs par le truchement de nombreux tributaires (p. ex. les rivières Tusket ou Shubenacadie). On trouve toujours dans ces réseaux fluviaux une grande diversité d'habitats.

Le dénominateur commun des cours d'eau, c'est-à-dire le courant, varie beaucoup d'un tronçon à l'autre, aussi bien avec les saisons qu'après une seule précipitation. En raison de l'érosion, le transport de sédiments est une caractéristique fondamentale des cours d'eau. L'équilibre entre les éléments physiques d'un cours d'eau est toujours précaire, au mieux, et il est souvent rompu par un seul orage ou par l'intervention humaine. Dans un cours d'eau, les communautés de poissons et d'invertébrés ont la faculté de tolérer de courtes périodes de perturbation naturelle, mais l'ajout des perturbations d'origine humaine se traduit par une baisse marquée de la productivité.

Caractéristiques thermiques

La température des cours d'eau n'est pas constante. En règle générale, les cours d'eau de taille petite à moyenne suivent, avec un certain décalage, la température de l'air. Les grands cours d'eau possédant de larges portions peu profondes exposées à la lumière du soleil ont une température plus élevée que les cours d'eau ombragés par des arbres, comme les petits ruisseaux en forêt (figure 4). Il s'agit là d'un facteur important, puisqu'il détermine la composition

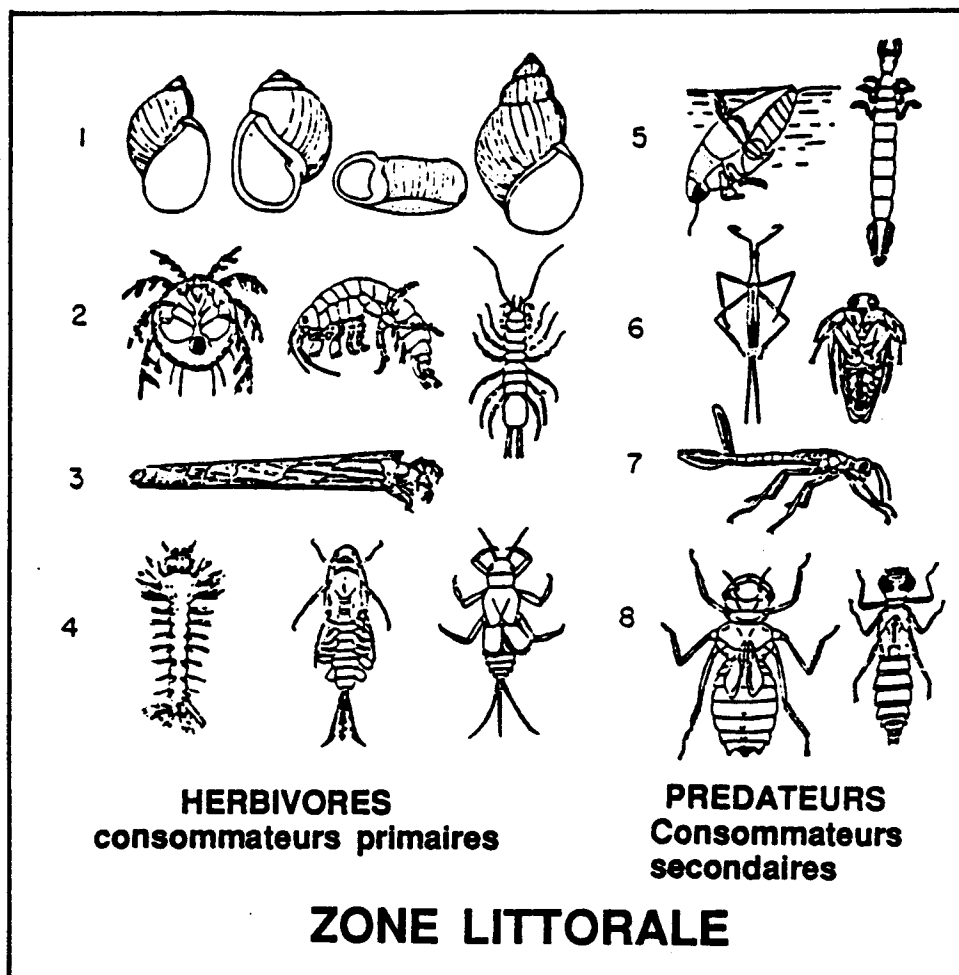


Figure 3. Invertébrés de la zone littorale des lacs d'eau douce. 1-Mollusques;2-Acariens et crustacés;3-Phryganes (Trichoptera);4-Mouches (Diptera) et Ephémères (Ephemeroptera); 5-Coléoptères (Coleoptera);6-Hémiptères (Hemiptera);7-Demoiselles (Odonata);8-Libellules (Odonata).

de la communauté ichthyenne. Dans un cours d'eau, la turbulence et le tourbillonnement incessants des eaux assurent une température uniforme (quoique variable) qui contraste avec le phénomène de stratification caractérisant les lacs. Ce mouvement perpétuel cause également une forte oxygénation des eaux, qui entrent davantage en contact avec l'atmosphère.

Échanges entre les cours d'eau et le sol

Comme la superficie de la jonction terre-eau est relativement plus importante pour un cours d'eau que pour un lac, il existe un lien plus étroit entre les cours d'eau et le sol environnant (figure 5). Par exemple, l'ombrage fourni par un gros arbre qui borde un cours d'eau a beaucoup plus d'importance que l'ombrage fait par un arbre sur la rive d'un lac. Les petits rochers permettent aux poissons non seulement de s'abriter contre les prédateurs, mais également de ne pas être entraînés par le courant. Les rochers et les galets, en général, régularisent la vitesse du courant.

Un lit fluvial résiste à l'action érosive du courant grâce aux matériaux qui le compose – un rocher ne peut être charrié par le courant, contrairement au sable –, à la nature des rives, à sa déclivité, au réseau racinaire de la végétation riveraine, qui fixe les sols, et enfin à la végétation elle-même, qui absorbe l'impact des gouttes de pluie et l'effet du ruissellement superficiel.

Zones d'habitat des cours d'eau

Les cours d'eau présentent deux grands types d'habitat: les rapides et les fosses. Dans les grands cours d'eau, cette distinction devient de moins en moins évidente, jusqu'à la formation d'un chenal profond. Le substrat, tout comme le courant, est un facteur très important dans la nature et la densité des communautés peuplant le cours d'eau.

Les rapides sont des endroits où le courant atteint une vitesse d'au moins 50 cm/sec. A cette vitesse, les eaux entraînent les petites particules, ce qui laisse un

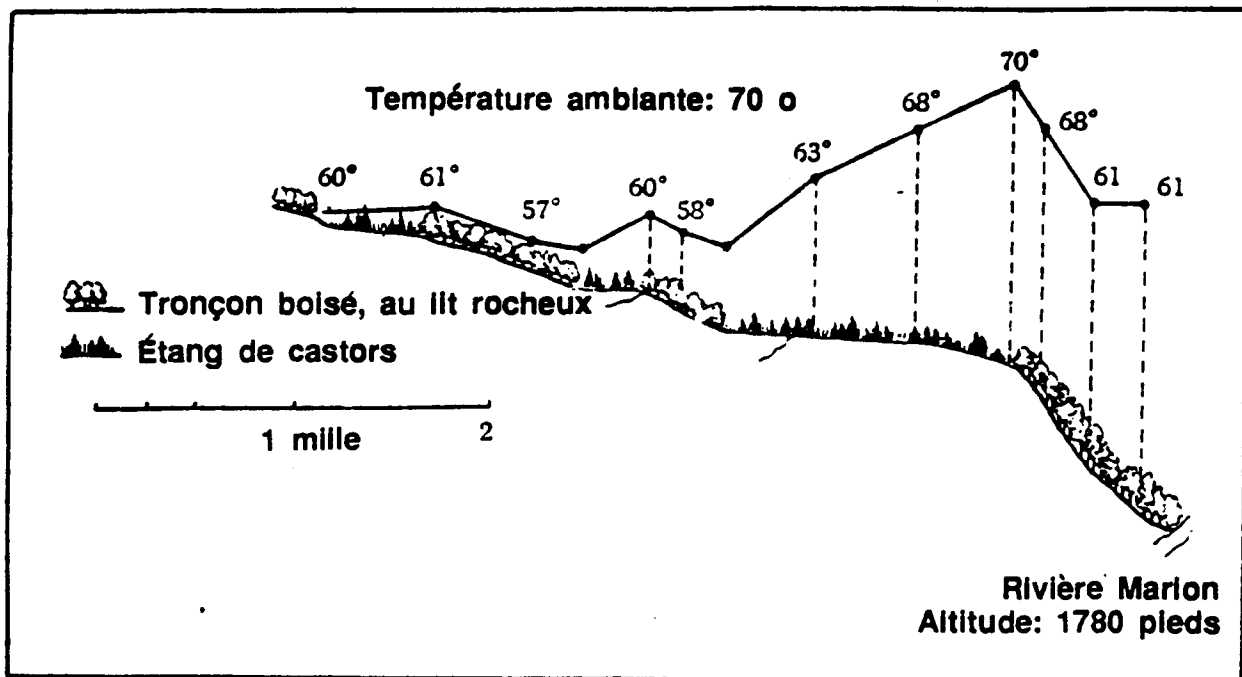


Figure 4. Effets de la végétation riveraine sur les températures d'un cours d'eau. Noter le réchauffement au niveau des étangs de castors, et le rafraîchissement en secteur boisé. (Ruisseau Bear, dans les Adirondacks). (Source: R.L. Smith, 1966)

fond rocheux constitué de fin gravier ou de petits rochers. Dans les eaux productives, la surface des pierres peut être recouverte d'une couche glissante d'algues vertes ou de mousses aquatiques. Ces plantes assurent une production primaire comparable à celle du phytoplancton en milieu lacustre. Une multitude d'insectes vivent enfouis dans les interstices entre les roches ou cramponnés à la végétation. Il s'agit principalement de larves qui passent une partie de leur vie en milieu aquatique et qui sont spécialement adaptées à un écoulement rapide. Certains de ces organismes se nourrissent des algues couvrant les pierres, d'autres sont carnivores ou consomment les détritus (matières organiques mortes) transportés par le courant. Si l'on trouve une vie aquatique plus riche dans les rapides, c'est en grande partie grâce au courant. L'écoulement des eaux est essentiel aux insectes qui vivent en milieu fluvial, aussi bien pour les aider à respirer que pour leur apporter de la nourriture.

De nombreuses espèces piscicoles choisissent les rapides comme habitat. Prenons comme exemple le saumon de l'Atlantique. Le saumon adulte fraie à l'extrémité amont de rapides peu prononcés, après quoi la femelle creuse un nid de fraie et enfouit les oeufs à une profondeur de 10 à 18 cm. Ici, il est essentiel que le gravier soit propre, pour que l'eau puisse circuler dans le substrat et, ainsi, apporter de l'oxygène aux embryons (les oeufs) et évacuer les

déchets métaboliques (figure 6). Les oeufs pondus en octobre-novembre viennent à éclosion vers le mois d'avril (c'est-à-dire après 5 à 6 mois). Les alevins, encore incapables de nager librement, demeurent plusieurs semaines encore dans le nid de fraie. Au mois de mai, les alevins émergent du gravier et demeurent près du substrat. Après un certain temps, ils occupent la totalité du rapide.

En amont et en aval des rapides, on trouve des fosses, qui constituent un environnement différent pour ce qui est de l'intensité du courant, de la profondeur et de la composition du fond. En raison de la diminution du courant, les fines particules se déposent et le fond devient sablonneux. Les fond sablonneux sont les moins productifs, puisqu'ils n'offrent aucune prise stable aux plantes et aux larves d'insectes. Les fosses n'en constituent pas moins un habitat essentiel que l'on ne peut dissocier des rapides, puisque certaines espèces (par exemple la truite) vont et viennent entre les rapides, où elles trouvent la nourriture, et les fosses, qui leur donnent un abri. En outre, de nombreuses espèces se nourrissent à l'endroit où les rapides se déversent dans les fosses. Un bon cours d'eau à truite comporte à peu près 50 % de fosses et 50 % de rapides. Les fosses constituent également des aires de repos pour les espèces anadromes qui remontent frayer. Certains saumons de l'Atlantique demeurent plusieurs mois dans de grandes fosses, en attendant de se rendre à l'automne (octobre-

HABITAT FLUVIAL

ORGANISMES AQUATIQUES

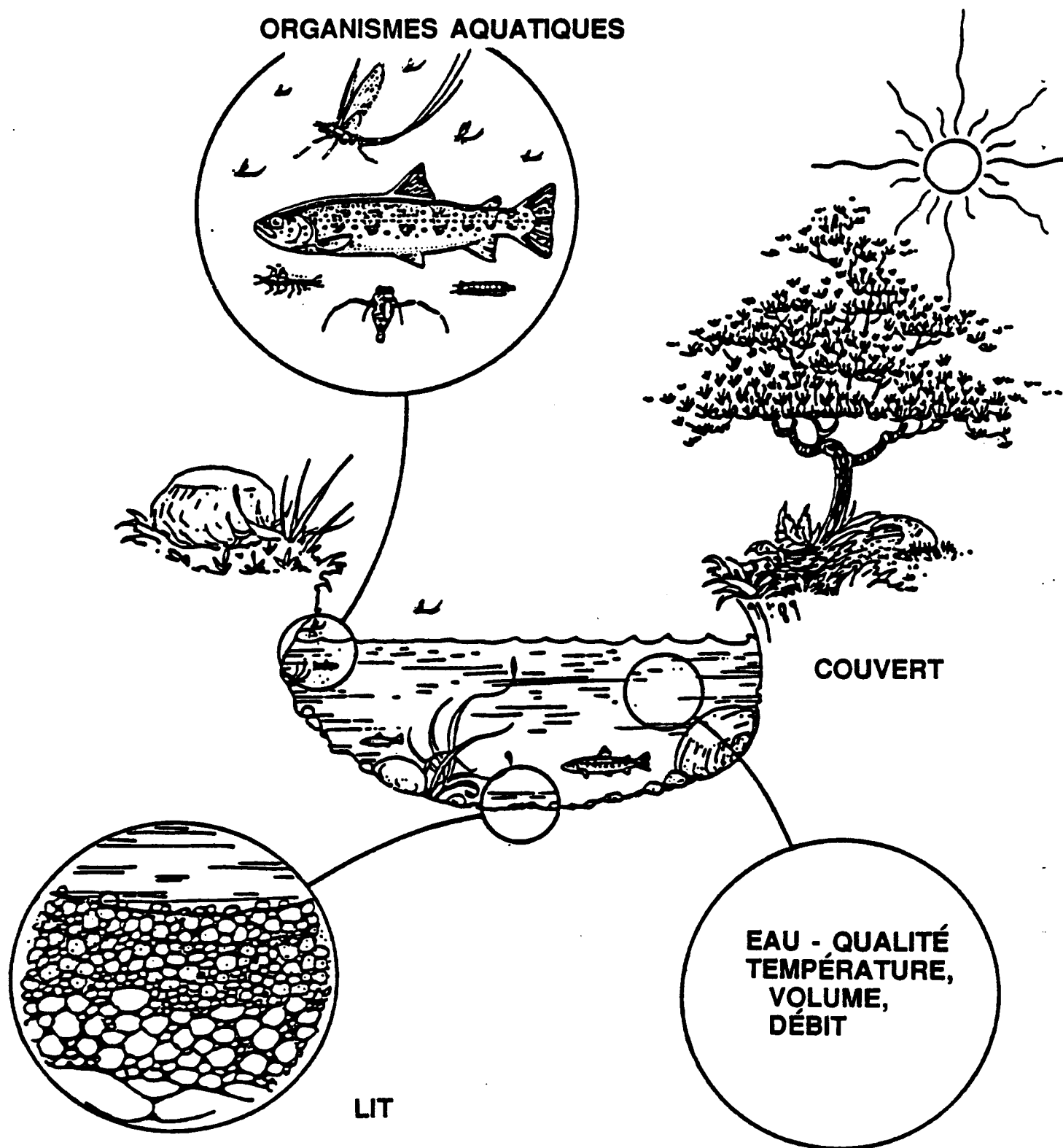


Figure 5. Relations entre le milieu terrestre et le milieu aquatique dans un habitat fluvial d'eau douce.

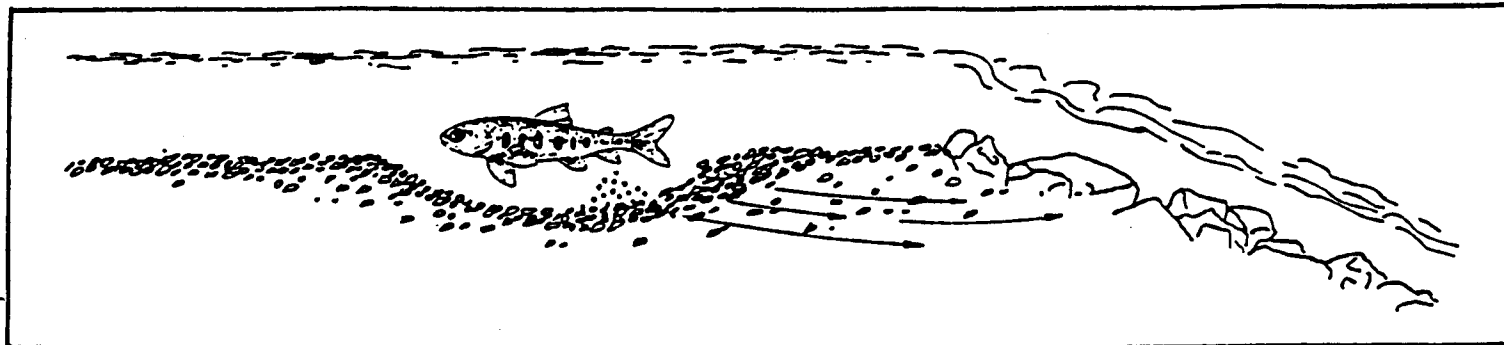


Figure 6. Emplacement d'un nid de fraie de saumon à la tête de rapides. Les flèches symbolisent la percolation de l'eau sur les oeufs, causée par la différence de chute. A cette fin, le gravier doit être propre.

novembre) dans les lieux de fraye. Par ailleurs, les habitants des rapides peuvent également trouver dans les fosses un abri (ombrage des arbres surplombants, rives affouillées, racines submergées, branches, billots, débris divers, etc.) durant les périodes de sécheresse extrême. Certaines espèces préfèrent les fosses comme habitat (par exemple les truites de grande taille, le meunier noir, certains ménés).

Sources de nourriture dans les cours d'eau

Dans les cours d'eau, la production primaire est limitée aux algues vertes et à la mousse qui poussent à la surface des pierres. Cette végétation est cependant absente dans les rapides de certains excellents cours d'eau à saumon, qui peuvent alors sembler très propres. La production de plancton ne se fait pas comme telle dans les cours d'eau, mais on y trouve quand même du plancton végétal et animal provenant des lacs et des étangs drainés par les cours d'eau. On peut diviser en trois groupes distincts les sources de nourriture des poissons en milieu fluvial (voir la figure 7):

(a) Faune benthique

Pour les juvéniles d'espèces comme le saumon de l'Atlantique et la truite, le benthos constitue la plus importante source de nourriture. Les fonds graveleux et rocaillieux abritent une abondance d'insectes qui vivent dans les failles et les interstices. Voici, par ordre d'importance, quels sont ces organismes:

Larves de perle (Plecoptera): ces insectes au corps large sont très communs dans les cours d'eau de la Nouvelle-Ecosse, et constituent un des principaux éléments de l'alimentation des jeunes saumons de l'Atlantique. On en trouve en abondance durant toute l'année. Ils constituent d'excellents indicateurs

biotiques de la qualité de l'eau, puisqu'ils ont besoin d'eaux fortement oxygénées.

Larves de mouche noire (Simuliidae): Bien que très petits par rapport aux perles, ces insectes sont si abondants qu'ils donnent quelquefois aux plantes ou aux roches auxquelles ils se cramponnent l'aspect du velours ou de la fourrure, comme de la "mousse noire".

Nymphes d'éphémère (Ephemeroptera): ces insectes de taille moyenne abondent dans le fond rocaillieux des rapides vifs.

Larves de phrygane (Trichoptera): Eux aussi abondent dans les cours d'eau au fond rocheux, ces insectes construisent des abris de sable, de petits cailloux ou de morceaux de bois pour se protéger du courant et des prédateurs. D'autres insectes sont communs à la fois aux rapides et aux fosses, notamment les éphémères communes, les larves de phrygane, les libellules, les demoiselles, les araignés d'eau et les coléoptères aquatiques.

(b) Insectes terrestres

Comme disent de nombreux étudiants en écologie fluviale: "Après l'eau, rien n'est aussi utile à un poisson qu'un arbre." En effet, les arbres fournissent un apport important – quoique saisonnier – de nourriture pour les poissons en milieu fluvial. Les arbres et les broussailles qui surplombent les cours d'eau sont l'hôte d'une multitude d'insectes. Comme ceux-ci se reproduisent rapidement et ont une courte durée de vie, ils tombent en masse à la surface de l'eau et viennent régaler les poissons. A certaines époques de l'année, ces insectes constituent une importante source de nourriture.

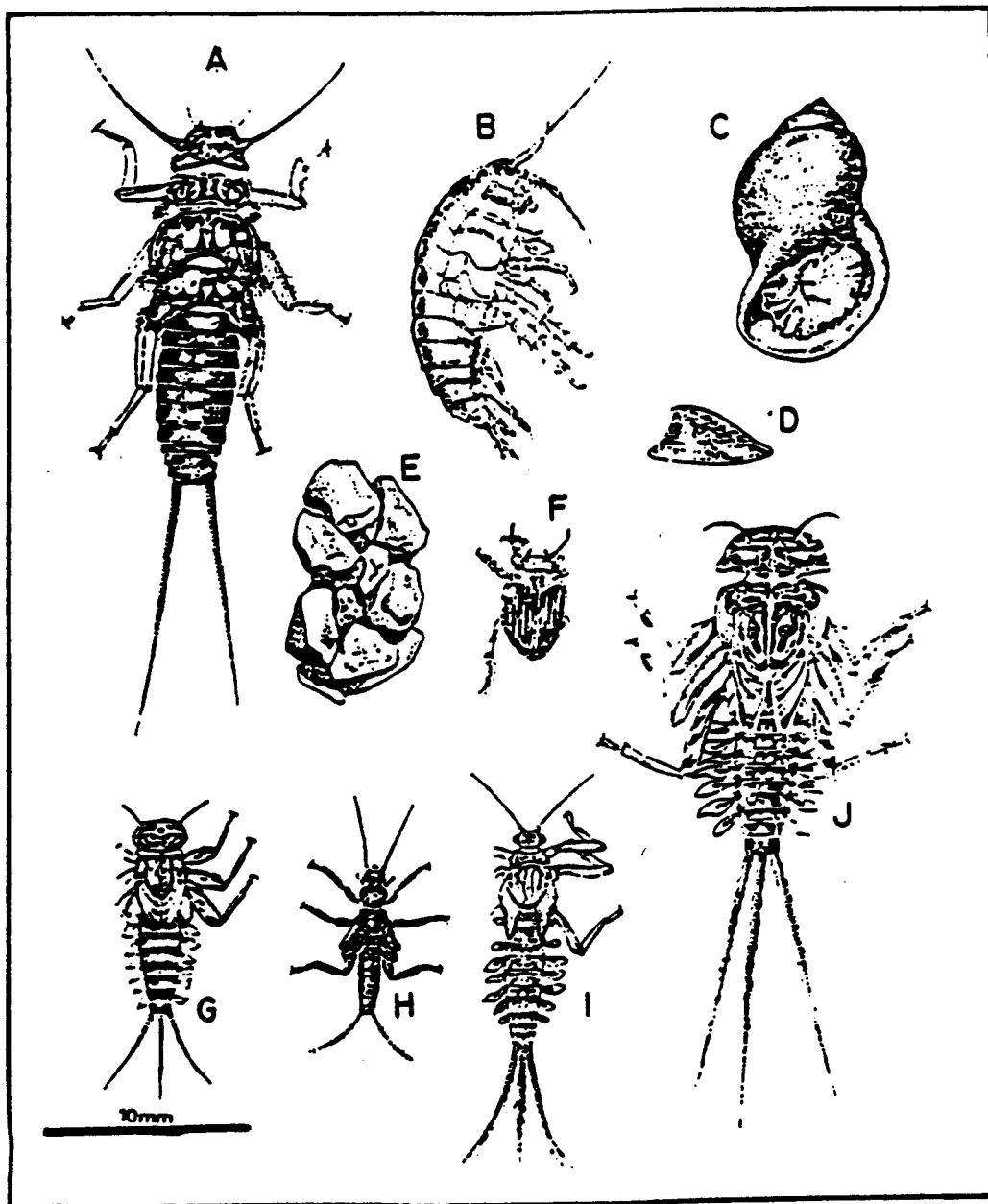


Figure 7. Invertébrés vivant dans les substrats rocheux. a,h - perles; b - crevette d'eau douce; c - escargots; d - patelle d'eau douce; e - larve de phrygane dans son abri de pierres; f - coléoptère; g,i,j - éphémères communes.

(c) Dérive

Il s'agit d'une source de nourriture diversifiée, formée d'organismes benthiques et d'insectes terrestres. De nombreux organismes benthiques, bien qu'ayant la faculté de se cramponner aux roches, aiment se laisser dériver avec le courant, particulièrement en soirée, pour aller se fixer un peu plus loin en aval. Ils forment une source de nourriture itinérante très importante. Le courant emporte les insectes terrestres qui tombent dans les rapides, mais la dérive est également constituée de plancton provenant des lacs et des étangs, et de détritus (surtout des feuilles) de la végétation terrestre. En quelque sorte, la nature "met

la table pour les poissons", qui n'ont qu'à attendre que la nourriture passe à proximité.

(d) Productivité des petits cours d'eau

La largeur des cours d'eau influence leur productivité globale. En tête de bassin, les cours d'eau de deux mètres ou moins de largeur sont **quatre fois plus riches** en organismes benthiques que les cours d'eau larges de six à huit mètres. C'est pourquoi le cours supérieur des rivières est un excellent lieu d'alevinage pour les truites. C'est un fait trop souvent ignoré par les entrepreneurs fonciers et l'industrie en général.

Comportement territorial et habitat

En milieu fluvial, la majorité des espèces de poissons font preuve d'un comportement territorial, mais aucune de façon aussi marquée que les salmonidés. Les saumons de l'Atlantique et les ombles de fontaine juvéniles, après avoir émergé du gravier, migrent à une certaine distance, de un à sept kilomètres, en amont ou en aval du nid de fraie.

Ils choisissent un petit secteur du lit où se placent derrière un petit rocher et s'efforcent de maintenir leur position en luttant contre le courant, les prédateurs et les membres de leur propre espèce (figure 8). L'occupant d'un site de choix peut fuir momentanément en cas de danger, mais, une fois celui-ci écarté, il retournera exactement au même endroit. Il s'efforcera toujours d'éloigner un intrus de sa propre espèce. Avec de la chance, les individus faibles ou délogés peuvent se trouver une "place libre", mais certains ne survivront pas. C'est là un facteur complexe et important de la vie dans un milieu fluvial au débit rapide, qui limite la productivité et confère beaucoup de valeur à chaque mètre carré de substrat habitable.

COMMUNAUTÉS ICTHYENNES EN MILIEU LACUSTRE ET FLUVIAL

Bon nombre des espèces qu'on trouve dans les lacs et les cours d'eau de la Nouvelle-Ecosse (p. ex. le saumon de l'Atlantique, la truite de mer et le gaspareau) quittent l'océan pour aller se reproduire dans les rivières. On les appelle des espèces anadromes. Certaines, comme l'éperlan, vont se reproduire dans la partie aval du cours d'eau et s'en vont ensuite rapidement. Les plus importantes espèces de nos espèces d'eau douce sont les salmonidés. En règle générale, les saumons de l'Atlantique juvéniles et l'omble de fontaine occupent des niches différentes au sein d'un cours d'eau. On trouve les jeunes ombles de fontaine en tête du bassin versant, dans de petits cours d'eau aux eaux froides et au lit rugueux et rocailleux, où le couvert est abondant (forêt, rives profondément affouillées, racines, billots submergés, etc.). Les individus de plus grande taille préfèrent habituellement l'habitat lacustre, ou les fosses profondes des cours d'eau intermédiaires. Au contraire, les saumons de l'Atlantique juvéniles occupent des rapides dégagés, où la végétation riveraine n'ombrage pas plus que 10

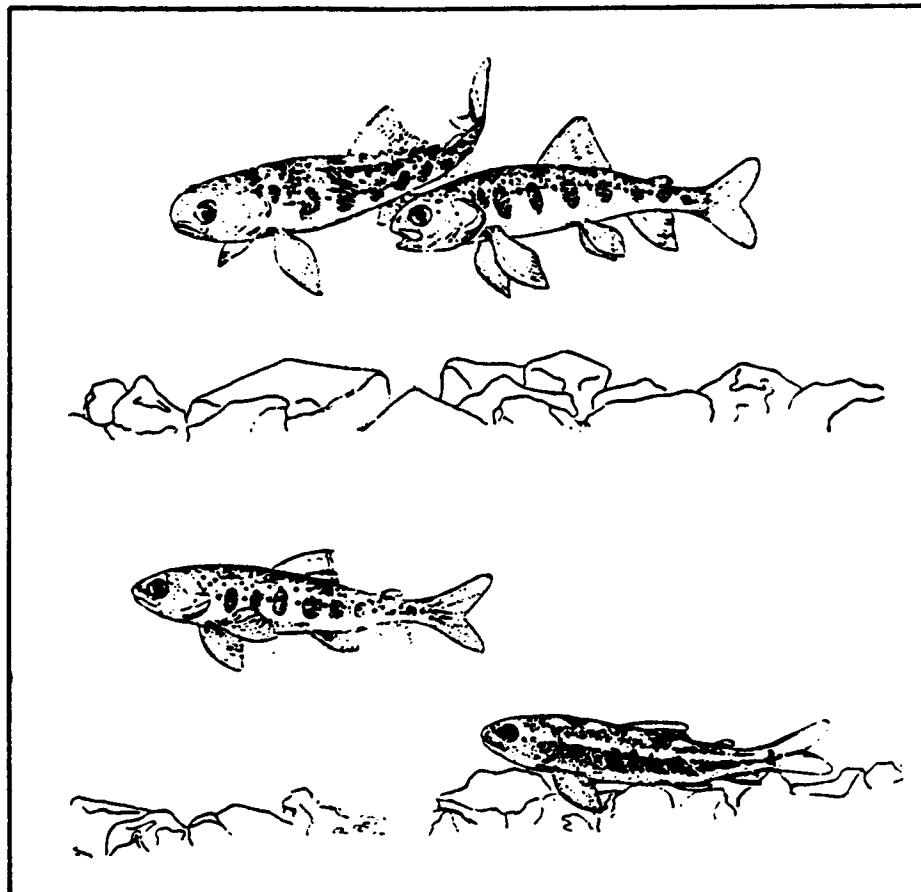


Figure 8. Comportement territorial du jeune saumon. L'intrus (audessus) finit par être chassé par l'occupant initial du substrat. (D'après Keenleyside et Yamamoto, 1962)

à 20% de la largeur totale du cours d'eau. Les saumons juvéniles semblent faire bon usage des interstices entre les roches du fond, non seulement pour chercher de la nourriture mais aussi pour s'y enfouir afin de se protéger contre les crues et les prédateurs. Vers la fin de l'automne, les alevins et les tacons passent plus de temps enfouis dans le substrat, ce qui leur permet d'économiser beaucoup d'énergie à une époque où le métabolisme est ralenti et l'alimentation réduite au minimum

CONCLUSION

Les lacs et les cours d'eau de la Nouvelle-Ecosse offrent une grande variété et, jusqu'à maintenant, une abondance d'habitats pour les espèces hautement prisées par les pêcheurs sportifs. Ces habitats sont disséminés dans un réseau complexe de composantes physiques et chimiques, plus ou moins équilibrées. Dans ce bref survol des éléments physiques qui composent les milieux lénitiques (lac) et

lotiques (cours d'eau), on constate à quel point cet équilibre peut être facilement rompu par des phénomènes naturels (précipitations par exemple), mais encore plus par l'intervention humaine. Cet exposé se veut un manifeste en faveur de la protection des habitats lacustres et fluviaux, à l'intention de ceux qui prévoient réaliser des travaux dans les plans d'eau ou à proximité.

BIBLIOGRAPHIE

Mills, D.H. An Introduction to Freshwater Ecology. Oliver and Boyd. Edinburgh, 1972.

Smith, R.L. Ecology and Field Biology. Harper and Rowe, publishers New York and London, 1966.

Odum, E.P. Fundamentals of Ecology (Third edition). W.B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto, 1971.



Effets des modifications de l'environnement physique sur l'habitat du poisson en eau douce

Dale I. Bray

RÉSUMÉ

L'habitat utilisable pour le poisson doit être défini en fonction d'une espèce déterminée et d'un stade précis de son cycle évolutif, de même que pour une période de l'année bien définie. L'habitat est souvent évalué comme étant la portion du lit fluvial présentant des caractéristiques acceptables du point de vue vitesse moyenne, profondeur, température de l'eau et type de substrat (composition du fond). De toute évidence, on peut également tenir compte d'autres facteurs, dont: concentration de sédiments en suspension, taux d'oxygène dissous, éléments chimiques, conductivité hydraulique du lit.

Le bassin situé en amont de la portion (bief) du cours d'eau étudiée fournit de l'eau, des sédiments et des matières organiques en quantités et dans un ordre qui dépend du régime hydroclimatique local et de la géologie des lieux. Dans le bief, la géométrie et le lit du chenal s'ajustent pour transporter l'eau et les sédiments excédentaires provenant du bassin d'amont. Quand des perturbations d'origine naturelle ou humaine viennent modifier la quantité ou la séquence d'écoulement des eaux et/ou des sédiments, ou peut s'attendre à ce que la géométrie et le lit du chenal s'adaptent. Dans certains cas, une modification du chenal en aval du bief à l'étude peut entraîner des changements indésirables dans ce même bief. L'auteur présente des méthodes simples pour estimer les changements à prévoir dans la pente et la largeur du chenal, et donne des exemples des impacts pouvant être causés par la construction de barrages, l'exploitation de carrières de gravier, la construction de canaux de dérivation, le redressement du chenal et la dérivation de cours d'eau.

Dans les rapides, il est essentiel que l'eau circule de façon adéquate dans les matériaux du fond, plus spécialement entre l'époque de la fraye et l'émergence des alevins de saumon. Toute modification dans le réseau d'écoulement des eaux souterraines qui entraîne une réduction de la conductivité hydraulique des matériaux benthiques peut être nuisible. La réalisation de travaux dans le cours d'eau ou à proximité de celui-ci, en amont, peut causer un apport excessif de sédiments. Il peut s'agir d'interventions en superficie (exploitation forestière, agriculture, grands projets d'aménagements fonciers) ou linéaires (autoroutes, lignes de transport d'électricité, oléoducs, etc.). L'auteur fait le

point des connaissances actuelles concernant l'apport de particules fines dans les lits de gravier.

Les interventions humaines ne sont pas nécessairement négatives. Avec l'argent et le temps nécessaires, une équipe de biologistes, de gestionnaires, d'ingénieurs et de groupes de pression peut faire des modifications qui permettront d'améliorer ou même d'accroître l'habitat utilisable par une espèce donnée. Un environnement fluvial biologiquement productif constitue un milieu extrêmement complexe et diversifié, lieu d'interactions entre des facteurs d'ordre physique, biologique, chimique, économique et politique.

Enfin, l'auteur présente une méthodologie pour évaluer l'habitat utilisable, à la fois dans les conditions existantes et dans des conditions modifiées.

INTRODUCTION

Un habitat productif dépend d'interactions complexes entre des facteurs physiques, chimiques et biologiques, aussi bien à l'échelle macroscopique du bassin qu'à l'échelle microscopique du substrat (figure 1). Sans la réalité physique de l'écoulement de l'eau dans un chenal, il n'y aurait pas d'habitat du poisson. Cet exposé a pour objectif de présenter les principaux facteurs physiques qui constituent un habitat productif, et d'indiquer comment les interventions humaines dans l'environnement physique peuvent dégrader ou améliorer les habitats productifs.

LE BASSIN VERSANT

Le bassin versant est source d'eau, de substances dissoutes, de matières inorganiques (sédiments) et de matières organiques pour un bief (tronçon d'un cours d'eau) déterminé. Avant de commencer à étudier l'habitat du poisson dans un bief, il est important d'évaluer la distribution temporelle de chacune des variables ci-dessus. l'hydrogramme (débit à une section transversale du chenal par unité de temps) et le sédogramme (concentration de sédiments en suspension par unité de temps) sont les informations

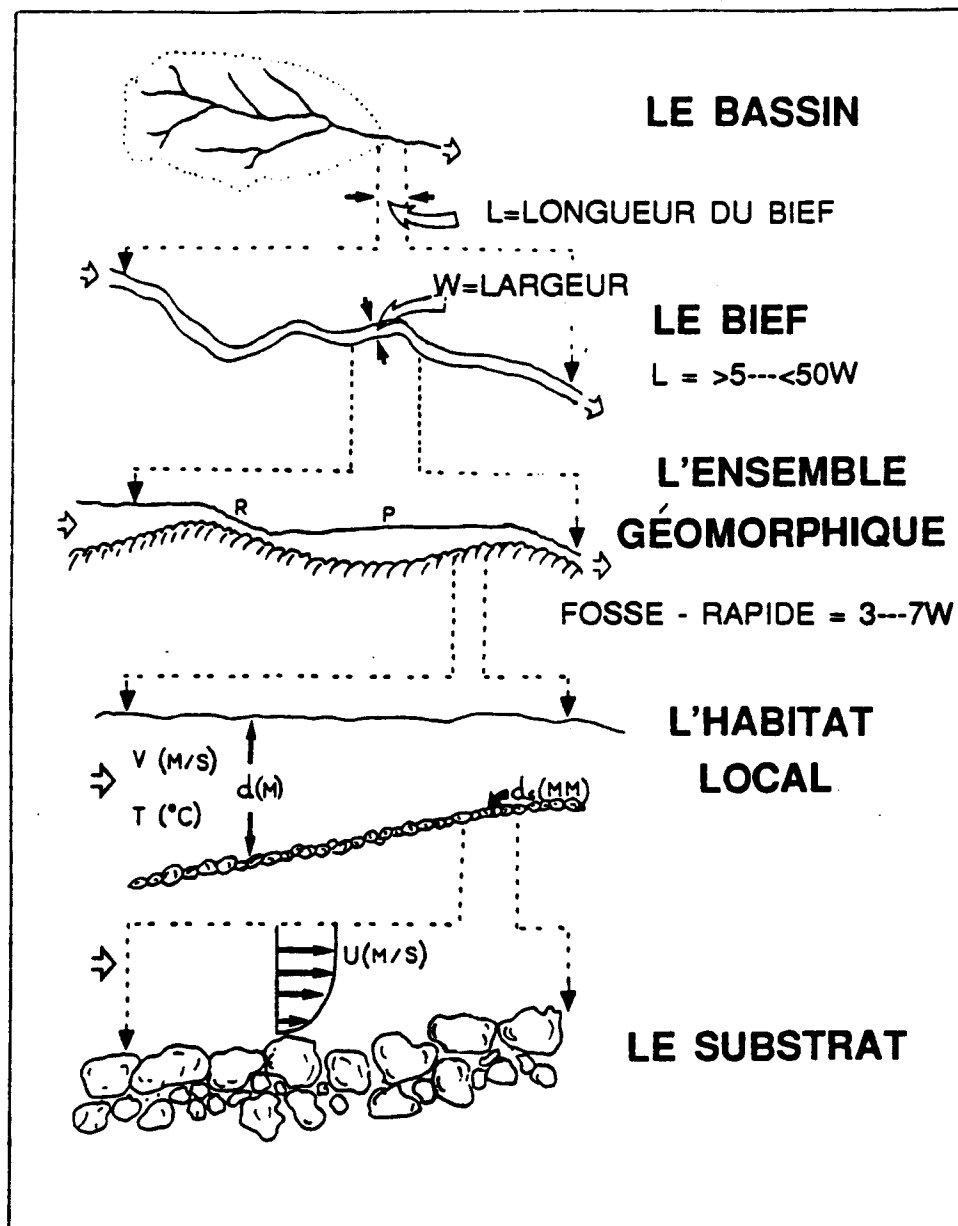


Figure 1. Du bassin au substrat: illustration de l'habitat du poisson.

les plus communément nécessaires. L'hydrogramme mesure l'eau qui atteint la section transversale du chenal relativement rapidement par l'écoulement superficiel et quasi-superficiel (c'est-à-dire l'écoulement direct) et relativement lentement par l'écoulement souterrain (c'est-à-dire le débit de base). La figure 2a donne un exemple d'hydrogramme typique.

Un autre graphique habituellement utile est la courbe des débits classés, qui vise toute l'année ou une portion déterminée de l'année. Cette courbe mesure, en pourcentage, le temps où un débit déterminé est dépassé (figure 2b). En règle générale, on ne dispose pas de données hydrométrique (débit ou écoulement) pour le bief à l'étude et il faut interpoler ces données à partir des informations recueillies aux stations hydrométriques avoisinantes.

Quand on évalue l'habitat du poisson, un autre facteur important à considérer est l'apport de sédiments provenant du bassin. Les sédiments qui arrivent dans le chenal résultent principalement de l'érosion de surfaces terrestres éloignées, de mouvements en masse (déplacement de matériaux en grande quantité: glissements de terrain, chutes de débris, etc.), ainsi que de l'érosion des rives et du lit (surcreusement) du chenal.

Selon la taille du sédiment et la capacité de transport du cours d'eau, le sédiment peut être charrié sur le lit ou immédiatement au-dessus du lit, ou encore dériver en suspension. On peut aussi catégoriser cette charge sédimentaire selon la source du sédiment. Les **matériaux charriés** proviennent localement du lit du chenal, tandis que la **charge de ruissellement** provient de sources éloignées et, normalement, n'a pas d'interaction avec les matériaux du lit local.

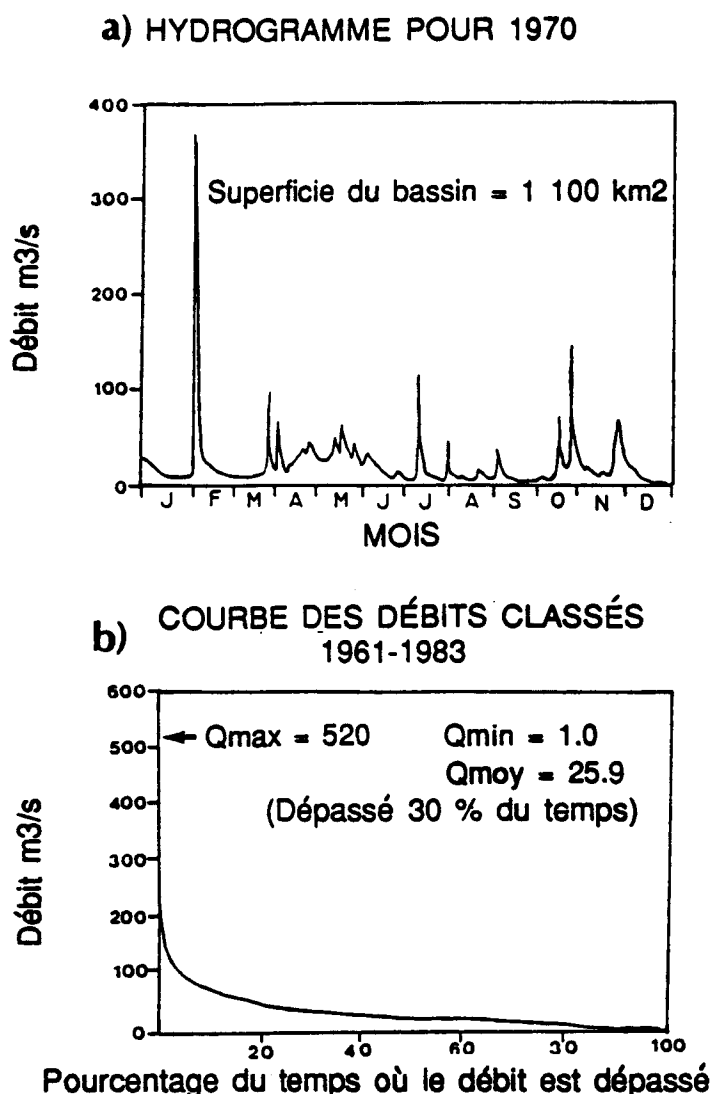


Figure 2. Exemples typiques d'hydrogramme et de courbe des débits classés à une station hydro-métrique (rivière Kennebecasis à Apohaqui, Nouveau-Brunswick).

LES LIMITES DU CHENAL

Du point de vue de l'habitat du poisson, la nature des limites du chenal est importante. Les lits sablonneux rebutent la majorité des poissons, alors que les lits graveleux sont extrêmement prisés par de nombreuses espèces.

Les lits sablonneux sont formés de particules assez uniformes du point de vue granulométrique et dont la distribution est log-normale. Quant aux lits graveleux, leurs particules sont de dimensions plus variées et elles ont une distribution bi-modale ou asymétrique. Ces lits se caractérisent par une seule couche superficielle de matériaux relativement grossiers (normalement plus de 8 mm de diamètre). Les jeunes poissons trouvent un abri parmi les particules de

dimensions variées que l'on trouve à la surface des lits graveleux. Sous la surface des lits graveleux, on ne trouve virtuellement aucun matériau dont la taille s'apparente à celle de l'argile et du limon, c'est-à-dire moins de 0,0625 mm. La figure 3 contient des courbes granulométriques typiques pour les lits sablonneux et les lits graveleux.

La couche superficielle d'un lit de gravier peut être fixe ou mobile. La couche fixe est formée de matériaux propres, signe d'un transport récent. Quant à la couche fixe, elle est demeurée immobile pendant une certaine période de temps. En règle générale, les interstices entre les particules de plus grande taille sont colmatés de fines particules. On peut comparer la couche fixe à un revêtement routier sur lequel des matériaux grossiers sont transportés, mais il ne se produit virtuellement aucun échange de particules entre la couche fixe et ces matériaux.

Une couche mobile peut commencer à bouger (ou à interagir avec l'écoulement) à partir d'un seuil relativement prévisible. Il est plus difficile de prévoir le seuil de déplacement d'une couche fixe, mais il sera en général considérablement supérieur à celui d'une couche mobile.

Les poissons frayent habituellement dans des matériaux ayant la dimension du gravier (2 à 64 mm). Les mêmes poissons peuvent, plus tard dans leur cycle évolutif, s'installer dans des portions du chenal où le fond est constitué de galets (64 à 256 mm) ou de blocs (plus de 256 mm).

CARACTÉRISTIQUES DU CHENAL

De nombreux cours d'eau au lit graveleux sont constitués d'une suite de fosses et de rapides. En période de basses eaux, les poissons trouvent dans les fosses (aux eaux relativement peu profondes et lentes) et les rapides (dont les eaux relativement peu profondes coulent avec vélocité) une grande diversité de profondeurs et de vélocités. Le rapide "régularise" le niveau de l'eau dans la fosse d'amont en période d'étiage, mais il est souvent "noyé" en période de crue. La figure 4 présente les caractéristiques de cette séquence fosses-rapides.

Les saumons déposent leurs oeufs dans un nid de fraie qu'ils creusent généralement en amont du rapide. Étant donné la baisse de chute dans le rapide en période d'étiage, il s'y produit une circulation d'eau sous la surface du lit, constituée d'une couche relativement perméable de sable et de gravier. Cet écoulement "apporte" aux oeufs l'oxygène dissous et les éléments nutritifs et en évacue les déchets métaboliques.

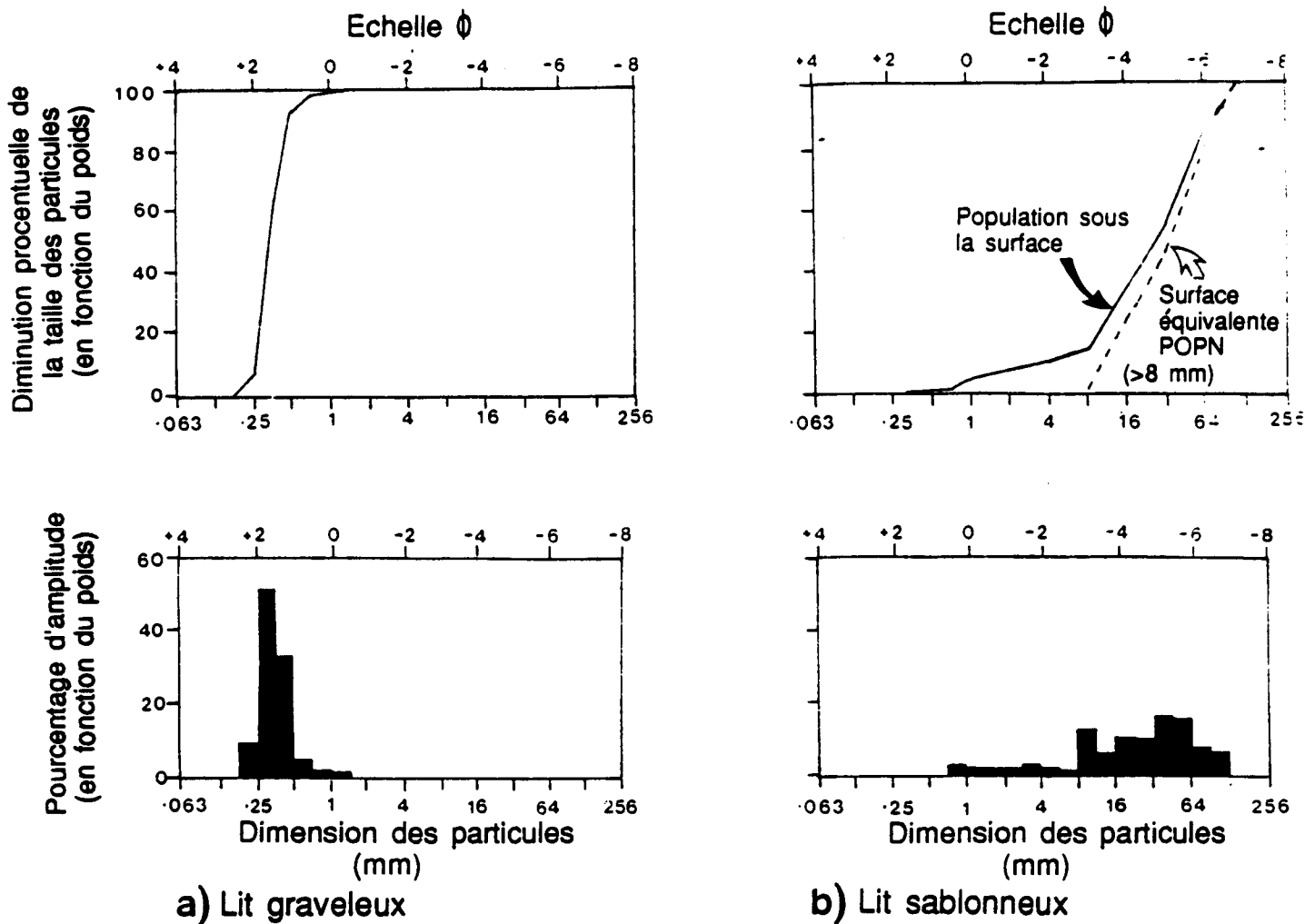


Figure 3. Distribution granulométrique des matériaux benthiques dans les chenaux naturels. a) Lit sablonneux (fl. Saint-Jean à Oromocto, N.B.); b) lit graveleux (riv. Keswick près de Zealand, N.B.).

Si des particules fines sont transportées vers l'aval et colmatent les interstices du gravier au nid de fraie, l'eau ne peut plus circuler librement autour des oeufs. Même quand, malgré cela, les oeufs peuvent éclore, il arrive que les alevins soient incapables d'émerger du nid de fraie.

Bien que cette succession fosses-rapides soit considérée comme une des principales caractéristiques des cours d'eau, leur présence n'est pas toujours évidente, spécialement dans les cours d'eau dont le lit a une pente prononcée et est constitué de matériaux de grandes dimensions. Neill et Galay (1) et Kellerhals et coll. (2) présentent des méthodes pratiques de décrire plusieurs caractéristiques des chenaux, y compris la séquence fosses-rapides. Church et Jones (3) traitent des barres dans les chenaux au lit graveleux.

VÉGÉTATION RIVERAINE

Le rôle de la végétation riveraine, dans les petits chenaux en particulier, est un autre facteur important dans l'évaluation de la productivité des habitats du poisson. Si le système racinaire de la végétation riveraine pénètre à un degré appréciable le sol de la rive, il peut contribuer à stabiliser la rive (4, 5). En outre, la végétation riveraine peut également être source d'ombrage et abaisser la température de l'eau en été. La végétation surplombante fournit au biote du chenal un apport de matériaux organiques et d'éléments nutritifs. Selon Beschta et Platts (4), "des changements négatifs dans la productivité et la composition de la végétation riveraine peuvent entraîner un élargissement du chenal, une baisse de la profondeur des eaux, une hausse de leur température en été et une baisse en hiver, ainsi qu'un amenuisement des sources de nourriture pour le poisson."

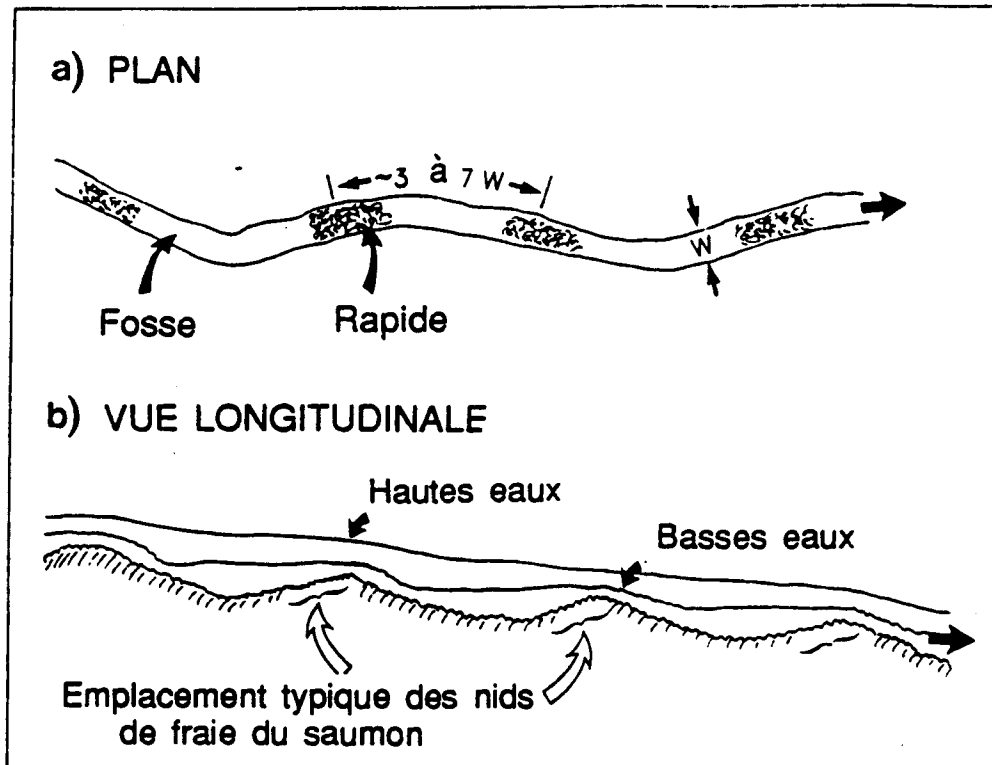


Figure 4. Caractéristiques d'une séquence typique fosses-rapides. a) Plan général; b) Coupe longitudinale illustrant le profil de la surface de l'eau en période d'étiage et de crue.

ADJUSTEMENT DU CHENAL

La configuration transversale, la pente longitudinale et la forme des chenaux aux limites mobiles se sont ajustées en fonction du régime hydroclimatique d'un contexte géologique donné. En un point particulier, le chenal est en mesure de transporter à travers le bief à l'étude les divers débits (eau et sédiments) liés au régime hydroclimatique caractérisant le bassin versant en aval, pour établir un état de "quasi-équilibre". Si, en raison de causes naturelles ou d'une intervention humaine, il y a changement du régime hydroclimatique, alors la géométrie et la pente du chenal s'ajusteront normalement pour former un nouvel état d'"équilibre". Un cours d'eau aux limites mobiles est dynamique, et les ajustements peuvent s'opérer sur une certaine période de temps: c'est pourquoi l'on dit que le chenal est dans un état d'"équilibre dynamique".

Des ajustements peuvent également se produire en réaction à des changements dans la géométrie ou la pente du chenal. Encore une fois, ces changements peuvent être d'origine naturelle ou humaine. Dans la majorité des cas, les changements d'origine humaine ont un impact plus important du point de vue protection des habitats aquatiques productifs.

Les ajustements du chenal sont de plusieurs types: formation ou disparition de barres; changement de la

morphologie transversale; changement de la pente longitudinale. Ce dernier type d'ajustement est habituellement considéré comme le plus important puisqu'il peut causer une érosion ou une sédimentation massive sur de longs tronçons du chenal. La pente du chenal peut être accrue par une diminution de la sinuosité du chenal ou par l'érosion des sédiments du lit (phénomène de sucreusement).

Lacey (6), Blench (7) et Vanoni (8) comptent parmi les nombreux chercheurs et ingénieurs qui, depuis un siècle, ont étudié le régime fluvial en vue de mettre au point des méthodes pour prédire comment un cours d'eau réagira à des changements dans les principales variables régulatrices. Lane (9) a présenté en 1955 une des méthodes les plus simples, et peut-être une des plus efficaces, pour prédire, l'ajustement que subira la pente longitudinale du chenal à la suite d'un changement dans le débit, la taille du substrat ou le type de matériaux charriés. Il a proposé la relation (non pas une équation) suivante:

$$Q S \propto d_s M_{bm} \quad \dots (1)$$

où: Q est le débit caractéristique du chenal (p. ex. crue bisannuelle), S la pente longitudinale du chenal, de la dimension caractéristique des matériaux benthiques (p. ex. dimension moyenne); M_{bm} le taux de transport de masse de ces matériaux dans le bief. La relation ci-dessus permet de prédire le type de

changement qu'entraînera une intervention humaine. Par exemple, si l'on construit dans un chenal un barrage ayant une capacité de retenue relativement faible, et que le débit caractéristique juste en aval du barrage ne change pas de façon appréciable, que la dimension des matériaux du fond demeure inchangée et que le taux de transport de masse décroît en raison d'une sédimentation dans le réservoir, alors selon la relation de Lane il y aura une diminution de la pente en aval. Ce phénomène peut se produire par une augmentation de la sinuosité ou par un surcreusement.

Lane présente six cas de changements associés aux chenaux aux limites mobiles:

- (1) Réduction du débit par une dérivation des eaux (atterrissement en aval de la dérivation);
- (2) Accroissement du débit par une dérivation dans un cours d'eau (surcreusement en aval de la dérivation);
- (3) Relèvement d'un niveau de base local (par exemple, construire un barrage);
- (4) Abaissement d'un niveau de base local (par exemple, drainer un lac);
- (5) Prolongement d'un chenal (sédimentation et atterrissement);
- (6) Raccourcissement d'un chenal (érosion et surcreusement).

Schumm (10) présente une évaluation plus complète des changements à prévoir dans la configuration et la pente des chenaux au lit sablonneux à la suite de changements dans l'écoulement des eaux et des sédiments.

On a récemment mis au point des modèles mathématiques permettant d'évaluer quantitativement les changements de pente causés par une modification de l'ampleur et de la fréquence des débits d'eau et de sédiments. Mentionnons par exemple les modèles HEC-6 (11), MOBED (12) et FLUVIAL-11 (13). Bien que reposant sur des principes généralement acceptés, ces modèles ont de nombreuses carences. Normalement, on ne dispose par des données ou de l'argent nécessaires pour évaluer, au moyen de modèles mathématiques, les changements survenant sur le terrain. Dans de tels cas, on peut dégager des tendances en recourant à la relation simple de Lane.

On peut prédire les changements dans la largeur du chenal en appliquant l'équation de régime empirique pour la largeur, c'est-à-dire:

$$W = C Q^b \quad \dots (2)$$

où W est la largeur moyenne de la surface de l'eau dans un bief, et Q le débit caractéristique. La constante " C " dépend de la définition donnée au débit caractéristique (débit annuel moyen, crue bisannuelle, etc.), du type de matériaux composant le fond et les rives du chenal, et du système d'unités employé. L'exposant " b " a une valeur d'environ 0.50 pour la majorité des régions humides. Bray (14) a constaté, pour les cours d'eau au lit graveleux de l'Alberta, que

$$W = 4.7 Q_2^{0.53} \quad \dots (3)$$

où W est la largeur moyenne (en mètres) de la surface de l'eau du bief, et Q_2 la crue bisannuelle en m^3/s ($r^2 = 0.96$ et erreur-type = 0.076 unités logarithmiques).

Selon cette relation simple, il est clair que l'on peut s'attendre à ce que l'accroissement du débit caractéristique cause l'élargissement des chenaux aux limites mobiles (ou vice versa). Si le débit caractéristique double, la largeur du chenal devrait augmenter d'environ 40 % s'il a des limites mobiles.

QUELQUES EXEMPLES DE MODIFICATION DE L'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE

Les cas ci-dessus illustrent certains des impacts qu'une intervention humaine peut exercer sur l'habitat du poisson en modifiant l'environnement physique d'un milieu fluvial. Les modifications des cours d'eau sont réglementées par des lois telles que la Loi sur l'assainissement de l'environnement du Nouveau-Brunswick et la Loi fédérale sur les pêcheries, dont l'application relève de Pêches et Océans Canada.

Redressement de chenaux

Il est tentant d'aménager des chenaux qui soient droits et d'une configuration transversale constante. Dans les biefs longs et droits, l'eau a une profondeur relativement constante et une vitesse essentiellement régulière. Les biefs artificiellement redressés n'ont pas la diversité de profondeurs et de vitesses qui caractérise les cours d'eau naturels, avec leur série de fosses et de rapides. Souvent, un chenal long et droit commencera (s'il n'est pas correctement conçu) à devenir sinueux ou à subir un surcreusement, ce qui diversifiera les profondeurs et les vitesses.

Les poissons peuvent soit nager soit à une vitesse constante sans se reposer, soit faire des pointes de vitesse entrecoupées de repos. Chaque poisson, à chaque stade de développement, possède une vitesse constante et une vitesse de pointe caractéristiques (15). Si le poisson, quand il fait une pointe de vitesse, n'a pas assez de temps pour se rendre à une aire de repos, alors le chenal en amont du bief redressé ne lui est pas accessible. Dans certains cas, on peut placer des gros rochers, adéquatement espacés dans le chenal ou à l'extrémité de celui-ci, pour fournir des aires de repos aux poissons (16).

Obstructions

Il existe un grand nombre d'obstructions artificielles aux mouvements des poissons, par exemple, l'accès aux ponceaux et aux entrées des échelles à poisson près des barrages dans leurs déplacements vers l'amont, ou encore le passage au-dessus des déversoirs et dans les turbines hydrauliques lors de leurs déplacements vers l'aval (15). De toute évidence, les structures artificielles peuvent limiter le passage du poisson, mais en collaborant les ingénieurs et les biologistes peuvent habituellement trouver des solutions acceptables.

La présence d'obstacles naturels, comme des chutes ou des rapides, peut couper l'accès à un habitat productif. Dans ce cas, on peut construire des installations (p. ex. des échelles à poisson) pour régler le problème.

Régularisation des cours d'eau

Les aménagements hydrauliques qui entraînent une forte régularisation des débits, par la formation de grands réservoirs, peuvent modifier considérablement le régime d'écoulement naturel. Normalement, la fonction d'un réservoir est de stocker de l'eau afin de réduire les crues et d'accroître l'étiage. Quand les débits de pointe d'un réservoir sont réduits, il peut y avoir "fossilisation" du lit graveleux du chenal en aval du barrage, étant donné que les débits de pointe ne suffisent plus à transporter les matériaux dans le lit du chenal principal. La modification du régime d'écoulement dans le chenal principal ne change rien à l'apport des sédiments provenant des tributaires, et comme résultat des "cônes de déjection" se formeront au confluent des tributaires et du chenal principal (17).

Vu la réduction des débits de pointe caractéristiques, la largeur du chenal aura tendance à diminuer, comme le prévoit la relation d'ajustement de la largeur (équation numéro 2). Plus on s'éloigne en aval du barrage, sur le chenal principal, moins ces effets seront prononcés.

Bien que la baisse des débits de pointe puisse réduire quelque peu la superficie du lit, on peut améliorer l'effet net d'une régularisation du cours d'eau sur l'habitat productif en accroissant la période où les vitesses et les profondeurs sont acceptables.

Dérivation de cours d'eau

Les dérivations fluviales peuvent avoir des effets physiques sur l'habitat aquatique. L'accroissement du débit d'un cours d'eau se traduit habituellement par un élargissement de celui-ci, par une augmentation des profondeurs et par une légère hausse des vitesses moyennes. Si le lit naturel approche la limite de transport, il peut devenir mobile suite à une augmentation du débit. Il est alors possible qu'il se produise un surcreusement.

Par ailleurs, dans le chenal subissant une baisse de débit, l'habitat du poisson a de fortes chances d'être négativement touché. La baisse du débit amenuisera fort probablement la superficie benthique où la profondeur et la vitesse sont acceptables, réduira la dimension du substrat et fera relever la température des eaux en période d'étiage. Du point de vue gestion, il faut faire des efforts spéciaux pour évaluer l'effet net des dérivations sur l'habitat productif des espèces qu'on souhaite privilégier.

Outre une modification de l'environnement physique, les dérivations peuvent avoir pour effet d'introduire ou d'extirper, dans les chenaux touchés, des espèces désirables ou indésirables. Les biologistes doivent se pencher sur les problèmes liés à la colonisation d'un cours d'eau par une nouvelle espèce, piscicole ou autre.

Sédiments en suspension

Des phénomènes naturels (érosion par ravelines, éboulement des rives, etc.) peuvent introduire des quantités importantes de fines particules sédimentaires (argile ou limon) dans le chenal. Cependant, des quantités beaucoup plus importantes de sédiments peuvent être introduites, pour des périodes variables, par des modifications physiques résultant d'une intervention humaine en étendue (agriculture, urbanisation) ou linéaire (autoroutes, oléoducs), ou encore d'aménagements ponctuels (piliers de pont, prises d'eau).

Sur de nombreux chantiers de construction, on peut limiter cet apport en recourant sur place à des mesures anti-érosion, ou en aménageant des bassins de retenue pour y confiner les sédiments avant qu'ils n'atteignent les eaux réceptrices. Dans d'autres cas, quand les travaux de construction dans le cours d'eau

n'exigent qu'une courte période de temps, on pourra les exécuter dans la période de l'année où les perturbations pour l'habitat du poisson seront réduites au minimum.

La présence de sédiments en suspension dans la colonne d'eau peut endommager les branchies des poissons, réduire la pénétration de lumière et, par conséquent, limiter l'apport alimentaire des poissons qui se nourrissent à vue. Normalement, les poissons désertent les secteurs où la concentration de sédiments en suspension dépasse environ 80 mg/L. Des études en laboratoire ont montré que certaines espèces ne peuvent survivre dans des secteurs confinés où cette concentration est maintenue au-dessus de 80 mg/L (18). Les règlements existant limitent en général cette concentration à des taux variant entre 50 à 80 mg/L (19), mais souvent rien n'indique s'il s'agit d'un dépassement de la concentration naturelle, ou encore s'il s'agit de la concentration totale. On sait que le saumon de l'Atlantique peut nager sans problème dans des estuaires, comme celui de la rivière Petitcodiac, où la concentration naturelle de sédiments en suspension est de l'ordre de 50 000 mg/L pendant certaines portions de chaque cycle de marée. Il serait bon de procéder à des expériences dans cette région, à l'aide de poissons encagés, pour mieux définir les concentrations et les durées maximums que peut supporter une espèce donnée, à un stade précis de son cycle évolutif.

Apport de fines particules dans le fond graveleux

Dans la gestion de l'habitat du poisson, un des principaux problèmes consiste à limiter la quantité de sable et de limon pénétrant dans le gravier des zones où les poissons construisent leurs nids de fraie. L'apport de particules fines peut restreindre la circulation de l'eau autour des oeufs et empêcher les alevins d'émerger du nid de fraie.

Des recherches ont indiqué que les saumons fraient dans les endroits du fond graveleux où la conductivité hydraulique est relativement élevée (20). Si des particules fines colmatent le gravier, ces secteurs perdront leurs qualités d'habitat productif.

Selon des expériences en laboratoire, le taux de survie peut chuter à seulement 50 % si, dans le type de lit graveleux où sont construits les nids de fraie, on introduit des particules de 1 à 3 mm qui viennent constituer 30 % de la masse initiale du gravier (21). Des chercheurs de l'université du Nouveau-Brunswick tentent actuellement de déterminer en vertu de quel mécanisme des particules peuvent colmater ces lits graveleux.

Dans certains cas, le chenal reçoit tellement de sédiments que les lits de gravier productifs sont complètement recouverts (22). Normalement, la surface de ces lits est "nettoyée" durant les périodes de crue, mais l'introduction de particules fines dans et sous la couche supérieure de gravier peut nuire à long terme aux ressources halieutiques.

Température de l'eau

Les poissons peuvent s'acclimater à des variations saisonnières normales de la température de l'eau. En période d'étiage, la température de l'eau dépend de la contribution relative de l'écoulement souterrain et de l'ombrage fourni par la végétation riveraine.

Les eaux souterraines, véhiculées par des effluents, se déversent dans le lit du cours d'eau dans des secteurs humides. Les eaux souterraines conservent une température essentiellement constante durant toute l'année. Souvent, leur température est supérieure d'environ 2°C à la température annuelle moyenne (23), mais cela dépend de la nature du régime d'écoulement et de la profondeur.

Les zones où les eaux souterraines se déversent dans le cours d'eau constituent des endroits chauds en hiver, et frais en été. Un changement du régime d'écoulement des eaux souterraines (quoique cela soit difficile à réaliser) pourrait modifier l'habitat d'eau douce.

La formation de réservoirs peu profonds fait monter sensiblement la température de l'eau. D'après une étude récemment effectuée par Thompson (24) sur de petits réservoirs de retenue dans l'Île-du-Prince-Édouard, la température au point de sortie de l'eau peut être plus élevée de 13°C qu'au point d'entrée.

L'enlèvement de la végétation riveraine, le long d'un cours d'eau, non seulement augmente les possibilités d'érosion riveraine et amenuise le couvert pour le poisson, mais également réduit l'ombrage et par conséquent fait monter la température de l'eau en été (25).

ÉVALUATION QUANTITATIVE DE LA SUPERFICIE UTILISABLE DANS UN LIT FLUVIAL COMME HABITAT DU POISSON

En 1980, Karr et Dudley (26) ont indiqué que la productivité d'une pêcherie, dans un cours d'eau, était déterminée par quatre grands facteurs: régime d'écoulement; habitat physique (configuration du chenal, distribution du substrat de végétation riveraine); qualité de l'eau; énergie (apport du bassin versant: sédiments, matières organiques et éléments nutritifs).

A Fort Collins au Colorado, le **Cooperative Instream Flow Service Group** a mis au point, pour définir la superficie utilisable, une méthode reposant sur quatre paramètres: vitesse moyenne, profondeur, dimension caractéristique du substrat, température (27). Pour chaque étape du cycle évolutif de chaque espèce désirable, on établit une relation caractéristique indiquant la conformité relative de chacun de ces quatre paramètres (28). La figure 5 présente des courbes typiques pour un stade précis (adulte) d'une espèce donnée (truite brune). Pour évaluer la superficie utilisable, on divise le bief à l'étude en petits tronçons transversaux et longitudinaux. En recourant à des critères similaires à ceux de la figure 5, on détermine une superficie utilisable pondérée, pour chaque débit retenu.

Dans de telles études, il est important de pouvoir estimer les conditions qui prévaudraient dans une année "humide" (il peut s'y produire un réajustement du chenal), dans une année moyenne (qui servira à déterminer la "capacité de charge" idéale du cours d'eau), et pour une année sèche (conditions minimales de survie) (26). En outre, il faut évaluer à quel point la construction de diverses structures modifierait le régime d'écoulement, et utiliser ces données pour déterminer le changement qui en résulterait dans la superficie utilisable pondérée du bief.

Ces méthodes, encore imparfaites, sont fastidieuses. Cependant, il est fort probable que les techniques du genre de celle décrite ci-dessus serviront davantage,

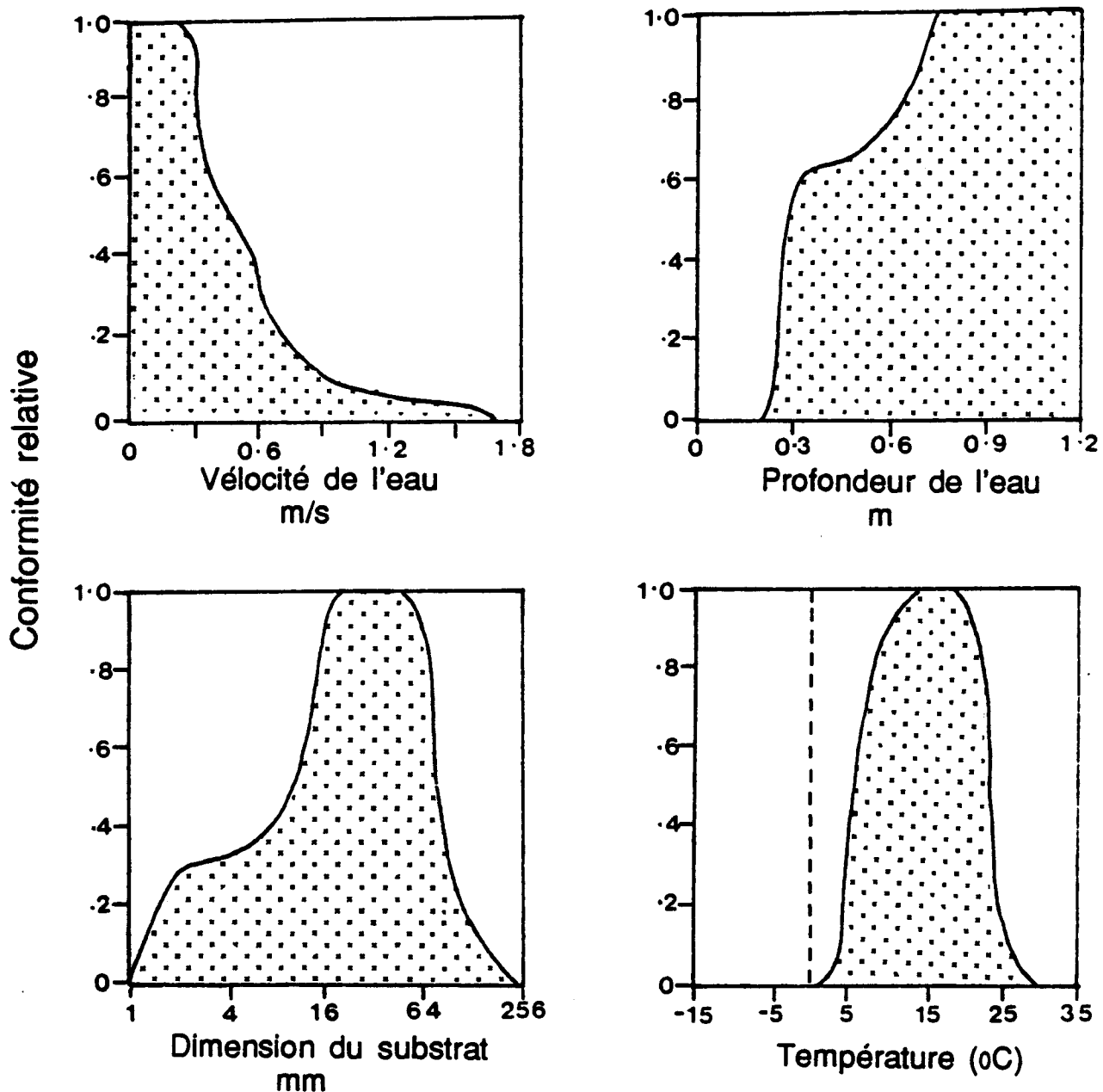


Figure 5. Critères typiques pour l'évaluation de l'habitat d'un stade précis (adulte) du cycle évolutif d'une espèce particulière (truite brune). (D'après Bovee, 1982)

à l'avenir, pour évaluer l'impact de projets d'aménagement sur les éléments physiques de l'habitat du poisson (29).

SOMMAIRE

Quand on souhaite définir l'habitat utilisable par le poisson à un stade particulier du cycle évolutif d'une espèce déterminée, dans un bief bien délimité, l'environnement physique constitue un facteur primordial

Il faut connaître l'ordre des apports d'eau et de sédiments provenant du bassin en amont du bief, ou bien extrapoler ces renseignements à partir des bassins adjacents. Le rôle des matériaux benthiques (substrat), la succession fosses-rapides et la présence de végétation riveraine sont tous des facteurs qu'il faut également considérer.

Si l'on prévoit apporter des changements dans l'une ou l'autre partie du bassin de drainage, il est important d'évaluer le type et l'étendue probables des modifications physiques qui se produiront dans le bief à l'étude. Souvent, il suffira de faire une simple estimation de tendances, en recourant à la relation de Lane.

En considérant à l'avance les répercussions que peut avoir une intervention humaine dans l'environnement physique d'un cours d'eau, on peut atténuer ou même totalement prévenir bon nombre de ces effets.

A mesure que l'on consacrera davantage de temps et d'efforts à l'évaluation de l'environnement physique des cours d'eau, on adoptera des méthodes quantitatives permettant d'évaluer la superficie du lit utilisable pour une étape déterminée du cycle évolutif d'une espèce de poisson en particulier. De telles méthodes pourront probablement être également appliquées aux environnements chimique et biologique.

En unissant le savoir-faire et l'expérience des biologistes, des ingénieurs et des gestionnaires, nous serons en meilleure position pour réaliser l'objectif consistant à obtenir "un gain net d'habitat pour les ressources halieutiques canadiennes" (30).

RÉFÉRENCES

- (1) NEILL, C.R. and V.J. GALAY. 1967. Systematic evaluation of river regime. *Journal of the Waterways and Harbors Division, ASCE* 93(WWI):25-53.

- (2) KELLERHALS, R., M. CHURCH and D.I. BRAY. 1976. Classification and analysis of river processes. *Journal of the Hydraulics Division, ASCE* 102(HY7):813-829.
- (3) CHURCH, M. and D. JONES. 1982. Channel bars in gravel-bed rivers. In Hey, R.D., J.C. Bathurst and C.R. Thorne (eds.). *Gravel-bed rivers*. John Wiley, Chichester, U.K., pp. 291-324.
- (4) BESCHTA, R.L. and W.S. PLATTS. 1986. Morphological features of small streams: Significance and function. *Water Resources Bulletin, AWRA* 22(3):369-379.
- (5) BRAY, D.I. 1987. A study of channel changes in a reach of the North Nashwaaksis Stream, New Brunswick, Canada. *Earth Surface Processes and Landforms* 12:151-165.
- (6) LACEY, G. 1933-34. Uniform flow in alluvial rivers and canals. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, Vol. 237.
- (7) BLENCH, T. 1969. *Mobile-bed fluviology*. University of Alberta Press, Edmonton, Alberta, 221 p.
- (8) VANONI, V.A. (ed.). 1975. *Sedimentation engineering*. American Society of Civil Engineers, New York, New York, 745 p.
- (9) LANE, E.W. 1955. The importance of fluvial morphology in hydraulic engineering. *Proceedings of the American Society of Civil Engineers* 81(745):1017.
- (10) SCHUMM, S.A. 1977. *The fluvial system*. John Wiley, New York, New York, 338 p.
- (11) THOMAS, W.A. 1977. Mathematical modeling of scour and deposition. *Journal of the Hydraulics Division, ASCE* 103(HY8):851-863.
- (12) KRISHNAPPAN, B.G. 1981. Unsteady, non-uniform, mobile boundary flow model – MOBED. Hydraulics Division, National Water Research Institute, Canada Centre for Inland Waters, Burlington, Ontario, 107 p.
- (13) CHANG, H.H. 1984. Modeling of river channel changes. *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE* 110(2):157-172.

- (14) BRAY, D.I. 1982. Regime equations for gravel-bed rivers. *In* Hey, R.D., J.C. Bathurst and C.R. Thorne (eds.). **Gravel-bed rivers**. John Wiley, Chichester, U.K., pp. 517-542.
- (15) MAHMOOD, K. 1973. Fish facilities at river development projects. *In* Shen, H.W. (ed.) **Environmental Impact on Rivers**. H.W. Shen, Fort Collins, Colorado, pp. 18-1 to 18-54.
- (16) KELLERHALS, R., M. MILES and G.C. SEAGEL. 1985. River channel encroachments by highways and railways. Vol. 1B, Proceedings of the 7th Canadian Hydrotechnical Conference, Saskatoon, Sask, CSCE, May 27-31, 1985, 1985, pp. 77-96.
- (17) BRAY, D.I. and R. KELLERHALS. 1979. Some Canadian examples of the response of rivers to man-made changes. *In* Rhodes, D.D. and G.P. Williams (eds.). **Adjustments of the fluvial system**. Kendall/Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa, pp. 351-372.
- (18) HYNES, H.B.N. 1973. The effects of sediment on the biota in running water. *In* "Fluvial Processes and Sedimentation" Proceedings of the Hydrology Symposium, Subcommittee on Hydrology, National Research Council, Canada, Ottawa, pp. 653-663.
- (19) WASHBURN AND GILLIS ASSOCIATES LIMITED. 1986. Proceedings of Freshwater Sediment Issues Workshop, June 26, 1986, Charlottetown, P.E.I. Report IWD-AR-WRB-86-113 prepared for Water Resources Branch, Environment Canada, Dartmouth, Nova Scotia, 57 p.
- (20) PETERSON, R.H. 1978. Physical characteristics of Atlantic Salmon spawning gravel in some New Brunswick streams. Fisheries and Marine Service, Technical Report No. 785, Biological Station, St. Andrews, New Brunswick, 28 p.
- (21) PHILLIPS, R.W. 1970. Effects of sediment on the gravel environment and fish production. *In* Krygier, J.T. and J.D. Hall (eds.). Proceedings of a Symposium on Forest Land Uses and Stream Environment. Oregon State University, Corvallis, Oregon, pp. 64-74.
- (22) MORANTZ, D. and B. SABEAN. 1982. Trout, salmon and silt. Conservation, N.S. Department of Lands and Forests, Truro, Nova Scotia 6(1):5-8.
- (23) FREEZE, R.A. and J.A. CHERRY. 1979. **Groundwater**. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 604 p.
- (24) THOMPSON, B.F. 1988. Effects of P.E.I. waterfowl impoundments on temperature in a trout habitat. BScE. Senior Report, Department of Civil Engineering, University of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick, 121 p.
- (25) BROWN, G.W. and J.T. KRYGIER. 1970. Effects of clear-cutting on stream temperature. *Water Resources Research* 6(4):1133-1139.
- (26) STALKER, C.B. 1980. The use of habitat structure preference for establishing flow regimes necessary for maintenance of fish habitat. *In* Ward, J.V. and J.A. Stanford (eds.). **The ecology of regulated streams**. Plenum Publishing, New York, N.Y., pp. 321-337.
- (27) MILHOUS, R.T. 1984. Hydraulic simulation in the physical habitat simulation system. Proceedings of the Fourth Annual American Geophysical Union Front Range Branch, Fort Collins, Colorado, April 24-26, 1984, pp. 99-118.
- (28) BOVEE, K.D. 1982. A guide to stream habitat analysis using the Instream Flow Incremental Methodology. Instream Flow Information Paper 12, U.S. Fish and Wildlife Service, Instream Flow Group, FWS/OBS - 82/26. Fort Collins, Colorado, 248 p.
- (29) ESTES, C.C. and J.F. ORSBORN. 1986. Review and analysis of methods for quantifying Instream flow requirements. *Water Resources Bulletin*, AWRA, 22(3):389-398.
- (30) FISHERIES AND OCEANS, 1986. Policy for the management of fish habitat. Fish Habitat Management Branch, Fisheries and Oceans Canada, Ottawa, Ontario, 20 p.



Les liens entre la végétation terrestre et l'habitat du poisson

Robert J. Rutherford

RÉSUMÉ

La végétation terrestre constitue une caractéristique dominante du paysage néo-écossais et joue donc un rôle important dans l'écologie et la morphologie des cours d'eau baignant la province. L'auteur divise en deux catégories les liens unissant la végétation et l'habitat du poisson: 1) les liens indirects (cycle hydrologique, cycle de l'énergie, apports en nutriments); 2) les liens directs (stabilisation des rives, ombrage, gros débris organiques, couvert, etc.). L'auteur aborde également le fondement théorique et l'utilité d'une désignation de zones riveraines ou de ceintures de verdure, à l'égard de divers modes d'utilisation des terres.

INTRODUCTION

Pour simplifier les choses ou pour répondre aux besoins d'information d'un groupe d'intérêt en particulier, on subdivise souvent l'étude de l'écologie en petites tranches commodées. En conséquence, les gens ont tendance à penser que les forêts, les lacs, les cours d'eau, les estuaires, les océans, les champs agricoles et les secteurs urbains possèdent chacun leur propre écosystème distinct, dont on ignore largement les interactions mutuelles. Par exemple, la coupe de bois dans un écosystème forestier peut entraîner un accroissement du ruissellement maximum, une hausse de la température de l'eau et un amincissement de la couverture morte, ce qui constitue des conséquences négligeables pour qui souhaite constituer un nouveau peuplement forestier, mais très importantes du point de vue de l'environnement aquatique. Dans le domaine de la gestion des ressources, qui englobe tous les modes d'utilisation du sol, cette attitude a déteint sur les buts et les objectifs visés. Il en résulte que certaines ressources sont gérées en fonction d'une production optimale au moindre coût, sans grand souci des pertes subies par les autres habitats. Inévitablement, cette situation a suscité des conflits entre les divers secteurs et groupes d'intérêt concernés.

On pourrait interpréter à tort la Politique de gestion de l'habitat, telle qu'elle est présentée à ce séminaire, comme perpétuant cette approche à courte vue. A vrai dire, on ne pourrait être plus loin de la vérité.

L'étude des écosystèmes aquatiques nous apprend que leur état de santé est fortement tributaire de la qualité de l'air et de l'état des écosystèmes terrestres. En fait, il n'existe entre eux aucune distinction; tous les écosystèmes sont indissolublement reliés par les processus physiques et biologiques. Qui plus est, les environnements aquatiques reflètent le stade de développement et la condition du bassin versant, des cours d'eau de drainage et du bassin atmosphérique. Pour réellement comprendre ce qui se passe, il faut se hisser au niveau du biome ou de la planète tout entière.

LE BASSIN VERSANT

D'un point de vue pratique, il est impossible de gérer la planète comme un seul ensemble écologique. C'est pourquoi, en ce qui a trait à la superficie terrestre, on recourt au concept de la gestion des bassins versants. En termes simples, on entend par bassins versants les étendues terrestres (avec le bassin atmosphérique qui les recouvre) délimitées par les eaux drainant dans un même cours d'eau. Dans les bassins versants simples, le mouvement du ruissellement et des eaux souterraines démarque le même territoire, ce qui nous suffit aux fins de la présente discussion. On peut considérer que la majorité des processus et des cycles naturels se déroulent entièrement dans un même bassin versant, mais il ne faut pas oublier qu'il se produit des échanges importants entre les bassins versants, principalement par l'action des systèmes météorologiques.

En ce qui concerne les bassins versants du Canada atlantique, leur caractéristique la plus commune et la plus évidente est la végétation terrestre. Celle-ci n'est

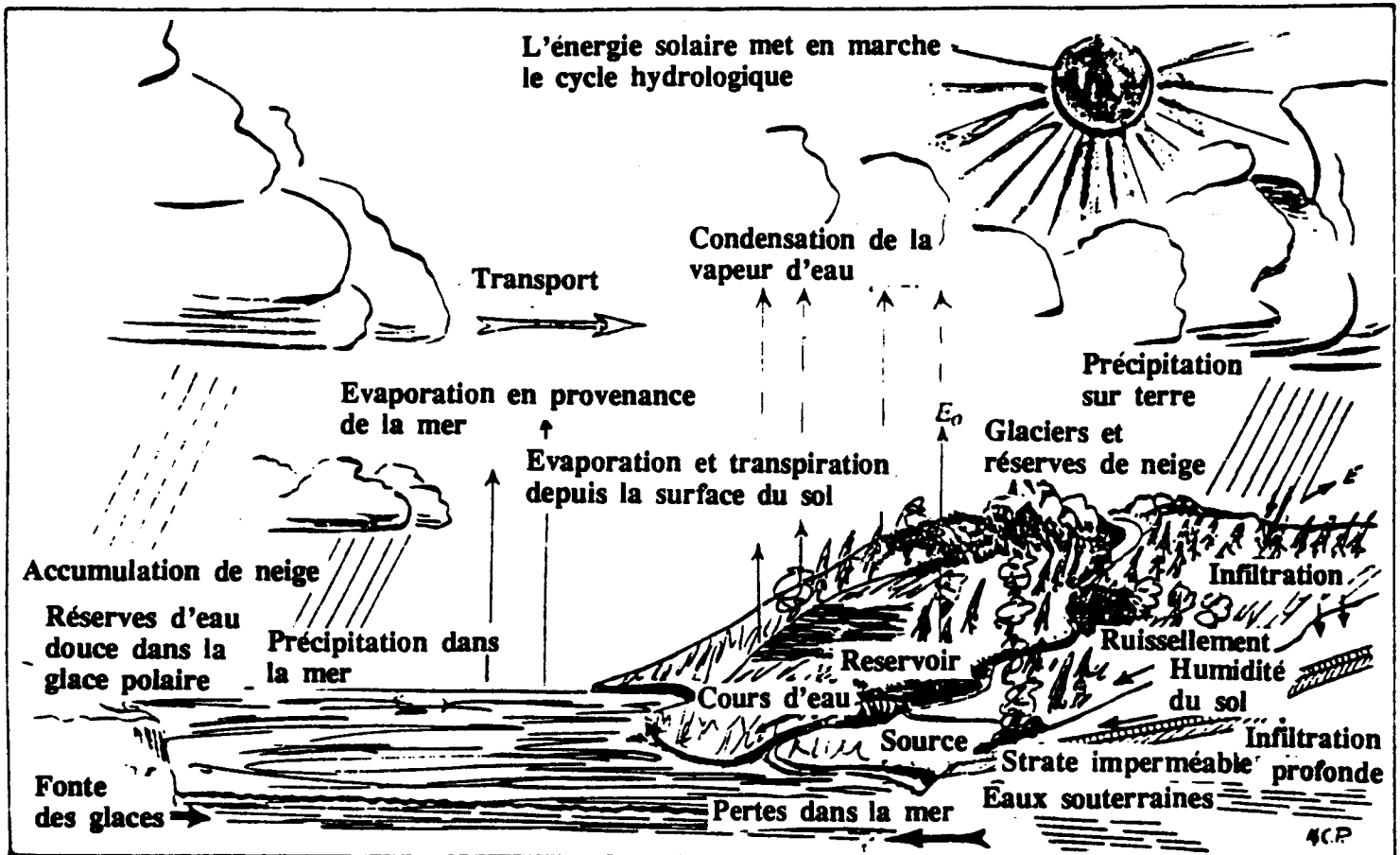


Figure 1. Le cycle hydrologique.

pas simplement le produit du monde physique; elle subit l'action de tous les processus physiques et chimiques et exerce une influence considérable sur ces derniers.

LE CYCLE HYDROLOGIQUE

Les principales interactions sont évidemment celles liées au cycle hydrologique (figure 1) (1). Le lien entre les précipitations et l'environnement d'eau douce est évident, mais le rôle de la végétation terrestre peut ne pas le sembler.

Le cycle hydrologique est activé par l'énergie du soleil. En fait, ce cycle est le plus gros consommateur de l'énergie solaire qui atteint la surface de la terre, puisqu'il faut beaucoup d'énergie pour évaporer l'eau et l'élever dans l'atmosphère. Cette énergie retourne sous forme de chaleur (quand l'eau se condense) et de friction (avec l'air et avec les surfaces que l'eau heurte et sur lesquelles elle ruisselle en se dirigeant vers la mer). L'inégalité de réchauffement de la surface terrestre par le soleil cause un mouvement de l'eau dans l'atmosphère: les systèmes météorologiques. Ce phénomène a pour effet de nettoyer l'atmosphère, puisque l'eau des précipitations

se condense habituellement autour des particules de poussière et dissout les gaz atmosphériques. Dans un bassin versant non perturbé, les précipitations tombent soit sur la végétation, soit dans un cours d'eau, et contribuent de façon significative à la composition chimique de l'un et l'autre. Quand des précipitations se produisent au-dessus du sol, quatre choses peuvent se passer:

- 1) une partie de l'eau s'évapore à nouveau dans l'atmosphère;
- 2) une partie de l'eau tombe sur la végétation, mouille la surface des feuilles et des branches et s'évapore;
- 3) une partie de l'eau tombe successivement de couche en couche de la végétation, et atteint le sol;
- 4) le reste tombe directement sur le sol.

La première possibilité se produit dans tous les cas, et la deuxième varie quant à la quantité d'eau retournant dans l'atmosphère, ceci dépendant surtout de la surface offerte par la végétation. Un pâturage herbeux

présente une plus petite surface qu'un peuplement forestier multicouches; en conséquence, lors d'une averse une moindre quantité d'eau atteindra le sol situé sous le couvert forestier. Dans la troisième possibilité, l'eau finira par toucher le sol après avoir franchi une à une les couches du couvert végétal, ce qui freine le rythme auquel l'eau atteint le sol et réduit l'impact des gouttes de pluie. Encore une fois, plus il y a de couches, plus ce phénomène est prononcé. Le reste de l'eau frappera le sol directement.

Toute goutte de pluie tombant plus de sept mètres (21 pi) a atteint sa vitesse terminale d'environ 7 m/s (25 pi/sec). Si l'on suppose un orage produisant 2.54 cm (1 po) de pluie, alors 103 000 kg (226 400 lb) (2) d'eau seront tombés sur chaque acre de terre. Là où la végétation est dense, l'impact sera absorbé par les feuilles, les branches ou les débris organiques couvrant le sol. En fait, le sol des forêts adultes est couvert d'un paillis protecteur. Les sols non protégés par de la végétation subissent le plein impact des précipitations.

Le dégât causé par les gouttes de pluie qui tombent sur le sol à haute vitesse représente la première étape du processus d'érosion. On peut comparer les gouttes de pluie à des bombes miniatures qui désagrègent et réduisent en fines particules les granules de sol et les mottes de terre, ce qui a pour effet de réduire l'infiltration. Une goutte de pluie qui tombe sur un sol humide forme un cratère, compacte la terre immédiatement sous le centre du point d'impact et projette des particules tout autour de ce point, jusqu'à ce qu'elle rencontre suffisamment de résistance pour être déviée vers le haut. Quant aux gouttes de pluie tombant sur un sol recouvert d'une pellicule d'eau, elles fouettent le sol avec une force telle que la pellicule d'eau devient fort vaseuse. Quand cette eau vaseuse s'infiltré dans le sol, la couche supérieure du sol agit comme un filtre et retient les fines particules de terre; combiné à l'action de compactage et d'envasement, ce phénomène produit une couche de sol dont le taux d'infiltration est beaucoup plus faible.

Quand les précipitations sont supérieures au taux d'infiltration, l'eau remplit les dépressions de la surface du sol et déborde pour former un ruissellement. Pendant l'averse, des millions de gouttes de pluie viennent frapper l'eau de ruissellement, ce qui désagrège en morceaux toujours plus fins les particules de sol transportées par le ruissellement et contribue à les maintenir en suspension. Ainsi, une mince couche d'eau directement frappée par la pluie transportera une charge de limon beaucoup plus grande.

C'est ce qu'on appelle souvent l'érosion en nappe. Ce phénomène balaie du sol les particules légères, les matières organiques et les nutriments solubles, et nuit donc considérablement à la fertilité du sol. La végétation protège de plusieurs façons le sol contre l'érosion en nappe:

- 1) elle absorbe l'impact des gouttes de pluie, ce qui empêche le compactage ou le déplacement des particules de sol;
- 2) elle empêche les gouttes de pluie de tomber directement sur les sols humides ou recouverts d'une mince pellicule d'eau, ce qui prévient le désagrégement et le déplacement des particules;
- 3) elle accroît les taux d'infiltration grâce à la plus grande capacité de fixation des matières organiques et à la présence des canaux racinaires, elle favorise les processus qui produisent des agrégats et des mottes de terre, et elle améliore l'habitat pour les microbes et les animaux fouisseurs (vers, lapins, etc.).

La présence d'une végétation dense et étagée accroît également l'infiltration en empêchant (grâce au ralentissement de la percolation et à la capacité de fixation des matières organiques) que le taux d'infiltration ne soit excédé.

L'eau qui s'accumule finit par descendre la pente du sol. La surface du sol est presque toujours irrégulière, et toute surface de quelques pieds carrés représente habituellement une copie miniature des réseaux de drainage d'un grand bassin versant. Chaque petite portion du ruissellement suit le chemin de la plus faible résistance et gagne en vitesse à mesure qu'augmentent la profondeur de l'eau et la déclivité. Le pouvoir érosif de l'eau du ruissellement dépend de sa vitesse, de sa turbulence ainsi que de la quantité et du type de matériaux abrasifs qu'elle transporte. La végétation a déjà contribué à atténuer le ruissellement et les matériaux abrasifs; maintenant, la présence de racines, de tiges, de troncs et de débris organiques a pour effet de retenir le sol, de réduire les vitesses par la création de mares et de stopper la canalisation du ruissellement sur le sol érodable. Les eaux de ruissellement sont ralenties en arrivant dans des chenaux superficiels ou quasi-superficiels stables. En l'absence de végétation, les particules de sol sont emportées par l'action combinée de la solifluxion, de la saltation et du transport en suspension, ce qui cause une érosion en rigoles par suite de la formation de petites rigoles ramifiées. On appelle

ravelines les canaux plus profonds creusés par une érosion plus poussée.

La sédimentation est l'aboutissement de l'érosion. Avec le ralentissement du ruissellement, les particules de plus grosse taille se déposent d'abord. Les débris ainsi déposés peuvent endommager diverses ressources de bien des façons: suffocation des racines de peuplements forestiers, recouvrement des champs et des pâturages par des matériaux grossiers, pollution des ressources aquatiques et des habitats du poisson.

Tous les types de végétation ne freinent pas aussi efficacement l'érosion. Les forêts en croissance rapide et au stade adulte sont les plus efficaces (en raison de la présence d'une épaisse couverture morte), suivies de près par les herbes denses. L'effet protecteur du couvert végétal s'atténue progressivement à mesure qu'il diminue en densité et qu'on passe aux cultures en rang et aux jachères ou aux sols nus. On peut mieux contrer l'érosion en ensemençant d'herbes les sols nus, lesquels atteignent habituellement le stade de pâturage ensencé (voir fig. 2) après quatre saisons de croissance complètes sans perturbation majeure.

En s'infiltrant dans le sol, l'eau change de composition chimique. L'interaction de l'eau avec les écosystèmes complexes du sol modifie souvent le pH et la teneur en nutriments dissous, en minéraux et en composés organiques. Les racines des plantes absorbent une bonne partie de cette eau, les nutriments sont utilisés et l'eau est rediffusée dans l'atmosphère par un processus appelé transpiration. Quant à l'eau qui reste, elle s'écoule vers l'aval pour refaire surface sous forme d'humidité du sol ou, plus important, sous forme de sources venant alimenter les cours d'eau. Les sources jouent un rôle important dans l'écologie fluviale car elles apportent des nutriments, elles contribuent à régler la température de l'eau, elles constituent des lieux de frai pour les truites et elles assurent un débit de base (émergence lente et continue de l'eau du bassin versant). La proportion du débit d'un cours d'eau qui provient des eaux souterraines varie grandement selon la géologie des lieux, la profondeur du sol et sa perméabilité, mais dans bon nombre de nos bassins versants c'est le mode d'utilisation des terres qui devient rapidement le facteur déterminant.

LE CYCLE DE L'ÉNERGIE

L'énergie solaire est aussi à la source d'un autre processus essentiel à toute vie: la **photosynthèse**, phénomène en vertu duquel l'énergie solaire sert à convertir en sucre le dioxyde de carbone et l'eau. Dans la quasi-totalité des cas, ce phénomène se

déroule en présence de chlorophylle, le pigment des plantes vertes. C'est là une description extrêmement simplifiée d'un processus extrêmement complexe que l'on peut appeler, en termes d'écologie, la productivité primaire. Les algues, les mousses, les plantes flottantes et les plantes enracinées qui bordent les lacs et les zones humides produisent la majorité des matières organiques qui alimentent la chaîne trophique aquatique partout où il y a suffisamment de lumière solaire directe et de nutriments pour favoriser une bonne croissance des plantes. Cependant, il existe une autre importante source de matière végétale pour la chaîne trophique aquatique: la végétation terrestre. Dans une étude effectuée sur le ruisseau Bear, en Nouvelle-Angleterre, on a constaté qu'à peine 1 % des matières organiques du ruisseau provenaient de plantes situées en amont (3). Le reste provenait de sources terrestres: 44 % de la couverture morte et des précipitations non interceptées de la forêt adjacente, l'autre 55 % étant apporté par l'écoulement superficiel et souterrain. La plus grande partie (66 %) de ces matières était emportée par les eaux plus loin vers l'aval, tandis que l'autre 34 % était consommée dans le bief étudié. De toute évidence, les terres adjacentes fournissent un apport de matières organiques qui est essentiel à la productivité de ces petits cours d'eau, qui, toutes proportions gardées, sont beaucoup plus productifs que les grandes étendues d'eau douce.

La présence d'une végétation terrestre bien développée limite très efficacement le lessivage des nutriments, ce qui favorise considérablement la croissance de la végétation aquatique. Toute perturbation de la végétation nuit à la bonne marche de ce cycle (par exemple, à la suite d'une coupe à blanc ou d'un défrichage) et augmente l'apport de nutriments dans l'environnement aquatique.

LA ZONE RIVERAINE

L'influence de la végétation va en croissant à mesure que l'on s'approche du cours d'eau. Ailleurs dans le bassin versant, on peut généralement atténuer, au point de les rendre tolérables, les effets négatifs d'une élimination de la végétation. Il existe ici une exception: la perte de la capacité d'infiltration, qui réduit le volume du ruissellement et l'alimentation des nappes souterraines. La végétation bordant les cours d'eau exerce également certaines influences directes sur l'environnement aquatique.

Nous savons tous que la température est plus fraîche à l'ombre qu'au soleil, parce qu'on est alors à l'abri des rayons directs du soleil. En fait, la végétation modère et ralentit les écarts de température subis par ce qui se trouve sous elle: elle le garde au frais durant

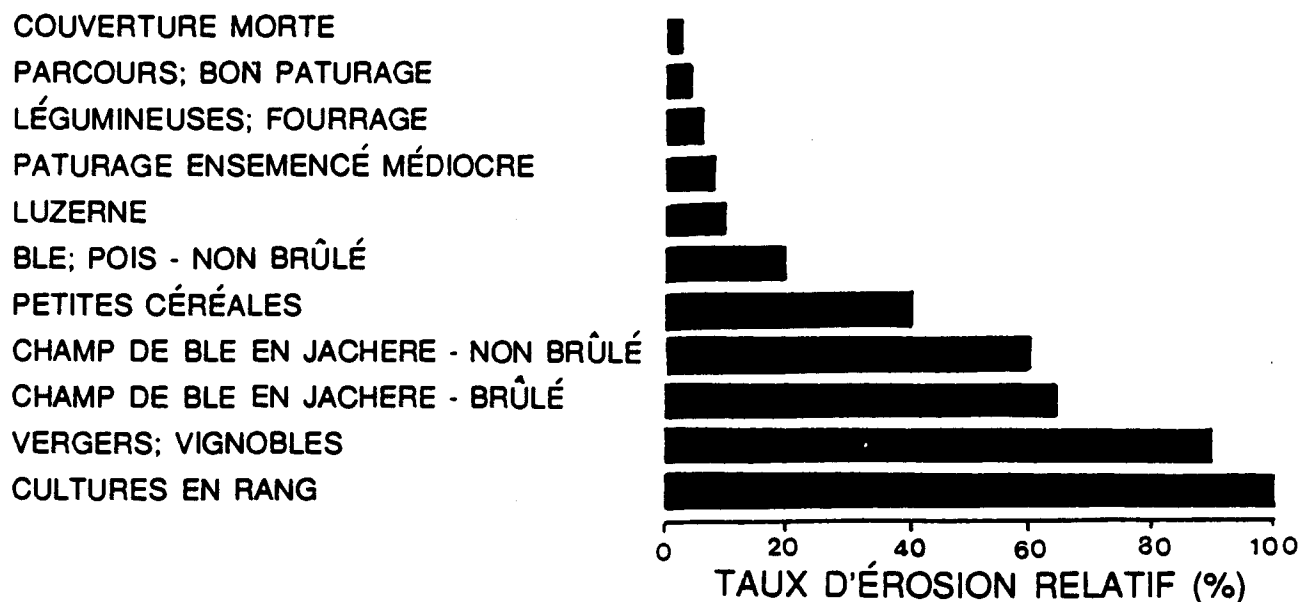


Figure 2. Taux d'érosion relatifs avec divers types de végétation riveraine.

la journée et le tient au chaud durant la nuit. Ce phénomène a un effet crucial pour les cours d'eau et il tient l'eau à des températures optimales pour la croissance des salmonidés, ce qui s'avère particulièrement important en période de chaleur et d'étiage. En hiver, ce même effet modérateur réduit les possibilités de gel du lit fluvial et, par conséquent, d'altération des sites d'hivernage et d'incubation.

L'apport en nutriments organiques provient en grande partie des environs immédiats du cours d'eau. Dans l'étude précitée concernant le ruisseau Bear, 44 % des matières organiques introduites dans le cours d'eau provenaient des précipitations non interceptées et de la couverture morte (brindilles, feuilles et aiguilles). Le reste est surtout apporté par le ruissellement, qui transporte des matières du tapis forestier et des substances organiques dissoutes provenant de la zone riveraine.

Les plantes riveraines constituent des habitats pour les insectes, lesquels tombent dans l'eau et représentent la principale source de nourriture pour les poissons durant certaines périodes de l'année.

Les arbres, les broussailles et les herbes bordant les cours d'eau fixent le sol par leurs racines et, grâce à leurs feuilles et à leurs branches, réduisent la vitesse de l'écoulement sur les sols minéraux. Cela permet de freiner l'érosion et de réduire l'envasement du cours d'eau tout en assurant la formation de rives stables, lesquelles favorisent des conditions d'écoulement bénéfiques pour la création d'habitats. La présence d'une végétation de grande taille et bien enracinée assurera une masse stabilisée de racines à la surface du sol, permettant aux eaux d'affouiller quelque peu

les rives, lesquelles, avec la végétation en surplomb bordant l'eau, fournissent ainsi un excellent couvert pour les poissons. Quand les rives se sont effondrées ou que le cours d'eau est devenu excessivement large, on peut planter une végétation appropriée qui permettra de redonner aux berges une hauteur adéquate (en capturant les matériaux transportés par le cours d'eau) et, partant, de rétablir une largeur adéquate. Une fois que des rives stables se sont constituées jusqu'à la limite du périmètre d'inondation, le cours d'eau finit par avoir une largeur suffisante pour accommoder les crues bisannuelles. Ainsi, en conditions d'écoulement maximum on obtiendra des vitesses qui façonneront les formes benthiques (fosses, rapides, lit) nécessaires à la constitution d'excellents habitats. On constate donc que la végétation riveraine agit de concert avec l'écoulement de l'eau pour créer des habitats. Dans les Maritimes, la majorité des cours d'eau ont un substrat adéquatement proportionné (gravier, galets et roche) pour constituer des formes benthiques stables sous tous les débits supportés par le chenal (sauf durant les crues exceptionnelles). Il existe toutefois des exceptions car le fond de certains cours d'eau est constitué de matériaux trop petits pour former des formes stables compte tenu des gradients locaux; il en résulte des chenaux excessivement larges, au lit non accidenté. Là aussi, la végétation terrestre joue un rôle. Dans des conditions naturelles, les forêts-climax qui bordent le cours d'eau assurent un apport lent mais continu de gros débris organiques (chablis, branches). L'écoulement de l'eau incruste ces matériaux dans le fond du cours d'eau, lequel prend la forme d'un escalier à mesure que l'écoulement creuse des fosses et empile contre ces débris le gravier ainsi charrié, formant de ce fait des aires de frai et de

croissance. La présence de gros débris organiques est importante également dans les autres cours d'eau, pour fournir un couvert en surplomb aux poissons et leur permettre de s'abriter contre les écoulements rapides. En raison des méthodes d'exploitation forestière antérieurement employées, les cours d'eau sont maintenant bordés de peuplements plus jeunes et plus uniformément âgés; en outre, les arbres adultes étaient récoltés avant qu'ils ne tombent d'eux-mêmes. Cette situation, combinée aux opérations d'assainissement par lesquelles on a retiré des eaux ces gros débris, a entraîné la détérioration de certains habitats fluviaux.

En hiver, un chenal stable et également ombragé sur toute sa longueur aidera à ce que les glaces fondent lentement et uniformément, réduisant ainsi la probabilité d'embâcles et d'inondations.

Dans une plaine inondable, la présence de végétation bien établie prévient l'érosion du sol saturé, très fragile. En outre, si la végétation est constituée de broussailles ou d'arbres, elle diminuera la vitesse des eaux de crue et, de ce fait, réduira leur potentiel érosif tout en causant le dépôt des matériaux transportés par les eaux. Les débris charriés par le cours d'eau seront éliminés avant de pouvoir endommager les champs ou les points de traversée.

LA GESTION DES SECTEURS RIVERAINS

On identifie les zones riveraines par la présence de végétation exigeant des eaux libres ou non endiguées, ou des conditions d'humidité plus élevées que la normale. Étant donné que l'eau est essentielle à toute vie, la grande accessibilité de l'eau dans ces zones se traduit par une vie végétale plus diversifiée et par la création d'habitats essentiels pour la faune aquatique et terrestre.

S'il existe des liens aussi étroits entre la végétation riveraine et les habitats aquatiques et terrestres, alors comment faire pour optimiser la production de toutes les ressources qui utilisent ces zones? De nombreuses solutions ont été expérimentées à ce jour, notamment:

- désignation de zones d'exclusion de 30 à 45 m le long des cours d'eau, pour y permettre la croissance naturelle de la végétation forestière;
- désignation de zones d'exclusion d'une largeur variable, selon la déclivité de la rive;

- utilisation d'une formule pour calculer la largeur d'une telle zone, en fonction de divers facteurs (taux de succès des pêcheurs à la ligne, beauté du paysage, largeur du cours d'eau);
- coupe sélective sur une largeur de 75 m: récolte d'au plus 40 % du recouvrement basal dans les 50 m extérieurs, et aucune coupe dans les 25 m bordant immédiatement le cours d'eau;
- obligation de demander un permis (en précisant la quantité et la méthode employée) pour modifier la végétation à moins de 30 m d'un cours d'eau;
- désignation d'une zone de 20 m le long de tous les cours d'eau sur les cartes de base des ressources forestières, et désignation d'une zone de 10 m le long des autres cours d'eau;
- enfin, un projet très prometteur consiste à élaborer des lignes directrices sur l'utilisation des terres en se basant sur des mesures de la vulnérabilité du terrain aux perturbations environnementales.

Tout en contribuant, chacune à leur façon, à la protection de l'habitat, ces suggestions ne sont pas parfaites. À l'heure actuelle, on a clairement besoin d'une politique et d'une réglementation réalistes sur la gestion des zones riveraines, en vue de protéger adéquatement et d'améliorer la qualité de l'eau, les habitats aquatiques et terrestres et les valeurs récréatives de la Nouvelle-Écosse. Actuellement, il appartient aux propriétaires fonciers, aux promoteurs, aux planificateurs et aux entrepreneurs de décider comment protéger le plus efficacement ces ressources sans contrevenir à la législation halieutique ou environnementale.

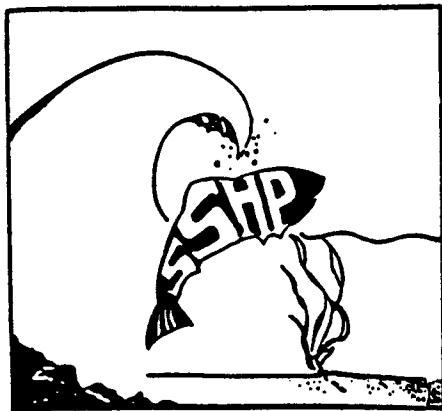
Le ministère que je représente a pour politique de vous aider à prendre ces décisions en procédant à une planification intégrée des ressources, et ce par région, par secteur ou par bassin versant.

En résumé, il faut toujours tenir compte des liens unissant l'habitat du poisson et la végétation terrestre quand on entreprend des activités près des cours d'eau. La végétation terrestre exerce les influences suivantes:

- 1) elle fournit de l'ombrage qui règle la température de l'eau;
- 2) elle stabilise les rives, ce qui réduit l'érosion, ou même elle favorise la formation de berges qui, avec l'écoulement des eaux, contribuent à la création d'habitats pour le poisson;
- 3) elle constitue une source importante de productivité primaire qui enrichit la chaîne alimentaire;
- 4) elle stabilise les plaines inondables et les sols dans l'ensemble du bassin versant, ce qui freine l'érosion;
- 5) elle régularise le ruissellement dans le bassin versant, et ainsi réduit les débits de pointe et ralentit la fonte des neiges;
- 6) elle influence favorablement la composition chimique des eaux;
- 7) elle favorise une diversification de la faune et de la flore, un facteur important de stabilité écologique.

REFERENCES

- (1) SATTERLUND, D.R. 1972. **Wildland Watershed Management**. Roland Press Co., New York.
- (2) PEREIRA, H.C. **Land Use and Water Resources**. Cambridge University Press.
- (3) LIKENS, G.E. 1985. **An Ecosystem Approach to Aquatic Ecology: Mirror Lake and Its Environment**. Springer-Valag, New York.



Effets de l'envasement sur le poisson et son habitat

David L. Morantz

RÉSUMÉ

L'envasement constitue le plus commun et, dans l'ensemble, le plus destructeur des facteurs de pollution aquatique dans les cours d'eau de la Nouvelle-Écosse. L'activité humaine, notamment l'urbanisation, l'exploitation des ressources forestières et minières, la construction de routes et l'agriculture, entraîne souvent une érosion et, subséquemment, un envasement fluvial beaucoup plus sévère que ce qui se produirait en conditions naturelles. La truite et le saumon sont des espèces d'eau froide qui ont absolument besoin, pour la fraie, l'incubation des oeufs et la croissance des juvéniles, d'eaux propres et bien oxygénées ainsi que d'un substrat graveleux non envasé. Au stade adulte, ces espèces peuvent tolérer pour de courtes périodes un envasement relativement élevé, mais cette tolérance est très limitée dans le cas des oeufs, des larves et des juvéniles. Le limon, qu'il se dépose ou demeure en suspension, a des effets négatifs directs et indirects sur le poisson et les autres organismes aquatiques: réduction de la production primaire; baisse de la production d'insectes aquatiques ou prolifération d'espèces indésirables; occlusion et irritation des branchies; suffocation des oeufs et des larves des poissons et des invertébrés; ensevelissement des alevins; disparition d'habitats au substrat graveleux; modification du comportement des poissons (qui désertent les habitats envasés); diminution du taux de succès prédateur en raison de la baisse de visibilité; hausse de la vulnérabilité aux maladies, aux prédateurs et à la désoxygénation. Dans les cours d'eau de la Nouvelle-Écosse, l'envasement dû à la construction de chemins forestiers peut continuer d'avoir des effets négatifs sur les populations de salmonidés pendant au moins les dix années suivant les travaux de construction. Des études ont montré qu'un simple alluvionnement modéré faisait mourir jusqu'à 85 % des oeufs de salmonidés.

L'élaboration de lignes directrices sur les méthodes de construction à privilégier permettrait d'éviter que la plupart des activités entreprises dans un cours d'eau ou sur la rive ne causent un envasement. L'auteur donne quelques exemples de méthodes d'atténuation des effets négatifs.

INTRODUCTION

On trouve des sédiments dans la totalité des ruisseaux, des cours d'eau et des lacs. Il s'agit de matériaux particuliers inorganiques, provenant de la dégradation des roches ou des sols d'un bassin versant, ou de l'érosion, par l'écoulement, des berges non protégées ou des plaines inondables. En petites quantités, les sédiments sont inoffensifs pour les organismes aquatiques; en fortes concentrations, ils représentent un grave polluant qui menace la productivité des environnements d'eau douce.

De nombreux d'utilisation des terres, en exposant les sols à l'action des précipitations, du ruissellement et du vent, ont pour conséquence d'exacerber l'érosion et la sédimentation fluviale qui s'ensuit. Ce processus, souvent lent et relativement imperceptible, est donc insidieux. En fait, la sédimentation dans nos cours d'eau se produit depuis si longtemps que l'on considère souvent tout à fait normal que leurs eaux semblent brunes et turbides quand il pleut. Cependant, l'accélération du processus d'érosion et d'envasement cause souvent des dommages étendus et permanents aux populations de poissons⁽¹⁾.

Les sédiments sont composés de particules d'argile (moins de 0,004 mm), de limon (de 0,004 à 0,06 mm) et de sable (0,06 à 2,0 mm)⁽²⁾. Ces trois types de particules peuvent être transportés en suspension par l'écoulement des eaux, ou encore ils peuvent se déposer (à des rythmes variables) dans le lit du cours d'eau quand diminue la vitesse du courant. Quand le limon (le mot "limon" sert souvent à décrire toutes les matières inorganiques de faible dimension) se dépose sur un substrat de gravier, il remplit les espaces interstitiels et, en quantités importantes, il recouvre complètement le fond.

L'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) et le saumon de l'Atlantique (*Salmo salar*) sont deux espèces qui, à l'étape de leur cycle évolutif où elles

vivent en eau douce, sont très sensibles aux effets directs et indirects du limon. Même si l'on peut attribuer à plusieurs causes le déclin constant de ces espèces en Nouvelle-Ecosse, il semble que l'envasement constitue un important facteur, si l'on considère les effets décrits dans le présent rapport et vu l'envasement généralisé des cours d'eau de la province ⁽³⁾. Etant donné que le saumon et l'omble de fontaine sont deux espèces sportives fort prisées ayant une importance esthétique, sociale et économique, nous nous en sommes servis comme indicateurs des effets d'un envasement excessif.

Cycle évolutif et besoins en habitat d'eau douce

A l'automne, les femelles adultes des deux espèces creusent à même le fond graveleux, généralement dans la section médiane ou supérieure du bassin versant, des dépressions ou **nids de fraie** où elles déposent leurs œufs. Ces œufs se développent au cours de l'hiver et du printemps, enfouis dans le substrat, où l'écoulement de l'eau au travers du gravier assure un apport continu et essentiel d'oxygène. Les alevins qui éclosent vers la fin du printemps demeurent sous le couvert protecteur du gravier, n'en émergeant que lorsque leurs sacs vitellins ont été complètement absorbés. A mesure qu'ils croissent et qu'ils nagent mieux, ces poissons prédateurs commencent à se nourrir activement d'invertébrés aquatiques et d'insectes terrestres tombés dans le cours d'eau. Les saumons juvéniles, que l'on appelle maintenant **tacons**, continuent d'avoir besoin d'un substrat composé de gravier et de galets, dans les rapides et les ruisseaux, pour se protéger contre les prédateurs et les courants excessifs, pour s'y abriter en hiver et aussi parce qu'ils y trouvent habituellement en abondance les invertébrés aquatiques dont ils sont friands ⁽⁴⁾. Les ombles de fontaine juvéniles choisissent également des habitats similaires, quoiqu'ils préfèrent des tronçons plus tranquilles, avoisinant des fosses.

Après deux années (normalement) en eau douce, les juvéniles (maintenant baptisés **saumoneaux**) prennent une couleur argentée et descendent vers la mer, où il grandiront rapidement grâce à l'abondance de nourriture. On peut diviser en deux catégories les ombles de fontaine: celles qui demeurent en permanence en eau douce et celles qui passent leur vie adulte en eau salée. Le cycle s'achève quand les adultes remontent les cours d'eau à la recherche d'un habitat de fraie.

EFFETS DES SÉDIMENTS

En eau douce, le saumon et l'omble de fontaine ont absolument besoin d'une eau claire et bien oxygénée et d'un substrat graveleux qui soit propre et stable.

L'envasement de cet habitat nuit directement et indirectement aux poissons eux-mêmes et à la productivité du cours d'eau.

Effets directs sur les poissons

De fortes concentrations de sédiments en suspension peuvent être directement mortelles pour le poisson, en endommageant leurs branchies ^(5, 6). Quand le poisson respire, les particules de limon ont un effet abrasif sur les tissus délicats de ses branchies, accélérant la production d'un mucus protecteur. Si les fortes concentrations de sédiments perdurent pendant une longue période, le mucus devient si surchargé de particules que les branchies ne peuvent plus remplir leur office, ce qui cause la suffocation du poisson ⁽⁵⁾.

Les études existantes se contredisent sur la létalité des sédiments en suspension pour le poisson ⁽¹⁾. Dans une expérience avec 16 espèces vivant en eau chaude, Wallen⁽⁷⁾ n'a pu détecter aucun effet comportemental avant que les concentrations dépassent les 20 000 mg L⁻¹. En outre, aucune mortalité n'était observée avant que les concentrations n'atteignent 175 000 mg L⁻¹. D'un autre côté, Phillips⁽⁸⁾ signale une forte mortalité chez des alevins de truite arc-en-ciel exposés à des concentrations de limon d'à peine 1 000 à 2 000 mg L⁻¹. Pareillement, Herbett et Merkens⁽⁹⁾ ont constaté qu'une exposition de dix jours à des concentrations de 270 à 810 mg L⁻¹ était mortelle pour la truite arc-en-ciel. Il semble donc qu'il existe une grande variation dans la tolérance du poisson aux sédiments en suspension. Les espèces d'eau chaude vivent habituellement dans des eaux naturellement très envasées, et sont donc adaptées à de telles conditions. Quant aux espèces d'eau froide, comme le saumon et la truite, elles fréquentent généralement des eaux peu turbides et sont vulnérables à la présence de fortes concentrations de limon, particulièrement si cette condition persiste durant plusieurs journées.

On constate également que, dans une même espèce, les juvéniles sont plus vulnérables que les individus plus âgés, comme en témoigne le cycle évolutif du saumon de l'Atlantique dans la région de la baie de Fundy: les adultes nagent sans problème dans les eaux fortement envasées de la baie durant leur migration de frai, tandis que de telles conditions d'envasement seraient mortelles pour les saumons juvéniles.

Il est impossible de prédire quelle concentration de sédiments est mortelle pour le poisson, puisque cela dépend de plusieurs facteurs: espèce, âge, température, état de santé, durée de l'exposition et nature du sédiment. Les particules de forme angulaire sont plus abrasives pour les tissus branchiaux que les

particules plus lisses; elles sont donc mortelles à une moindre concentration. Cependant, il est probable que les concentrations de sédiments en suspension doivent excéder 200-300 mg l⁻¹ pendant plusieurs jours avant que ne s'ensuive une mortalité directe⁽⁶⁾.

Effets sur les oeufs et les alevins

Il existe une abondante documentation sur le potentiel destructeur des sédiments qui se déposent sur le lit du cours d'eau. Le limon qui colmate les espaces intersticiels du gravier, dans un lit de fraie, réduit le taux de remplacement de l'eau pauvre en oxygène du lit de gravier par l'eau bien oxygénée de la surface du cours d'eau⁽⁶⁾. Cet échange est essentiel à la survie des oeufs de saumon et de truite. La circulation de l'eau dans les interstices est également indispensable pour l'élimination des déchets métaboliques potentiellement toxiques, comme le dioxyde de carbone, qui s'accumulent hors des oeufs^(1, 9). L'envasement du lit de fraie empêche aussi les alevins d'émerger du gravier; normalement, ceux-ci n'ont aucune difficulté à s'extirper du gravier, mais quand les interstices sont remplis de fines particules, les mouvements des alevins sont gênés ou complètement bloqués. Il s'ensuit la mort par suffocation ou par inanition.

McNeil et Ahnell⁽⁹⁾ ont montré qu'une légère hausse dans la concentration de fines particules dans le gravier réduit considérablement la perméabilité du lit et le taux de survie des oeufs. Alors qu'une proportion de 5 % de limon et de sable dans le gravier n'a aucun effet apparent, une proportion de 10 % réduit de moitié le taux de survie des oeufs. De même, Shelton et Pollock⁽¹⁰⁾ ont constaté une mortalité de 85 % chez les oeufs de saumon quinnat quand de 15 à 30 % des interstices du lit graveleux étaient remplis de sédiments.

Dans les substrats graveleux contenant plus de 20 % de sable et de limon, on observe une diminution dans le rythme d'émergence et le taux de survie des alevins d'omble de fontaine⁽¹¹⁾. Un retard dans l'émergence peut nuire aux chances de survie ultérieure puisque les poissons sont affaiblis et, comme ils peuvent moins livrer concurrence aux autres organismes pour se nourrir, ils sont plus vulnérables aux maladies, aux prédateurs et à l'inanition. Dans une expérience faite sur des oeufs de truite arc-en-ciel et de saumon coho, on a observé qu'un fort envasement entraînait une réduction de 50 % du taux de survie jusqu'à l'émergence⁽¹²⁾. L'époque où se produit l'envasement a également une importance déterminante sur la survie des oeufs et des alevins. L'ajout de limon dans l'aire de fraye du saumon coho au cours des étapes initiales de l'incubation a fait beaucoup baisser le succès de l'alevinage, qui était d'à peine 1 %⁽¹²⁾.

L'ajout de limon après la fraye a également réduit la productivité, mais dans une moindre mesure.

Pour être productifs, les lits de fraye du saumon et de l'omble de fontaine ne devraient pas être envasés à plus de 5 %. Un endroit contenant plus de 30 % de limon est improductif⁽¹²⁾. Les effets causés par le limon alluvionné sont subtils; puisque les oeufs et les alevins représentent, dans le cycle évolutif du saumon et de la truite, des étapes qu'on ne peut facilement observer, il est difficile de détecter les pertes attribuables à l'envasement.

Effets sur la chaîne alimentaire

La présence de sédiments en suspension et alluvionnés a un impact indirect sur les spécimens individuels et les populations de truite et de saumon, en réduisant la productivité globale du cours d'eau. Les saumons et les truites juvéniles se nourrissent en grande partie de larves d'insectes aquatiques, dont un grand nombre ont besoin, pour s'alimenter, de plantes vertes. Dans les cours d'eau, ces plantes ou producteurs primaires sont représentées par les algues rattachées au substrat. Il est donc évident que l'altération de tout maillon de cette chaîne alimentaire peut causer un déclin des populations de poisson.

Dans les cours d'eau, la production primaire dépend de la pénétration de la lumière dans l'eau. Les sédiments en suspension diffusent et absorbent le rayonnement solaire, et constituent la plus importante cause de l'affaiblissement de la lumière dans la colonne d'eau⁽¹³⁾. La persistance, pendant plusieurs journées, de fortes concentrations de sédiments en suspension peut se traduire par une réduction marquée et même par une disparition des matières végétales^(5, 12). Ces effets sont par ailleurs exacerbés par les effets physiques directement exercés sur les algues par les sédiments en suspension et déposés. Les particules de limon qui sont transportées ou charriées par le cours d'eau broient et délogent les algues⁽¹²⁾.

L'envasement a également des effets indirects (réduction de la productivité primaire) et directs (étouffement, abrasion des organes respiratoires, encrassement de leurs organes de filtration et déplacement). Les saumons et les truites juvéniles préfèrent les larves d'insectes tels que les phryganes, les éphémères communes, les perles et les mouches noires, tous des invertébrés qui vivent dans les interstices du gravier et auxquels la circulation intersticielle de l'eau apporte oxygène et nourriture, en plus d'éliminer les déchets organiques. L'envasement du gravier réduit ou empêche la circulation intersticielle de l'eau. Plusieurs espèces d'insectes vivent dans des endroits exposés

sur la surface supérieure des roches. Les grosses particules de limon peuvent déloger ces animaux et les faire dériver vers l'aval, où ils peuvent être consommés en grand nombre par les prédateurs.

Dans certains cas, les populations d'invertébrés ont décliné de 70 % par suite d'un envasement⁽¹⁴⁾. Le recouvrement d'un lit graveleux et propre par une couche de sédiments peut avoir pour effet que la population d'invertébrés y sera surtout constituée de chironomidés et de tubificidés, qui ne peuvent remplacer les insectes d'eau propre dont se nourrissent les salmonidés. Dans la majorité des cas, les populations d'insectes se reconstituent plusieurs mois après l'élimination des sédiments accumulés. Cependant, une réduction prolongée de cette source de nourriture peut causer l'inanition et le déplacement des populations de poissons, de même que des effets indirects (maladie et prédation des poissons affaiblis).

Effets sur les habitats et les populations de salmonidés

Les substrats de gravier et de galets fortement envasés ne peuvent fournir un abri protecteur aux saumons et aux truites juvéniles. Faute d'abri, ces poissons sont facilement emportés par le courant vers l'aval, où, souvent, les prédateurs sont nombreux, les habitats inadéquats et la compétition très forte. Même les truites adultes peuvent se ressentir de la perturbation de leurs habitats de prédilection. Ces poissons aiment s'abriter sous les berges affouillées, particulièrement quand celles-ci donnent sur des fosses. Saunders et Smith⁽¹⁵⁾ ont constaté que, dans un cours d'eau de l'Île-du-Prince-Édouard, l'envasement de ces cavités faisait baisser considérablement les stocks de truites.

Les saumons et les truites se nourrissent à vue. Des eaux turbides réduisent radicalement la capacité des poissons à voir et, par conséquent, à capturer leur nourriture⁽⁶⁾. Ce fait sera corroboré par de nombreux pêcheurs à la ligne, qui ont beaucoup moins de succès dans des eaux envasées. Quand les concentrations de sédiments en suspension demeurent élevées pendant une période prolongée, les poissons sont beaucoup plus susceptibles d'inanition ou vulnérables aux maladies.

Les salmonidés évitent de frayer dans le gravier peu perméable^(16, 17), comme en témoignent Saunders et Smith⁽¹⁵⁾, qui ont constaté l'absence d'alevins dans une portion d'un cours d'eau de l'Île-du-Prince-Édouard qui constituait auparavant une frayère à truites. Cordone et Kelley font état de cas où les truites tentent de construire un nid de fraye mais cessent leurs efforts quand elles rencontrent du limon sous la surface du lit. Des aires de frai et de croissance du saumon et de la truite peuvent sembler

non envasées pour l'observateur non averti, alors qu'il existe une épaisse couche de sédiments juste sous la surface du gravier. Ce phénomène s'explique par le fait que le limon de surface est souvent balayé par de forts courants, alors que juste sous la couche superficielle de gravier l'eau n'a pas une vélocité suffisante pour emporter le limon déposé. C'est pourquoi un lit de gravier peut prendre une longue période, peut-être même des dizaines d'années, avant d'être débarrassé des sédiments qui s'y sont accumulés.

L'envasement peut avoir des effets négatifs à long terme sur les populations de saumon et de truite, comme en témoigne l'abondante documentation recensée par Cordone et Kelley⁽¹⁾. Il semble qu'en Amérique du Nord, de nombreux cours d'eau aient connu un déclin radical, ou même une disparition complète, de leurs populations de salmonidés en raison des effets combinés du limon en suspension ou sédimenté. Cordone et Kelley⁽¹⁾ attribuent à l'érosion et à l'envasement la disparition du saumon de l'Atlantique dans nombre de cours d'eau entourant le lac Ontario. En Nouvelle-Écosse, l'envasement attribuable à la construction de chemins forestiers fait décliner les stocks de saumons⁽¹⁸⁾ depuis au moins neuf ans. Étant donné la combinaison des effets dus à la surpêche, aux pluies acides et à la détérioration de la qualité de l'eau, il est difficile de déterminer la contribution exacte de l'érosion et de la sédimentation sur la baisse des populations de saumons de l'Atlantique et de truites en Nouvelle-Écosse, mais puisque l'érosion et l'envasement subséquent sont un phénomène commun à des activités aussi répandues que l'agriculture, la foresterie, la construction routière, l'urbanisation, l'aménagement de ports et de ponceaux et le redressement de chenaux, on peut conclure que dans l'ensemble l'envasement constitue probablement le plus destructeur des facteurs de pollution aquatique dans les cours d'eau de la Nouvelle-Écosse.

Prévention de l'érosion et de la sédimentation

Il existe une documentation facilement accessible sur les méthodes et techniques permettant de prévenir l'érosion et la sédimentation entraînées par la plupart des activités causant une perturbation du sol. Des organismes s'occupant de foresterie⁽¹⁹⁾ et d'agriculture^(20, 21) ont préparé des guides pour éliminer les pratiques néfastes aux ressources aquatiques et fauniques. En outre, le MPO a, de concert avec les ministères néo-écossais de l'Environnement et des Transports, mis au point des devis techniques visant à prévenir la sédimentation attribuable à diverses activités de construction⁽²²⁾.

L'érosion est une conséquence prévisible de la perturbation du sol. On peut habituellement la prévenir

en prévoyant des mesures de protection de l'environnement à l'étape de planification préliminaire aux travaux et en faisant preuve de gros bon sens. La mise en oeuvre de mesures anti-sédimentation se traduit généralement par des avantages économiques à long terme, puisqu'une telle action préventive réduit les besoins d'entretien et prolonge la vie utile des routes, des ponts et des ponceaux. Du point de vue de l'agriculture, la prévention de l'érosion est depuis longtemps considérée essentielle pour la préservation de la précieuse couche arable.

Les exemples suivants illustrent bien comment il est facile de prévenir et d'atténuer l'érosion et l'envasement:

- (1) Barrières de retenue des sédiments. En entourant de tissu filtrant les chantiers de construction, on peut empêcher les sédiments de s'écouler vers l'aval après des précipitations.
- (2) Fossés. Dans la mesure du possible, les fossés creusés en bordure des routes devraient être détournés à intervalles réguliers vers un secteur boisé, où les sédiments en suspension peuvent être filtrés par la végétation et la couverture morte.
- (3) Corniches. Le long des fossés escarpés, ces barrières (généralement faites de bois, de gravier ou de paille) freinent l'écoulement d'eau et causent la formation de mares où le limon se dépose.
- (4) Batardeaux. On aménage ces ouvrages provisoires durant l'installation de piliers ou de culées, pour séparer le chantier de construction du cours d'eau.
- (5) Stabilisation. Chaque fois que le sol a été perturbé, il est important de ne pas tarder à le recouvrir après la fin des travaux, avec tout matériau ou toute végétation permettant de protéger le sol contre l'érosion due à la précipitation ou au ruissellement. Habituellement, on recourt à l'ensemencement hydraulique pour restaurer rapidement la couverture végétale, afin d'améliorer les qualités écologiques et esthétiques des lieux.

SOMMAIRE

On constate de plus en plus que l'envasement constitue la principale cause de la baisse de productivité des populations de truite et de saumon⁽²³⁾. Ce phénomène touche toutes les composantes de la

chaîne trophique et, par conséquent, nuit à la fois directement et indirectement aux poissons et à leurs habitats. Les sédiments déposés ont de plus graves conséquences pour le saumon et la truite que les sédiments en suspension, puisque les poissons qui nagent librement sont relativement résistants aux épisodes périodiques d'envasement, tandis que les oeufs et les alevins ne peuvent éviter d'être ensevelis sous une couche épaisse de sédiments. Les dommages pour les populations de poissons et leurs habitats sont insidieux. L'envasement est un phénomène commun dans les petits cours d'eau situés en tête de bassin qui constituent, en fait, les secteurs productifs d'un réseau fluvial. La perte d'oeufs, d'alevins et de juvéniles passe généralement inaperçue, et les conséquences d'une telle disparition ne sont souvent détectées qu'après des années, quand les pêcheurs sportifs constatent une baisse de leurs prises.

On ignore la concentration limite de sédiments que peut supporter un cours d'eau. Puisque ce polluant s'accumule souvent dans le milieu aquatique, la productivité des poissons peut s'en trouver réduite même par l'ajout constant de faibles quantités. Il est habituellement possible de prévenir l'envasement, à peu de frais, en recourant aux connaissances et aux techniques à notre disposition. Le plus important, c'est d'adopter une philosophie tenant compte de toutes les ressources dans les activités d'aménagement du territoire, de développement et de construction. "L'homme doit démontrer, via-à-vis des générations futures, une responsabilité correspondant au pouvoir qu'il a acquis par sa machinerie lourde" ⁽¹⁾. En Nouvelle-Écosse, il est devenu apparent que seul un tel changement d'attitude permettra d'endiguer la disparition de l'habitat du saumon et de la truite.

REFERENCES

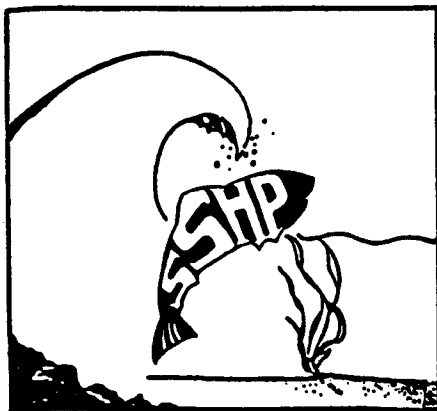
- (1) CORDONE, A.J. and D.W. KELLEY. 1961. The influences of inorganic sediment on the aquatic life of streams. *Cal. Fish and Game* 47:189-228.
- (2) DUNNE, T. and L.B. LEOPOLD. 1978. *Water in Environmental Planning*. W.H. Freeman and Co., San Francisco, 818 p.
- (3) SABEAN, B. 1978. *Sediment: A preliminary investigation of the problem in Nova Scotia streams*. Unpublished report, Nova Scotia Department of Lands and Forests, 12 p.
- (4) MORANTZ, D.L., R.K. SWEENEY, C.S. SHIRVELL and D.A. LONGARD. 1987. Selection of microhabitat in summer by juvenile Atlantic salmon (*Salmon salar*). *Can.*

- J. Fish. Aquat. Sci. 44(1):120-129.
- (5) LANGER, O.E. 1974. Effects of sedimentation on salmonid stream life. Unpublished report, Department of Fisheries and Oceans, Fisheries Operations, Pacific Region, 21 p.
 - (6) PHILLIPS, R.W. 1971. Effects of sediment on the gravel environment and fish production. pp. 64-74. *In* A symposium on forest land uses and stream environment. Oregon State University, 252 p.
 - (7) WALLEN, L.E. 1951. The direct effect of turbidity on fishes. Bull. Okla. Agri. and Mech. Col., Arts and Sci. Studies. Vol. 48, Biol. Ser. No. 2, 27 p.
 - (8) HERBERT, D.W.M. and J.C. MERKENS. 1961. The effect of suspended mineral solids on the survival of trout. Int. J. Air. Wat. Poll. 5:46-55.
 - (9) McNEIL, W.J. and W.H. AHNELL. 1964. Success of pink salmon spawning relative to size of spawning bed materials. U.S. Fish and Wildlife Service, Special Scientific Report, Fisheries No. 469, 15 p.
 - (10) SHELTON, J.M. and R.D. POLLOCK. 1966. Siltation and egg survival in incubation channels. Trans. Am. Fish. Soc. 95(2):183-187.
 - (11) HAUSLE, D.A. and D.W. COBLE. 1976. Influence of sand in redds on survival and emergence of brook trout (*Salvelinus fontinalis*). Trans. Am. Fish. Soc. 105(1):57-63.
 - (12) IWAMOTO, R.N., E.P. SALO, M.A. MEDEJ and R.L. McCOMAS. 1978. Sediment and water quality: A review of the literature including a suggested approach for water quality criteria with summary of workshop and conclusions and recommendations. U.S. Environmental Protection Agency, Report No. EPA 910/9-78-048, 253 p.
 - (13) CORFITZEN, W.E. 1939. A study of the effect of silt on absorbing light which promotes the growth of algae and moss in canals. U.S. Department of Interior, Bureau of Reclamation, 14 p.
 - (14) TEBO, L.B. JR. 1955. Effects of siltation, resulting from improper logging, on the bottom fauna of a small trout stream in the southern Appalachians. Prog. Fish. Sult. 17(2):64-70.
 - (15) SAUNDERS, J.W. and M.W. SMITH. 1965. Changes in a stream population of trout associated with increased silt. J. Fish. Res. Bd. Canada 22(2):395-404.
 - (16) STUART, T.A. 1953. Water currents through permeable gravels and their significance to spawning salmonids, etc. Nature 172(4374):407-408.
 - (17) STUART, T.A. 1954. Spawning sites of trout. Nature 173(4399):354.
 - (18) GRANT, J.W.A., J. ENGLERT and B. BIETZ. 1986. Application of a method for assessing the impact of watershed practices: Effects of logging on salmonid standing crops. N. Am.J. Fish. Man. 6:24-31.
 - (19) TALBOT, S.D. 1982. Forest access roads planning and construction manual. Nova Scotia Department of Lands and Forests, 110 p.
 - (20) GARTLEY, C., L. COCHRANE, R. DEHAAN and A. MADANI. 1986. Farm drainage in the Atlantic provinces. Atlantic Provinces Agricultural Services, ACAE Pub. No. 3, 18 p.
 - (21) ARSENAULT, J.L., D. HIMELMAN, H. KOLSTEE and J.-L. DAIGLE. 1982. Soil erosion. Atlantic Provinces Agricultural Services, ACAE Pub. No. 9, 10 p.
 - (22) Province of Nova Scotia environmental construction practice specifications. 1984. Pub. by Dept. of Fisheries and Oceans, N.S. Department of the Environment, and N.S. Department of Transportation, 40 p.
 - (23) SMITH, R.L. 1966. Ecology and Field Biology. Harper and Row, New York, 686 p.

QUESTIONS

Existe-t-il de la documentation concernant l'effet des sédiments en suspension sur les organismes filtreurs qui vivent en eau douce?

Morantz: Oui, on dispose de données relativement abondantes à ce sujet. Dans une étude, 70% des invertébrés – la majorité étant des filtreurs – sont morts après un épisode relativement sévère d'envasement.



L'eau, une molécule pleine de vie

J. Gordon Ogden III

RÉSUMÉ

Bien que 75 % de la surface de la Terre soit recouverte d'eau, l'eau douce en compose moins de 3 %, et moins de 0,5 % de cette eau douce est sous forme liquide et possiblement potable dans des lacs, des cours d'eau et des nappes souterraines accessibles. Le 0,035 % qui est présent sous forme de vapeur dans l'atmosphère est responsable de tous les échanges énergétiques que nous appelons le temps et, considéré à une plus grande échelle spatio-temporelle, le climat.

Vu ses propriétés physico-chimiques uniques et remarquables, l'eau est la plus active et la plus importante des substances biologiques et géochimiques connues. Le cycle hydrologique de précipitation et d'évaporation fait de l'eau notre ressource naturelle la plus renouvelable. Les utilisations urbaines et industrielles interfèrent souvent avec le cycle de l'eau, allant jusqu'à l'interrompre, et viennent modifier des paramètres de qualité aquatique d'une importance cruciale. Le déversement d'eaux usées domestiques ou industrielles riches en matières organiques peut dépasser la capacité d'oxygénation des eaux réceptrices, en raison de la solubilité limitée de l'oxygène dans l'eau (environ 10 parties par million) par rapport à l'air (20 % ou 200 000 parties par million). Cette différence de solubilité limite énormément le nombre et les types de microorganismes capables d'attaquer la quantité et la variété de substances dont nous voulons nous débarrasser en les rejetant à l'eau.

D'autres processus menacent la qualité de l'eau et l'habitat des poissons, par l'acidification et la perte d'alcalinité qui s'ensuit ainsi que par la mobilisation de métaux lourds potentiellement toxiques. Les activités de construction et de développement exposent souvent des minéraux possédant un fort pouvoir acidifiant. Les besoins mondiaux en énergie continuant de croître, le recours aux combustibles fossiles augmente la concentration atmosphérique d'oxydes, de soufre et d'azote, d'hydrocarbures aromatiques et d'autres substances volatiles. Même avec une limitation plus stricte des rejets, il est de plus en plus essentiel, étant donné l'inévitable contamination atmosphérique, de recourir sur place à des techniques de dépollution.

La croissance démographique et l'urbanisation, jointes à l'évolution des modes de vie, contribuent à accroître la charge de nutriments déversés dans les lacs, les cours d'eau et les eaux côtières.

Une solution non simple à bon nombre de problèmes relatifs à la qualité de l'eau et à l'habitat des poissons serait d'exiger que les municipalités et les industries installent leurs prises d'eau en aval de leurs décharges.

L'EAU, UNE MOLÉCULE PLEINE DE VIE

Il est difficile de traiter exhaustivement d'un sujet complexe dans un bref article. Si une trop grande simplification ne permet qu'effleurer la surface du sujet, par ailleurs toute tentative de traiter le sujet de façon trop savante risque d'endormir ou de rebuter l'auditoire.

Au risque de trop simplifier, je ferai d'abord un survol rapide de quatre paramètres essentiels de qualité de l'eau. Ces paramètres ont une incidence directe sur l'habitat du poisson et ils sont négativement modifiés ou manipulés par suite de décisions de gestion domestique, municipale ou industrielle. Voici ces quatre paramètres:

- (1) la concentration d'oxygène dissous
- (2) l'alcalinité
- (3) les éléments nutritifs
- (4) les substances toxiques.

Avant de m'attarder sur ces paramètres, j'aimerais rappeler quelques informations de base sur cette substance remarquable que j'appelle une "molécule pleine de vie".

Les propriétés chimiques et physiques de l'eau la rendent absolument unique. Quelle autre substance possède une densité moindre lorsqu'elle est solide que lorsqu'elle est liquide? Si, à l'instar de la plupart des autres substances chimiques, l'eau atteignait une

densité maximum à l'état solide, la glace s'enfoncerait et, en régions tempérées et arctiques, où les lacs sont recouverts d'une couche de glace pendant l'hiver, la biologie lacustre serait très différente – si même la vie était encore possible dans ces conditions.

L'eau se réchauffe et se refroidit plus lentement que la plupart des autres substances, ce qui comprend le terrain en bordure d'un lac ou d'un cours d'eau. Parmi les substances connues, c'est celle qui se rapproche le plus d'un solvant parfait. Bien que nous considérons le verre comme pratiquement insoluble, si nous voulons démontrer que le bore est un élément essentiel dans la nutrition des plantes (comme c'est le cas), nous ne pouvons pas faire nos expériences dans des contenants de verre borosilicaté, et nous ne vivrons jamais assez longtemps pour voir tout le bore du verre être lessivé.

Étant donné sa chaleur spécifique élevée et sa grande volatilité, l'eau est la ressource naturelle la plus "renouvelable" de la planète. Nous connaissons tous le cycle de base de l'eau, ou cycle hydrologique (voir la figure 1, page) : les précipitations tombent sous forme de pluie, de neige, de pluie verglaçante, de rosée, etc. et l'eau ruisselle sur les surfaces terrestres ou s'infiltre à travers le sol pour se rendre dans des lacs, des cours d'eau ou des puits, pour enfin passer dans des tuyaux et ressortir dans nos maisons sous la forme de "jus de robinet" clair (en général) et dûment approuvé par le ministère de la Santé publique. Après usage, le liquide évacué est sale, mais il est envoyé quelque part et quelque chose se produit, puis il revient un jour dans notre robinet sous une forme approuvée.

Pour chacune des propriétés cruciales dont je vous entretiendrai, nous verrons certaines des interactions qui leur donnent une importance dans l'acceptabilité d'un endroit comme habitat piscicole, puis nous discuterons de cas réels où de graves perturbations ont eu lieu.

1. CONCENTRATION D'OXYGÈNE DISSOUS

L'oxygène que nous respirons est dissous dans l'air à une concentration d'environ 20 % (ou 200 000 parties par million). Les poissons, par contre, tout comme la majorité des autres organismes aquatiques, vivent dans un milieu où la concentration dépasse rarement 10 ppm (parties par million = mg/L), et la solubilité de l'oxygène diminue quand la température de l'eau dépasse 14 °C. Même à 0 °C, les concentrations en oxygène ne dépassent pas 15 ppm. Cependant, dans une expérience intéressante, Martin Thomas, de la Station de St. Andrews, a constaté qu'à la base de chutes d'eau, l'eau était sursaturée d'oxygène

dissous, les concentrations atteignant de 30 à 50 ppm. Il semblerait que le saumon et d'autres poissons anadromes absorbent un surplus d'oxygène avant d'entreprendre une activité physique intense, un peu comme le font les joueurs de basketball et les nageurs.

Cette limite de la quantité d'oxygène dissous a un certain nombre de conséquences importantes sur le plan biologique. Non seulement il existe très peu d'organismes capables de survivre à la fois dans l'air et dans l'eau, mais par ailleurs, cet état de fait limite sévèrement l'abondance et la variété d'un groupe très important d'organismes, les décomposeurs.

Il existe un besoin biologique absolu d'oxygène, soit sous forme moléculaire (O_2), soit joint à d'autres molécules. Un nombre limité de microorganismes sont capables de métaboliser l'oxygène à partir de sulfates (SO_4), de nitrates (NO_3) ou même du bioxyde de carbone (CO_2). Les produits d'une métabolisation anaérobie comprennent le méthane (CH_4), qui est potentiellement explosif, le sulfure d'hydrogène (H_2S) avec son odeur d'oeufs pourris, et l'ammoniac (NH_3).

Ce sont les décomposeurs qui nettoient nos dégâts, et pour les aider nous installons – trop peu souvent – du matériel d'aération coûteux qui apporte un supplément d'oxygène, permettant de conserver le caractère aérobie du système. Malheureusement, les organismes qui réussissent le mieux à effectuer la décomposition sont les microorganismes du tapis forestier, tels les actinomycètes et les champignons. Il existe par ailleurs une multitude de bactéries capables de dégrader presque n'importe quelle molécule contenant du carbone, y compris le polyéthylène. Un peu partout dans le monde, des spécialistes en chimie des polymères continuent de tenter de mettre au point un revêtement qui résistera complètement aux microbes et aux rayons ultraviolets du soleil. Un arbre ou un animal mort dans la forêt est bientôt recyclé pour entrer dans la composition d'autres organismes vivants. Le fait que des arbres peuvent être préservés pendant des centaines et même des milliers d'années dans des environnements aquatiques indique bien les limites imposées par une faible oxygénation.

La pression métabolique exercée par les déchets sur l'environnement a traditionnellement été décrite par la DBO_5 , ou demande biochimique en oxygène pour cinq jours. Cette méthode, maintenant utilisée mondialement, a été établie vers la fin du XIX^e siècle par un ingénieur sanitaire britannique; elle était basée sur le fait qu'aucun cours d'eau de la Grande-Bretagne ne met plus de cinq jours pour atteindre la mer. La vie était plus simple à cette époque, tout comme les déchets dont il fallait se débarrasser.

La longueur des cours d'eau de la Grande-Bretagne est sans contredit un critère douteux pour évaluer l'impact des déchets domestiques, municipaux ou industriels à la fin du XXe siècle en Amérique du Nord, car on trouve dans les déchets d'aujourd'hui des substances contenant du carbone et d'autres matériaux qu'on ne pouvait même pas imaginer au siècle dernier.

Parmi les solutions de rechange, on utilise diverses réactions oxydatives pour mesurer la DCO, ou demande chimique en oxygène. Sans entrer dans les détails, ces réactions ont l'avantage de permettre une mesure relativement facile et rapide (elle se prend instantanément plutôt que sur cinq jours) et on peut facilement installer dans les cours d'eau des appareils de mesure automatisés. Cependant, leur inconvénient est qu'elles peuvent mesurer la demande à un point supérieur à la capacité de métabolisation des microorganismes. En d'autres termes, des substances peuvent être biologiquement inertes tout en conservant une DCO appréciable. Il serait plus approprié de mesurer l'indice de la demande en oxygène (IDO), qui peut être défini comme la quantité maximum de pression d'oxydation chimique, physique et biologique que peut accepter un déchet particulier avant d'être introduit dans un environnement donné.

Une telle mesure serait spécifique à la fois au lieu et au processus concerné. Malheureusement, très peu de recherches ont été effectuées dans ce domaine, et la mesure de l'IDO est une caractéristique qui brille par son absence dans les cahiers des charges des systèmes de traitement.

2. L'ALCALINITÉ

La plupart d'entre vous aurez probablement remarqué que je n'ai pas inclus le pH comme paramètre important. En tant que limnologue géochimiste en titre, je considère le pH comme un indicateur, mais un indicateur qui possède la stabilité d'un drapeau battant au vent. C'est toutefois une valeur rapide, pratique et généralement mal mesurée et mal comprise. Il faut se méfier de l'expressions "pH moyen". La moyenne arithmétique d'un logarithme est un non-sens total.

Le terme alcalinité lui-même est inadéquat, étant donné que nous mesurons conventionnellement celle-ci par titrage avec des solutions standard d'acide sulfurique à des degrés d'acidité variant de 3.7 à 5.2 pour décrire le système tampon carbonate-bicarbonate. La présence d'autres systèmes tampon, par exemple de matières organiques dissoutes (pour lesquelles la couleur de l'eau est un substitut), augmente le pouvoir tampon (la capacité d'une étendue d'eau de résister à des changements de pH

quand on y ajoute un acide ou une base). La présence de ces systèmes est reconnue partiellement dans "Gran titrations"; je reviendrai sur le sujet en une autre occasion.

Tout cela entraîne une généralisation massive selon laquelle "les pluies acides ne font que brûler, tandis que la perte d'alcalinité tue". C'est la perte d'alcalinité des cours d'eau, sur les côtes sud et est de la Nouvelle-Écosse, et l'acidification qui en découle. La figure 1 indique que les précipitations en Nouvelle-Écosse sont substantiellement moins acides que dans les zones continentales situées plus à l'ouest, grâce au pouvoir tampon des aérosols marins apportés par les systèmes de basse pression qui traversent le Golfe du Maine et la Baie de Fundy. Les données qui y sont présentées représentent les moyennes d'une série de cinq tempêtes ayant fait l'objet de mesures distinctes à des postes d'échantillonnage aux États-Unis et en Nouvelle-Écosse. Des valeurs élevées d'ions marins (en particulier sodium, magnésium et chlorure) dans les données pour la Nouvelle-Écosse reflètent la consommation de bicarbonate océanique et la réduction subséquente de la quantité d'ions d'hydrogène par rapport aux données pour le continent.

Les rochers résistants et insolubles du sud et de l'est de la Nouvelle-Écosse fournissent peu d'alcalinité naturelle aux réseaux d'eau douce.

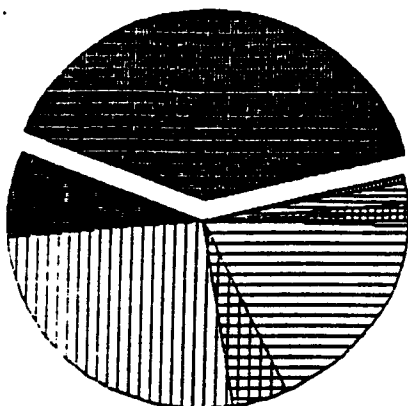
3. LES ÉLÉMENTS NUTRITIFS

Il est probablement banal d'observer que tout ce qu'on ajoute à un processus ou à un système l'enrichit, satisfaisant ainsi à une définition de l'eutrophisation. Tout agriculteur, ou même tout jardinier du dimanche sait qu'en ajoutant des éléments nutritifs (des engrais) au sol, on augmente la croissance et la production. Malheureusement, une hausse de productivité s'accompagne, en contrepartie, d'une hausse de la demande en oxygène.

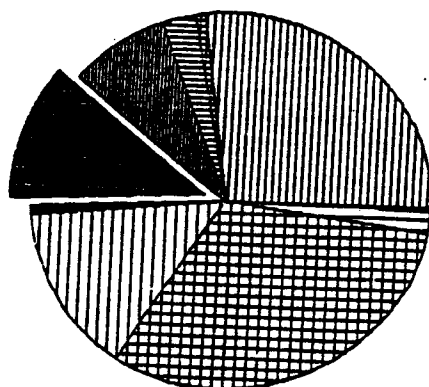
Tous les systèmes naturels ont besoin de ressources pour leur survie, leur croissance et leur reproduction. Toutefois, la productivité de ces systèmes est toujours limitée par une ressource critique particulière. Cette généralisation a été formalisée sous le nom de "loi des facteurs limitants", laquelle est universellement vraie, fréquemment mal comprise et généralement mal appliquée. Comme ce concept me semble revêtir une importance cruciale, j'en présente ici une définition pratique:

"Toute substance ajoutée à une réaction ou à un processus et qui en augmente la vitesse ou le produit ... est un facteur limitant."

ZONES CONTINENTALES



NOUVELLE-ÉCOSSE



-  Sodium
-  Potassium
-  Calcium
-  Magnésium
-  Hydrogène
-  Ammonium
-  Sulfate
-  Chlorure
-  Nitrate
-  Phosphate

Figure 1. Comparaison entre les propriétés chimiques de l'eau de pluie en Nouvelle-Écosse et la moyenne continentale.

La plupart des systèmes aquatiques d'eau douce sont limités par la quantité et la disponibilité du phosphore, rarement par celles de l'azote et presque jamais par celles du carbone. Les systèmes marins, par contre, sont en général limités par la disponibilité de l'azote, occasionnellement par celle du phosphore et presque jamais par celle du carbone.

Le tableau I compare le contenu en éléments nutritifs des eaux de l'océan, du lac Bluff (N.-É.), pauvre en nutriments (oligotrophe), de lac Cranberry (N.-É.), riche en nutriments (eutrophique), des eaux d'égout déversées dans le lac Cranberry et d'eaux usées domestiques ordinaires.

On peut remarquer que les eaux usées domestiques possèdent une concentration extrêmement élevée

d'azote ammoniacal, qui s'oxyde rapidement en nitrate-N (voir les données relatives au lac Cranberry). De même, les rapports N:P sont faibles (<4.0) dans les eaux d'égout, dans les lacs eutrophiques et dans l'eau de l'océan mais vont de 10 à >30 dans les lacs oligotrophes.

A mesure que des eaux usées sont déversées dans les systèmes naturels, les facteurs limitants changent radicalement. Les déchets riches en matières organiques provenant de sources domestiques ou municipales, ou encore d'usines de conditionnement de la nourriture ou de traitement des fibres, sont en général riches en carbone, tandis que les effluents industriels sont habituellement déficients en azote et/ou en potassium.

Tableau 1.
Composition ionique de l'eau de mer et de l'eau douce par rapport aux eaux d'égout

Substance	Égouts domestiques (moyenne)	Lac Cranberry (N.-É.)		Lac Bluff	Océan (moyenne)
		Exutoire d'eaux usées	Centre du lac		
Sodium	125	15.9	17.9	4.3	10543
Potassium	10	5	3.2	.33	380
Calcium	25	22	12.1	1.6	400
Magnésium	5	3.2	2.3	1.7	1272
Fer	5	.4	.04	.48	.05
Ammoniac-N	20	14.3	.33	.32	.03
Bicarbonate	200	132.6	96.4	3.8	140
Sulfate	50	46	20	4.1	2465
Chlorure	50	27.5	31.1	10	18980
Phosphate	5	8.2	.07	.03	.03
Nitrate-N	—	1.9	11.2	.026	.015
Nitrite-N	—	.24	.007	.003	.002
IDO	—	36.5	7.5	1.7	—
N:P	4	1.9	4.4	11	1.6

Dans les deux cas, toutefois, le facteur limitant devient généralement la capacité d'oxygénation des eaux réceptrices. Il faut se rappeler que lorsque la croissance et la productivité augmentent, la demande d'oxygène en fait autant. Un accroissement de la croissance des algues fournit, il est vrai, de l'oxygène supplémentaire par photosynthèse, mais seulement quand brille la lumière du jour et jusqu'à une profondeur déterminée par le degré d'ombrage et d'absorption de lumière. Dans tous les cas, durant la nuit et à cause de l'accroissement de l'activité zooplanctonique, il se produit une hausse du taux de consommation d'oxygène et la solubilité limitée de l'oxygène dans l'eau devient un facteur limitant.

Même une forte aération peut ne pas résoudre le problème car bon nombre des microorganismes les plus aptes à faire ce travail ne peuvent pas survivre dans un milieu aquatique.

Soit dit en passant, comme les marais salants sont au nombre des écosystèmes les plus productifs de la planète, il est tentant de les utiliser pour maximiser l'oxydation des déchets domestiques et industriels. Il faut toutefois se rappeler que ces systèmes atteignent ou approchent déjà leur capacité d'oxygénation

optimale, et qu'une gestion malavisée peut menacer aussi bien leur rôle comme zone d'alevinage pour les populations marines de poissons que leur apport dans le cycle géochimique de l'azote et du soufre. Il faut réexaminer attentivement le concept selon lequel les marais salants sont des "décharges sanitaires encore non découvertes".

4. LES SUBSTANCES TOXIQUES

Dès 1918, la Chemical Rubber Company publiait un "Handbook of Chemistry and Physics". Ce livre a depuis été réédité plus de 60 fois et est passé d'un volume détaillé format de poche à une volumineuse brique composée de nombreux volumes "résumant" l'état des connaissances.

De nombreux composés organiques et certains composés inorganiques ont une pression de vapeur suffisamment élevée pour être largement distribués dans l'atmosphère. Bon nombre de composés nouveaux sont par ailleurs produits par distillation fractionnée dans de grandes cheminées. L'eutrophisation croissante de l'atmosphère entraîne des réactions photochimiques qui constituent une toute nouvelle alchimie.

Face à une diversité chimique de plus en plus écrasante, quelques observations simplistes peuvent offrir des lignes de conduite, mais certainement pas des solutions:

- (a) en raison de l'acidification croissante de l'atmosphère, surtout à cause du recours aux combustibles fossiles; et

- (b) parce que des moyens techniques de plus en plus puissants exposent continuellement un soubassement jusqu'alors non exposé à la dégradation;

il s'ensuit qu'une menace de plus en plus grande pèse sur les ressources aquatiques, et par conséquent les habitats du poisson, puisque les cours d'eau et les lacs sont des décharges biogéochimiques, plutôt que des sources.



Les pluies acides et la reproduction du saumon de l'Atlantique: effets et atténuation

J.F. Uthe, H.C. Freeman, G.B. Sangalang, K. Haya et L.S. Sperry

RÉSUMÉ

Le ministère des Pêches et des Océans (MPO) a comme premier mandat de voir à la gestion, à la conservation, à la protection et à l'allocation des ressources halieutiques. La toxicologie s'intéresse aux effets des produits chimiques sur le biote aquatique, depuis les individus jusqu'aux écosystèmes complet en passant par les populations et les communautés. De 1979 à 1986, la Section de la toxicologie et des contaminants organiques, qui relève de la Division de la chimie marine, à St. Andrews (Nouveau-Brunswick), a établi divers paramètres biochimiques qu'elle a expérimentés comme indicateurs de l'état de santé de certains organismes aquatiques. Dans toutes les études concernant le saumon de l'Atlantique, on a observé, en réponse à des concentrations sublétales de produits chimiques, un accroissement de la gluconéogenèse et une baisse de l'apport alimentaire, se traduisant par une diminution de la croissance.

A la suite de recherches effectuées au Laboratoire de recherche halieutique de Halifax (Division de la chimie marine) sur des spécimens mâles de saumons de l'Atlantique (*Salmo salar*) en liberté venant frayer dans les rivières Westfield et Medway (Nouvelle-Ecosse), on a constaté que les saumons capturés dans la rivière Westfield, un cours d'eau acidifié, présentaient des concentrations faibles ou indétectables de testostérone et de il-kétotestostérone, les deux hormones nécessaires au développement testiculaire et à la maturation. Des études subséquentes, effectuées cette fois sur des spécimens mâles et femelles encagés, ont révélé chez les poissons de la rivière Westfield (pH de 4,8 à 5,1) une croissance moindre ainsi qu'une modification métabolique des hormones régulant la maturation sexuelle et le stress (corticotéroïde), en comparaison avec les individus encagés dans la rivière Medway, plus normale (pH de 5,3 à 6,0). Après la fraye, on a constaté une forte mortalité chez les poissons demeurant dans les eaux acides non traitées, alors que les spécimens moribonds transportés dans la rivière Medway ont survécu. Le chaulage des eaux de la rivière Westfield a entraîné un accroissement substantiel de la biomasse des poissons, celle-ci demeurant toutefois inférieure à celle des spécimens témoins; en outre, on a observé des anomalies au niveau de la période d'élaboration génitale.

Ces résultats indiquent que le seul fait de chauler les eaux pour en rétablir le pH à des niveaux apparemment acceptables ne suffit pas à maintenir à la normale la santé et la capacité de reproduction des saumons. Nous proposons comme hypothèse que les dépôts acides lessivent les matières toxiques contenues dans le sol du bassin versant, et que ces matières, une fois introduites dans les cours d'eau, continuent d'y exercer leurs effets toxiques même après qu'on a redonné aux eaux un pH normal par chaulage. Nous avons étudié ce problème en 1987 en ajoutant de l'EDTA disodique aux eaux de la rivière Westfield. On avait observé une hausse de la biomasse, mais ni les poissons ni les oeufs n'étaient normaux.

INTRODUCTION

Le principal objectif du ministère des Pêches et des Océans (MPO) est de gérer, de conserver, de protéger et de répartir les ressources halieutiques. La qualité de l'habitat (écosystème) aquatique détermine la productivité des espèces d'intérêt économique et autre ainsi que la valeur marchande des produits de la pêche. On peut exposer comme suit l'objectif général du Programme scientifique sur la toxicologie et les contaminants:

Lutter contre la contamination chimique des écosystèmes aquatiques afin de protéger, de rétablir et d'améliorer les pêches intérieures et maritimes, de même que les écosystèmes dont elles dépendent, et assurer la salubrité des produits de la pêche.

La toxicologie s'intéresse aux effets des produits chimiques sur le biote aquatique, depuis les individus jusqu'aux écosystèmes complets en passant par les populations et les communautés. A cette fin, on mesure l'éventuelle toxicité aiguë ou chronique de produits et de composés chimiques. On évalue également les effets sublétaux, qui peuvent servir à détecter une forte toxicité. En couplant ces effets à la structure chimique (chimiométrie), on peut prédire les effets d'un grand nombre de produits chimiques en testant des produits représentatifs de diverses catégories.

EFFETS SUBLETAUX BIOCHIMIQUES

Le stress (p. ex., contamination chimique) infligé au mécanisme par lequel un organisme se maintient en santé peut entraîner des changements dans les propriétés histologiques (structure des cellules et des tissus) et les processus comportementaux, physiologiques et biochimiques. Il est nécessaire de mettre au point une série de tests diagnostiques pour évaluer la santé des communautés et des populations aquatiques et donner l'alerte en cas de pollution imminente. A la suite d'une exposition à des produits chimiques, les animaux aquatiques présenteront des réactions biochimiques qui varient selon l'espèce en cause, selon l'organe ou le tissu étudié, ou encore selon nombre d'autres variables physiologiques normales (reproduction, température du milieu ambiant, etc.). D'autres facteurs de stress environnementaux (hypoxie, salinité, etc.) entrent également en jeu. Les recherches en cours visent à déterminer des données de base biochimiques et physiologiques, en vue de pouvoir distinguer les effets des facteurs de stress chimiques des effets causés par d'autres agents de stress. De 1979 à 1986, la Section de la toxicologie et des contaminants organiques, qui relève de la Division de la chimie marine, à St. Andrews (Nouveau-Brunswick), a établi divers paramètres biochimiques qu'elle a expérimentés comme indicateurs de l'état de santé de certains organismes aquatiques (tableau 1). Nous ne nous attarderons pas ici à chacun des tests. Comme l'indique le tableau, il n'y a pas un test unique qui soit applicable à la totalité des produits chimiques chez toutes les espèces et dans tous les cas, quoique le test "glucose et glycogène" (colonne d du tableau) soit d'une large applicabilité. Par exemple, dans toutes les études concernant le saumon de l'Atlantique on a observé, en réponse à des concentrations sublétales de produits chimiques, un accroissement de la **gluconéogenèse** (synthèse de la glucose, principal "aliment" contenu dans le sang pour le système nerveux) et une baisse de l'apport alimentaire, se traduisant par une diminution de la croissance. Autrement dit, le poisson présente des signes d'inanition malgré la présence de nourriture. On peut prédire que cette inanition se répercutera non seulement sur la survie à long terme de l'animal, mais également sur sa reproduction puisque les poissons ont besoin d'importantes réserves corporelles d'éléments nutritifs pour se reproduire; il faut également s'attendre à des effets sur la productivité des pêches comme telles car des poissons souffrant d'inanition ne fourniront pas des quantités habituelles de produits halieutiques (c.-à-d. des muscles ou de la chair).

EFFETS DES PLUIES ACIDES SUR LA REPRODUCTION DES SAUMONS

Le sud-ouest de la Nouvelle-Ecosse a toujours été une région fort productive en saumons. Les cours d'eau ont généralement des eaux brunes au faible **pouvoir-tampon** (capacité d'absorber l'acide). Cette région est un récepteur primaire des polluants atmosphériques rejetés par les centres industriels et les grandes agglomérations du nord-est de l'Amérique du Nord. On y dénombre treize cours d'eau "morts" (c'est-à-dire que le saumon n'y fraie plus), tandis que les stocks de saumon sont menacés dans beaucoup d'autres, dont les rivières Westfield et Medway. De ces deux rivières, les eaux de la Westfield (qui se déversent dans la rivière Medway) sont les plus contaminées.

Nous avons commencé en 1981 à étudier les saumons remontant ces deux rivières. On a alors constaté que, pour le saumon mâle, les concentrations sanguines d'hormones androgènes nécessaires à la reproduction étaient considérablement plus faibles (et même souvent indétectables) chez les spécimens de la rivière Westfield que chez ceux de la Medway. La rivière Westfield présente un pH qui est en moyenne d'une demi-unité inférieur à celui de la Medway, laquelle a un pH d'environ 5.5. En d'autres termes, les eaux de la Westfield sont approximativement trois fois plus acides que celles de la Medway.

En 1982, on entreprenait des études sur des poissons gardés en cage dans les deux rivières durant la période de maturation sexuelle, soit en général du milieu de l'été à la fin de l'automne. Chaque jour, les poissons recevaient la nourriture et les soins nécessaires. Les recherches portaient sur les points suivants:

- 1) Concentrations sanguines d'hormones sexuelles chez les mâles et les femelles en période de maturation.
- 2) Modification du poids, de la longueur et de l'indice de condition (rapport poids total/longueur) chez les spécimens des deux sexes.
- 3) Fécondité des femelles (rapport nombre d'œufs/longueur du spécimen).
- 4) Viabilité et éclosabilité dans l'écloserie, après fertilisation sur le terrain.
- 5) Production d'hormones stéroïdes dans les organes reproducteurs et la glande interrénale (équivalent de la glande surrénale chez le poisson).
- 6) Taux de survie des poissons dans des eaux acides après la fraye.

Tableau 1.

Potentiel des tests biochimiques expérimentés entre 1979 et 1986 comme indicateurs de la santé de la faune aquatique.

Projet	Animal	Produit chimique ¹	Tissu ²	Potentiel comme indicateur ³ Paramètre blochimique ⁴									
				a	b	c	d	e	f	g	h	i	
<i>Produits chimiques</i>													
Laboratoire Belledune	homard	Cd ⁺⁺	1,2,3	1	1								
	homard	Zn ⁺⁺	1,2,3	2	1								
	homard	Cu ⁺⁺	1,3	1	1				1				
	Neries	OC Pest	5		2	2	4	5					
	saumon	OC Pest	1,2	4	2	2	5	4					
	saumon	OC Pest	1,2,4	4	2	2	5	4				5	
	saumon	phénols	1,2	4	2	2	5	4					
	saumon	fenvalérate	1,3,4		2	2	5						1
<i>Pluies acides</i>													
Laboratoire	oeufs de saumon	pH 4.5	5								5		
	saumon	pH 4.5	1,2,3		2	2	5	4					
	saumon	pH 4.5	1,2,3	2	2	2	5	4					
	adulte												
Piscifaculture Mersey	saumon	pH 4.7	2		2	2	5	4					
<i>Etudes de base</i>													
Variation saisonnière	myes		5		4								
	moules		5		4								
	plie		1,2,3,4		3							3	
	loquette		4									3	
	d'Amérique												
Mue	homard		1,2,3	1	1		3						
Inanition	saumon		2,3		2	2	5	2				1	
Stress physique	saumon		3	1	1	1	1	2					5

Notes:

¹ Produits chimiques: OC Pest: pesticides organochlorés; OP Pest: pesticides du groupe des organophosphates et des carbamates.

² Tissus: 1 = branchie; 2 = foie ou glande digestive; 3 = muscle; 4 = sang; 5 = corps au complet

³ Potentiel: 1 = pas d'effet observé, aucun potentiel; 2 = effets variables, faible potentiel; 3 = études de base, aucune évaluation pour l'instant; 4 = effets variables, potentiel; 5 = effet certain, fort potentiel.

⁴ Paramètre biochimique: a = ATPase Na⁺ et K⁺ dépendante; b = charge énergétique d'adénylate; c = potentiel de phosphorylation; d = glucose et glycogène; e = phosphate d'arginine ou de créatine; f = activité de chorionase; g = protéines antigène; h = acétylcholinestérase; i = lactate.

En outre, on a invité à participer à ces études un certain nombre de chercheurs qui ont mis au point d'autres techniques pour évaluer l'effet des pluies acides sur le poisson. La forte participation de ces personnes a permis d'enrichir substantiellement nos connaissances sur le sujet. Les résultats de leurs travaux ne seront toutefois pas exposés dans ces pages.

Les saumons encagés dans les eaux de la rivière Westfield, plus acides, ont eu une croissance moindre que les spécimens témoins (encagés dans la rivière Medway), ils ont produit des oeufs moins nombreux et plus petits et présenté des anomalies métaboliques au niveau des hormones sexuelles (testostérone et dihydroxy-17a, 20b pregnène-4-one-3); de plus, leur métabolisme hormonal interrénal était caractéristique de poissons subissant un fort stress (tableau 2). On a également observé une baisse de fécondité (nombre d'oeufs produits/longueur en cm du poisson), la mortalité des oeufs dans la rivière Westfield étant de 90,9 %, comparativement à 59,3% dans le cas de la Medway.

Durant la période d'encagement, on a mesuré à des intervalles de deux ou trois semaines les concentrations sanguines de testostérone et de dihydroxy-17a, 20b pregnène-4-one-3, l'hormone déclenchant la formation finale des produits de la reproduction (les oeufs et la laitance) chez le poisson. Chez les spécimens normaux, il se produit une augmentation des concentrations d'hormones dans le sang, ce qui entraîne l'élaboration génitale, suivie d'un accroissement du taux d'hormones et, enfin, de la fraye. Après la fraye, les concentrations sanguines de toutes les hormones descendent rapidement aux taux qui précédaient le déclenchement de la maturation sexuelle. Pour des raisons évidentes, il est important

qu'un grand nombre de mâles et de femelles soient prêts à frayer en même temps. Un changement dans la période normale d'élaboration sexuelle aurait des conséquences considérables dans la reproduction des poissons, sinon par une baisse du nombre d'oeufs fertilisés et viables, du moins par une modification du ratio mâles/femelles. On a observé une importante modification des concentrations sanguines d'hormones chez les poissons encagés dans les eaux acides de la rivière Westfield, comparativement aux spécimens gardés dans la Medway. En outre, il y avait une différence marquée dans la proportion de mâles et de femelles arrivant à maturation sexuelle en même temps, ce pourcentage étant inférieur dans la rivière Westfield. D'autres études du métabolisme hormonal dans le tissu interrénal ont révélé que les poissons de la rivière Westfield subissaient un fort stress.

Pour mesurer le taux de survie en eaux acides, on a gardé les saumons dans leur cage après la fraye. Un grand nombre des poissons de la rivière Westfield sont morts à la première pluie froide provenant du sud-ouest. Une fois transférés dans la cage de la rivière Medway, tous les autres spécimens ont survécu durant l'hiver.

Des études antérieures laissaient penser qu'en chaulant les eaux pour en rétablir le pH à des niveaux plus normaux, on pouvait renverser bon nombre des effets de l'acidification. En 1986, pour évaluer l'effet du chaulage sur la reproduction du saumon, on a encagé des saumons dans des eaux de la rivière Westfield que l'on avait fait passer dans des éclats de marbre, de façon telle à leur redonner un pH similaire à celui de la Medway. Il est possible que les eaux souterraines acides lessivent d'autres substances toxiques, dont les effets sur le poisson ne pourraient pas nécessairement être contrés par un simple

Tableau 2.

Données concernant les effets d'un chaulage et de l'ajout de EDTA, dans les eaux acides de la rivière Westfield, sur la reproduction du saumon de l'Atlantique (*Salmo salar*). (Expérience menée en 1987)

Rivière (groupe)	Nbre de femelles ayant frayé/Nbre ayant survécu	Nbre de mâles ayant frayé/Nbre ayant survécu	Fécondité (nbre d'oeufs/ poids corporel en g)	Mortalité des oeufs*
Medway (témoin)	11/21	23/24	2.30	70%
Westfield (eaux non traitées)	3/23	22/22	2.02	86%
(eaux chaulées)	2/21	21/21	3.47	90%
(ajout de EDTA)	5/24	18/20	2.65	100%

* Mortalité, jusqu'au stade de l'éclosion, des oeufs provenant de poissons ayant frayé avant le 25 novembre 1987.

Tableau 3.

Changements de poids chez des saumons de l'Atlantique engagés dans les rivières Westfield et Medway du début septembre à la fraye (novembre 1987).

Rivière (groupe)	Amplitude du changement de poids (- perte; + gain) (Moyenne)	
	Mâles	Femelles
Medway (témoin)	-150 to +350 (n=24) (+37)	-95 to +325 (n=21) (-7)
Westfield (eaux non traitées)	-225 to +350 (n=20) (0)	-100 to +375 (n=22) (-36)
Westfield (eaux chaulées)	-125 to +365 (n=23) (+9)	-95 to +375 (n=18) (0)
Westfield (ajout de EDTA)	-150 to +475 (n=27) (+13)	-250 to +75 (n=20) (-68)

chaulage du cours d'eau. D'après nos études, le chaulage améliore sensiblement l'état du poisson et accroît, l'éclosabilité, quoique pas de façon comparable aux spécimens de la Medway (tableau 3). Les saumons présentaient toujours un fort stress (métabolisme interrénal), des anomalies sanguines, une perte de calcium dans les vertèbres ainsi qu'une irrégularité dans les périodes d'élaboration génitale chez les mâles et les femelles, ayant pour résultat qu'un plus faible pourcentage de mâles et de femelles sont prêts à frayer en même temps (tableau 4). Des études sont en cours sur les causes de ces effets et

les moyens d'y remédier. On a l'intention de traiter les eaux pour créer des "refuges", en vue d'assurer la perpétuation des pools géniques des remontes de saumon dans les bassins versants touchés.

Comme nous supposons que des substances toxiques du bassin versant pouvaient avoir été lessivées dans la rivière sous l'action des pluies acides, nous avons ajouté aux eaux de la rivière Westfield de très faibles concentrations de tétracétate d'éthylènediamine-calcium-disodium (EDTA), un additif alimentaire connu qui lie et détoxifie un certain

Tableau 4.

Concentrations sanguines maximales (ng/mL plasma $\pm$ é.t.) d'hormones stéroïdes chez des saumons de l'Atlantique engagés dans les rivières Medway et Westfield du début septembre au début décembre 1987.

Stéroïde/Rivière (groupe)	Mâles	Femelles
17α, 20β-dihydroxy-17α, 20β-pregnène-4-one-3		
Medway (témoin)	40.3 $\pm$ 26.0 (n=18)	128.4 $\pm$ 57.9 (n=8)
Westfield (eaux non traitées)	41.3 $\pm$ 26.7 (n=24)	52.7 $\pm$ 16.7 (n=3)
17α, 20β-dihydroxy-17α, 20β-pregnène-4-one-3		
Westfield (eaux chaulées)	51.4 $\pm$ 26.7 (n=19)	113.5 $\pm$ 99.7 (n=5)
Westfield (ajout de EDTA)	61.7 $\pm$ 18.2 (n=23)	134.2 $\pm$ 84.0 (n=5)
testostérone		
Medway (témoin)	69.7 $\pm$ 18.2 (n=23)	62.1 $\pm$ 19.3 (n=14)
Westfield (eaux non traitées)	64.0 $\pm$ 17.3 (n=24)	33.0 $\pm$ 22.0 (n=13)
Westfield (eaux chaulées)	79.1 $\pm$ 21.4 (n=22)	59.7 $\pm$ 5.5 (n=5)
Westfield (ajout de EDTA)	56.7 $\pm$ 17.5 (n=18)	54.1 $\pm$ 26.4 (n=18)

nombre de métaux toxiques, dont l'aluminium. Cette expérience a permis d'accroître la biomasse des poissons, leur taux de survie et le nombre d'oeufs produits, mais il n'a eu aucun effet sur l'éclosabilité ni éliminé le fort stress subi par les spécimens de la rivière Westfield (tableaux 3 et 4). On continuera les études pour trouver de meilleures méthodes de contrer les effets des pluies acides.

RÉFÉRENCES

- (1) FREEMAN, H.C. et G.B. SANGALANG, 1985. The effects of an acidic river, caused by acid rain, on weight gain, steroidogenesis and reproduction in the Atlantic salmon (*Salmo salar*). In Bahner, R.C. et D.J. Hansen (eds.), *Aquatic Toxicology and Hazard Assessment*. American Society for Testing and Materials, ASTM STP 891, Philadelphia, PA, pp. 333-349.
- (2) HAYA, K. et B.A. WAIRWOOD, 1983. Adenylate energy charge and ATPase activity: potential biochemical indicators of sub-lethal effects caused by pollutants. In J.O. Nriagu (ed.), *Aquatic Toxicology*. John Wiley and Sons Limited, New York, NY, pp. 307-333.
- (3) SANGALANG, G.B. et H.C. FREEMAN, 1987. The effects of limestone treatment of an acidic river of steroid metabolism and reproduction in

the Atlantic salmon (*salmo salar*). In *Trace Substances in Environmental Health-XXI*. University of Missouri, St. Louis, Mo. *Sous presse*.

- (4) WATT, W.D., C.D. SCOTT et W.J. WHITE, 1983. Evidence of acidification of some Nova Scotian rivers and its impact on the Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, 40:462-473.

QUESTIONS

On n'a pas fait mention des effets de l'infiltration, dans les étendues d'eau douce, du sel épandu sur les routes. Quelqu'un aimerait-il commenter ce problème?

Uthe: A ma connaissance, aucune étude n'a été faite par ici sur le sujet, mais je sais que dans les Prairies l'Institut des eaux douces s'est penché sur le problème.

Ogden: Nous avons étudié l'effet du sel dans les lacs de la grande région de Halifax. Avant 1977, les eaux du lac Chocolate présentaient des concentrations de sel extrêmement élevées. Dans l'ensemble, les concentrations de sel (jusqu'à 200 ou 300 parties par million) enregistrées dans la majorité des lacs de la région de Halifax ne semblent pas avoir des effets néfastes démontrables sur les populations de poissons.



Caractéristiques des eaux côtières et d'estuaire

Ken H. Mann

RÉSUMÉ

Les eaux côtières et d'estuaire sont plus productives, à tous les échelons de la chaîne alimentaire, que la haute mer, parce que divers facteurs physiques associés à la proximité de la côte se combinent pour susciter des remontées de substances nutritives qui accroissent la production. Ainsi, les eaux côtières et d'estuaire sont considérées comme des habitats du poisson d'une grande valeur. En même temps, ces eaux sont très vulnérables aux perturbations occasionnées par l'homme parce que les estuaires et les cours d'eau qui s'y jettent sont des endroits privilégiés pour les établissements humains.

Dans toutes les eaux côtières, les résidus de plantes et d'animaux qui tombent au fond se décomposent, libérant des substances qui constituent des engrais pour les plantes. Ainsi, les eaux de fond contiennent-elles beaucoup de substances nutritives, tandis que les eaux de surface dans lesquelles croissent activement les plantes microscopiques ont tendance à s'appauvrir. Par conséquent, tout processus qui peut entraîner une remontée des eaux profondes à la surface stimule la production des plantes et accroît la productivité à tous les niveaux.

Dans un estuaire, l'apport d'eau douce du cours d'eau au-dessus de la couche d'eau salée entraîne une "circulation d'estuaire" par laquelle les eaux de fond riches en substances nutritives sont amenées dans l'estuaire et entraînées vers la surface. Le phytoplancton y est donc particulièrement florissant. De plus, le mouvement des marées favorise ce processus, ce qui rend les estuaires encore plus productifs. En outre, c'est dans les estuaires que s'accumulent les dépôts vaseux, qui créent un sol fertile pour le développement des marais salants, dont la vie végétale ajoute à la productivité de l'estuaire.

De nombreux animaux s'adaptent à la circulation des estuaires, ajustant leur cycle biologique de façon à utiliser l'apport accru d'eau douce au moment de la fonte des neiges. La construction de barrages dans les cours d'eau ou les estuaires peut modifier les conditions traditionnelles d'écoulement et perturber le cycle biologique des poissons, des mollusques et des crustacés. De nombreuses espèces de poissons, de mollusques et de crustacés passent les premiers stades de leur cycle biologique dans les estuaires, utilisant au maximum cet habitat hautement productif. La

contamination des eaux des estuaires peut donc nuire à ces espèces, en amenant un épuisement de l'oxygène de l'eau ou en introduisant des organismes pathogènes ou des substances toxiques dans l'habitat.

Dans les eaux côtières, la production est accrue grâce aux vents qui poussent les eaux de surface loin de la côte. Les eaux riches en substances nutritives sont donc entraînées du fond le long de la côte pour les remplacer. Par ailleurs, là où les eaux sont peu profondes et les courants de marée forts, le mouvement de l'eau sur le fond crée une turbulence qui permet de transporter les eaux riches en substances nutritives vers la surface, stimulant encore une fois la production à tous les échelons de la chaîne alimentaire. La zone qui se trouve au large du sud-ouest de la Nouvelle-Ecosse est un exemple de ce genre de mélange attribuable aux marées. Elle est reconnue pour sa grande productivité de larves de hareng, de homard et de varech. On a montré récemment que même les jeunes morues et aiglefin provenant des frayères du banc de Brown migrent dans les eaux côtières au large ou sud-ouest de la Nouvelle-Ecosse et tirent parti de cette grande productivité.

INTRODUCTION

Une grande proportion des populations des pays industrialisés vit près des estuaires ou près d'un cours d'eau qui se jette dans un estuaire. Il suffit de penser à New York dans l'estuaire de l'Hudson, à Londres dans l'estuaire de la Tamise, à la population de la région des Grands lacs qui se déversent dans l'estuaire du Saint-Laurent, et à bien d'autres encore. Dans notre propre province, la plus grande concentration démographique se trouve dans la région d'Halifax-Dartmouth et le port d'Halifax est un estuaire en quelque sorte, la rivière Sackville se jetant dans le fond du bassin de Bedford.

J'espère arriver à montrer, dans ce qui va suivre, que les estuaires sont des endroits privilégiés, caractérisés par divers mécanismes qui favorisent une très grande productivité biologique, de sorte qu'il est important de les préserver comme habitat pour le poisson, les mollusques et les crustacés. Par ailleurs, à cause de l'attrait qu'ils offrent pour les établissements humains,

ils sont particulièrement vulnérables aux modifications apportées par l'homme.

GRANDE PRODUCTIVITÉ DES EAUX CÔTIÈRES ET DES ESTUAIRES

Il y a dans de nombreux estuaires d'importants dépôts de vase entre les laisses de haute et de basse mer, ce qui favorise la croissance des plantes de marécage. Un marécage bien développé a une production végétale à peu près comparable à un bon champ de foin ou à une récolte de blé, sans que personne n'ait besoin de retourner la terre ou d'ajouter de l'engrais. Il est engraisé par les marées montantes et descendantes qui contiennent des substances nutritives. C'est là une des raisons pour lesquelles l'estuaire est aussi productif.

Une autre raison de cette grande productivité est la circulation de l'eau dont on reparlera en détail plus tard. La combinaison de l'écoulement du cours d'eau et des marées montantes et descendantes produit des conditions idéales à la croissance du phytoplancton, de sorte que les niveaux de production du phytoplancton de bien des estuaires sont beaucoup plus élevés que ceux des eaux côtières, en dehors de l'estuaire.

Un des résultats de cette productivité est que bien des espèces de poissons, de mollusques et crustacés se nourrissent dans les estuaires, particulièrement au cours des premiers stades du cycle biologique. Les jeunes harengs font grand usage des estuaires, tout comme les pilles, les anguilles et les poissons anadromes tels que le saumon. Les estuaires sont souvent des endroits idéaux pour la croissance des huîtres et des moules.

Même les jeunes morues et aiglefin des bancs hauturiers viennent dans les eaux côtières. Des travaux récents de Frank et de son groupe, à l'Institut océanographique de Bedford du MPO, ont montré que la morue et l'aiglefin provenant des frayères du banc de Brown sont transportés par les courants dominants vers les eaux côtières et qu'un grand nombre de jeunes se nourrissent et croissent dans les saux semi-hauturières du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse. Une carte de la répartition des stocks de jeunes harengs autour des Maritimes (figure 1) montre qu'eux aussi se concentrent dans les eaux côtières⁽¹⁾.

FONCTIONNEMENT DE L'ESTUAIRE

Circulation de l'eau

Pour comprendre ce qui se passe dans un estuaire, on peut le considérer comme un grand mécanisme visant la production des plantes et des animaux. C'est

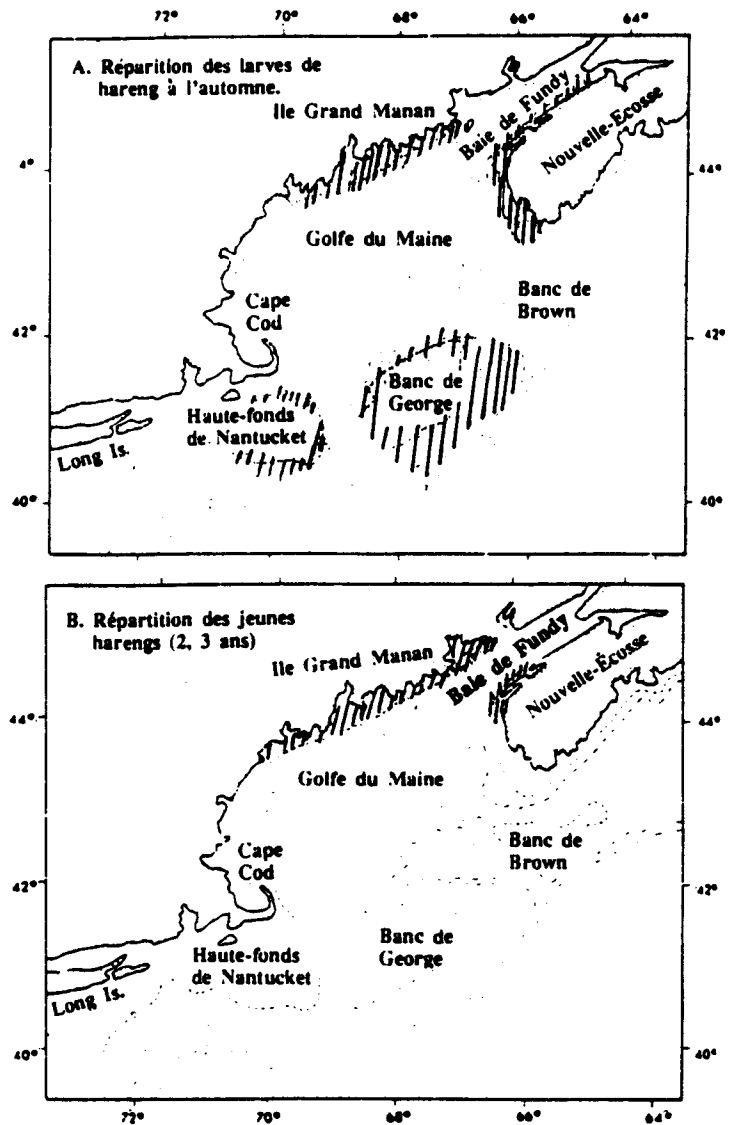


Figure 1. Répartitions des larves de hareng et des jeunes harengs.

l'approche systématique⁽²⁾. La figure 2 montre des coupes de divers types d'estuaires, où l'eau douce arrive de la droite et où l'embouchure de l'estuaire est à la gauche. Dans une anse calme, avec peu de courants de marée, l'eau douce coule passivement, flotte au-dessus de l'eau salée, puisqu'elle est plus légère, et forme une couche qui s'amincit à mesure qu'on s'éloigne de l'embouchure du fleuve (figure 2a). C'est ce qu'on appelle l'estuaire à lame d'eau salée.

Dans la plupart des situations, cependant, il y a deux fois par jour, les marées montante et descendante, de sorte que l'eau salée entre et quitte l'estuaire en créant des courants de marée, particulièrement au fond. Ces courants de marée en se déplaçant sur le fond, entraînent un mélange de l'eau vers le haut, par turbulence, ce qui brise la division marquée entre l'eau douce et l'eau salée: c'est là l'estuaire à mélange partiel (figure 2b).

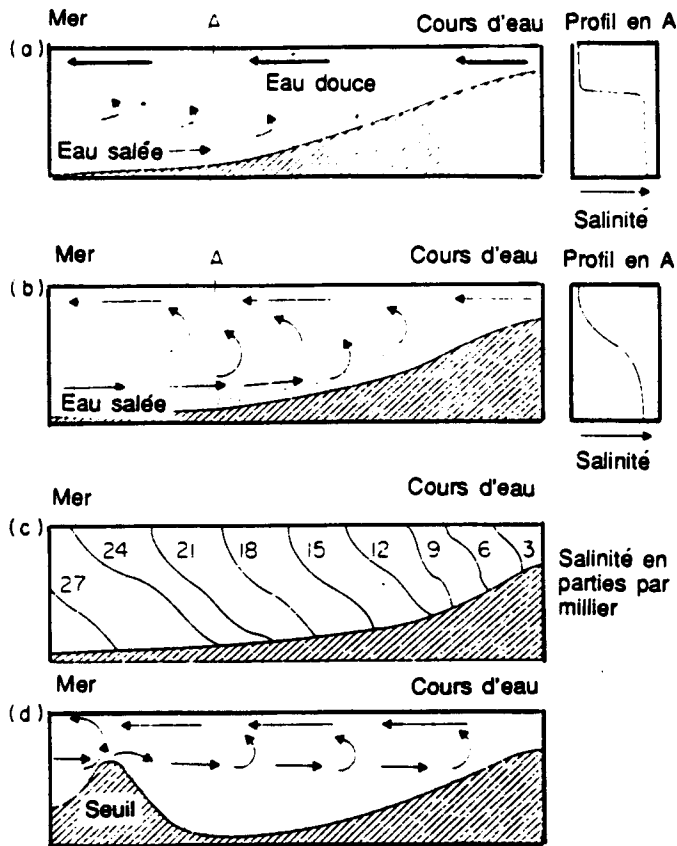


Figure 2. Structures verticales des estuaires.
a. estuaire à lame d'eau salée; b. estuaire à mélange partiel; c. estuaire à mélange vertical; d. fjord.

Si l'apport d'eau douce est restreint, mais que les marées sont fortes, toute l'eau de l'estuaire sera mélangée de haut en bas, ce qu'on appelle l'estuaire à mélange vertical (figure 2c). Tout dépend de la force relative des marées et du débit du cours d'eau, pour que l'estuaire soit un estuaire à lame d'eau salée, à mélange vertical ou quelque chose entre les deux. L'estuaire à mélange partiel est le plus commun et c'est de lui que nous parlerons plus en détail.

Quand l'eau douce s'écoule vers la mer au-dessus de l'eau salée, la friction entre les deux couches provoque un mélange et une partie de l'eau salée s'unit à la couche d'eau douce qui coule en direction de la mer. Quand la couche d'eau douce atteint l'embouchure de l'estuaire, elle a entraîné un grand volume d'eau salée, soit environ 20 fois son propre volume. C'est ce qu'illustrent les flèches recourbées de la figure 2. Puisqu'une aussi grande quantité d'eau salée se déplace vers la mer, il doit y avoir un écoulement correspondant d'eau salée de la couche inférieure, vers la terre. Ainsi, dans une circulation d'estuaire type, il y a un écoulement vers la terre, au fond, et un écoulement vers la mer, à la surface.

Production biologique

Le deuxième point à comprendre c'est que la production des plantes microscopiques flottantes, le phytoplancton, a lieu près de la surface, à la lumière, de sorte que les substances nutritives, telles que l'azote, ont tendance à s'épuiser dans les eaux de surface, ce qui ralentit la croissance du phytoplancton. Les plantes peuvent alors être la proie des animaux, le zooplancton, ou devenir sénescentes et tomber au fond. De la même façon, le zooplancton peut être la proie du poisson, ou encore se reproduire et mourir. Entre-temps, il produit des déchets qui tombent au fond. Le résultat de tout cela est que les plantes et les animaux, et leurs déchets, finissent par tomber au fond où ils se décomposent et libèrent des substances nutritives. Ainsi, l'eau qui entre dans l'estuaire près du fond est riche en substances nutritives dont les plantes ont besoin. Quand ces eaux remontent à la surface par entraînement ou par mélange attribuable aux marées, elles ont l'effet d'un engrais sur la croissance des plantes. C'est pourquoi les estuaires sont des endroits de grande productivité du phytoplancton.

Sédimentation

Une autre des caractéristiques des estuaires est que les cours d'eau qui s'y déversent, particulièrement au moment des crues, transportent souvent de grandes proportions de vase en suspension. Quand l'eau douce rencontre l'eau salée, il se produit un changement physico-chimique qui fait déposer la vase, ce qui amène la formation de grands bancs de vase. Dans bien des endroits, ils sont rapidement colonisés par les herbes de marais qui, comme nous l'avons vu, peuvent être très productives.

Une vue aérienne d'un marais montre qu'il est entrecoupé par tout un réseau de ruisseaux dans lesquels la marée monte et descend avec un rythme régulier, une sorte d'aspiration et d'expiration de l'eau salée. C'est ce mouvement montant et descendant qui transporte les sels fertilisants jusqu'aux plantes. Les plantes qui se trouvent le plus près des bords des ruisseaux sont évidemment celles qui grandissent le plus. On a montré (3) que la productivité du marais est proportionnelle à l'amplitude de la marée (figure 3).

La production des marécages

On n'est pas encore unanime, dans les milieux scientifiques, à décrire le sort des plantes produites dans les marais. Est-ce qu'elles meurent et se décomposent sur place, est-ce qu'elles sont entraînées par les marées et est-ce qu'elles servent à

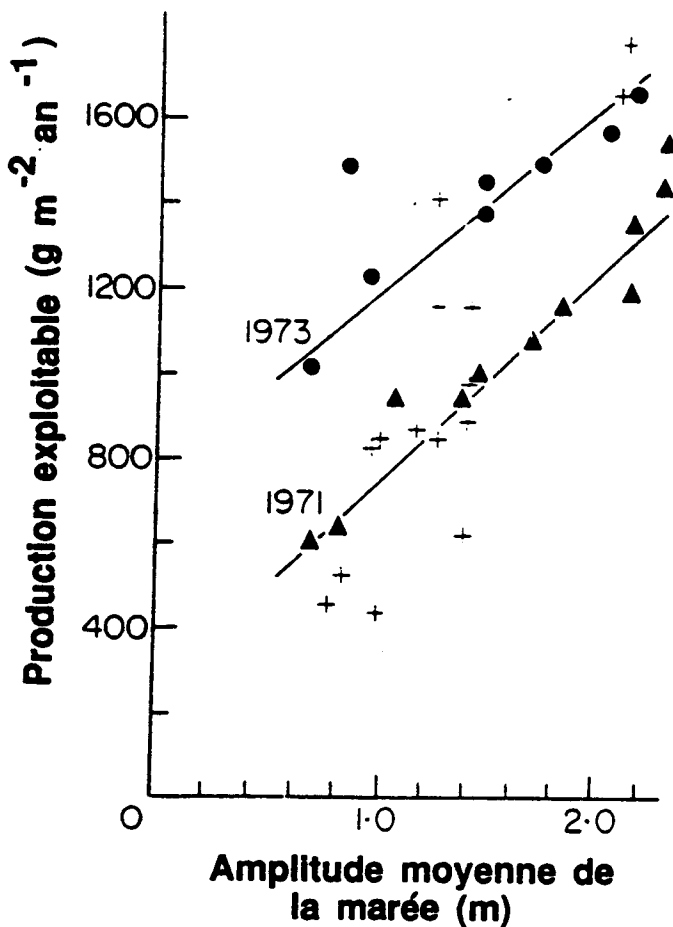


Figure 3. Relation entre l'amplitude de la marée et la production du marécage.

nourrir les poissons et les mollusques et crustacés dans les eaux côtières? En Géorgie, où les marais occupent des dizaines de kilomètres de diamètre, on était convaincu qu'il s'agissait du soutien principal des pêches le long de la côte. Apparemment, d'importants volumes d'herbes de marais partiellement décomposées sont transportées vers la mer sous l'action des marées et utilisées dans la chaîne alimentaire côtière. E.P. Odum de l'Université de Géorgie qualifie cette situation de "déversement" des matières organiques vers la mer pour nourrir les poissons, mollusques et crustacés côtiers

Puis le vent a tourné et on a plutôt proposé qu'une grande partie de la production des marécages se décomposait simplement sur place. Par conséquent, les marécages étaient de peu d'utilité et pouvaient être remplis ou dragués. Il semble que la vérité se trouve évidemment quelque part entre ces deux extrêmes. Dans les Maritimes, la valeur écologique des marais a été clairement démontrée. On peut avancer sans se tromper que les marais autour de la baie de Fundy contribuent à la survie du poisson et des oiseaux dans une large mesure. L'aloise se nourrit d'une crevette, appelée *Mysis*, qui à son tour absorbe de grandes quantités de fines particules d'herbes des

marais. Les oiseaux aquatiques en migration, pour leur part, se nourrissent de millions de petites crevettes *Corophium* qui, à leur tour, dépendent des détritus des marais. En été elles se nourrissent principalement d'algues microscopiques qui croissent à la surface de la vase, mais à l'automne et en hiver, quand celles-ci sont absentes, elles se tournent vers les particules de plantes provenant des marécages à proximité⁽⁴⁾.

Ainsi, il y a deux mécanismes principaux favorisant la grande productivité des estuaires: la circulation de l'eau des estuaires qui favorise la productivité du phytoplancton et le dépôt de sédiments qui rend possible le développement des marécages.

LES FJORDS

Le schéma du bas, à la figure 2, illustre un genre légèrement différent d'estuaire, le fjord. De nombreux fjords sont des chenaux façonnés par les glaciers. Quand le glacier s'est arrêté, il s'en est détaché énormément de sédiments, de sorte qu'il y a un seuil peu profond à l'embouchure de l'estuaire, ce qui a pour effet de retenir une masse d'eau salée, au fond, pendant de longues périodes, tandis que la circulation normale de l'estuaire suit son cours au-dessus. Le bassin de Bedford en est un exemple. Un des problèmes des fjords est que si la productivité biologique dans les eaux de surface est trop grande, les matières en décomposition qui tombent au fond utilisent tout l'oxygène, ce qui laisse une couche d'eau sans oxygène dans laquelle meurent de nombreux organismes vivants du fond. C'est ce qu'on a pu observer dans le bassin de Bedford⁽⁵⁾ et cette situation a été utilisée au cours des années passées comme argument contre l'établissement d'une importante usine de traitement des eaux usées à Fairview Cove.

LES ESTUAIRES: HABITATS DU POISSON, DES MOLLUSQUES ET DES CRUSTACÉS

Bon nombre des animaux qui vivent dans les estuaires ont développé des habitudes migratoires qui leur permettent de tirer le meilleur parti de l'habitat. Par exemple, dans l'estuaire Sheepscot, dans le Maine, on a démontré sans équivoque que le jeune hareng, quand il quitte les frayères, demeure dans les eaux du fond qui circulent vers la terre, jusqu'à ce qu'il soit près du fond de l'estuaire, avant de remonter à la surface et de passer bien des jours à se nourrir dans les eaux riches en plancton, tout en étant lentement entraîné de nouveau vers l'embouchure de l'estuaire.

Fortier et Legget ont étudié le hareng de l'estuaire du Saint-Laurent. Là aussi, les larves de hareng remontent en amont à partir des frayères jusqu'à ce

qu'elles trouvent un encoir particulièrement favorable dans l'estuaire. De là, elles entreprennent des migrations verticales périodiques et alternent entre la remontée vers l'amont dans les eaux de fond et vers l'aval dans les eaux de surface tandis qu'elles se nourrissent de plancton.

Les poissons plats tolèrent particulièrement bien les eaux à faible salinité, de sorte qu'on les trouve fréquemment dans les estuaires; ils y sont souvent abondants aux stades tant d'adulte que de juvénile. Une étude intensive de leur comportement a montré que les jeunes plies s'enfouissent dans la vase du fond quand la marée descend, mais se placent juste un peu au-dessus du fond à la marée montante, de sorte qu'elles sont transportées vers le fond de l'estuaire. Quand elles l'atteignent, elles remontent dans les eaux de surface avec la marée montante et sont transportées dans les petits ruisseaux du marécage, où leur nourriture préférée est particulièrement abondante.

On a observé des résultats semblables avec les larves d'huîtres. Ces organismes microscopiques sont tout à fait incapables de nager à contre-courant, mais peuvent maintenir leur position dans un estuaire en se laissant tomber au fond quand la marée descend et en remontant à la surface pour se nourrir quand la marée monte.

Les crevettes sont aussi adaptées à la circulation des estuaires. Une espèce dépose sa progéniture près de l'embouchure de l'estuaire; celle-ci se déplace vers le fond de l'estuaire dans les eaux de fond, remonte à la surface en amont de l'estuaire, et termine sa vie larvaire dans les eaux de surface avant de redescendre au fond après avoir été entraînée en mer. De cette façon, elles exploitent du mieux possible la richesse en plancton de l'estuaire.

INFÉRENCE DE L'HOMME

Modification de l'écoulement

Dans des conditions naturelles, l'écoulement des cours d'eau varie selon les saisons. Par exemple, au Canada, il y a normalement un sommet au moment de la fonte des neiges. Avec l'évolution, les animaux se sont adaptés aux changements saisonniers d'écoulement et aux changements mensuels et annuels du flux des marées. Toute modification importante de ces changements aura des effets négatifs sur les organismes. Par exemple, leur reproduction peut coïncider avec les crues du printemps, de sorte que les forts courants de fond transportent les jeunes vers l'amont de l'estuaire. Supposons maintenant qu'on construise un grand

barrage qui, au lieu de permettre aux eaux de la fonte de s'écouler naturellement, les retient, pour la production d'énergie, pendant plusieurs mois; les conditions habituelles de forte circulation de printemps ne se produiront plus, ce qui peut interrompre le cycle de reproduction des animaux. Il y a de nombreuses façons, trop nombreuses à énumérer, de modifier l'écoulement saisonnier d'une façon qui peut nuire à l'habitat du poisson dans les estuaires.

Isolation des marécages

Supposons la construction d'une route en bordure d'un marécage, bloquant le mouvement de la marée. Le marécage est coupé de son approvisionnement régulier en substances nutritives par l'apport d'eau de mer, deux fois par jour, de sorte que les plantes deviennent de moins en moins productives et mourront à un moment ou à un autre. On sait qu'il y a aussi de nombreuses espèces de poissons et d'invertébrés qui migrent vers les marais ou qui en sortent et qui profitent de sa production organique. En mettant une barrière à la migration, ce genre d'interaction devient impossible et la production de poissons en est d'autant réduite.

Eutrophisation

L'eutrophisation désigne toute perturbation qui accroît grandement la productivité dans un endroit donné. Une des causes les plus communes de l'eutrophisation est le rejet d'eaux usées traitées ou non traitées dans l'estuaire. Il s'ensuit une forte augmentation de l'apport de substances nutritives des plantes et, par conséquent, du phytoplancton. Dans certains cas, la production accrue de phytoplancton peut être bénéfique, mais dans certaines parties de la baie Chesapeake, par exemple, le phytoplancton est devenu tellement abondant que les eaux, à certains endroits, sont vertes et brouillées et que les grandes plantes à racines qui y poussaient depuis des années sont mortes par manque de lumière. Ce processus est par ailleurs accéléré par la croissance très dense de petites algues à la surface des plantes enracinées, ce qui a tendance à les étouffer. Ces plantes sont pourtant importantes, car elles constituent des obstacles à l'envasement et un habitat pour diverses espèces. Les changements sont associés à une grave détérioration de la production d'un certain nombre d'espèces d'importance commerciale.

L'eutrophisation peut aussi avoir comme conséquence que les organismes microscopiques qui se nourrissent et croissent grâce aux substances nutritives supplémentaires peuvent devenir tellement abondants qu'ils utilisent tout l'oxygène de l'eau, ce qui entraîne des pertes massives de poissons, de mollusques et

de crustacés. Au cours des années soixante, la teneur en oxygène de l'estuaire de la Tamise était réduite à zéro sur cinquante kilomètres en aval du pont de Londres, par suite des rejets des eaux usées de Londres dans l'estuaire. Inutile de dire qu'il n'y avait plus là aucun poisson. Au cours des deux dernières décennies, grâce à l'assainissement⁽⁶⁾, on a vu revenir d'abord les poissons communs des estuaires et, enfin, le saumon qui n'avait pas pu remonter la Tamise depuis des centaines d'années. Ici, dans l'Est du Canada, la densité de population n'est pas suffisante pour produire des effets aussi spectaculaires, mais les effluents des fabriques de pâtes et papiers peuvent avoir des conséquences semblables.

La contamination par les eaux usées, même à un niveau bien inférieur, menace quand même les mollusques qui y vivent en filtrant les fines particules de l'eau et qui peuvent ainsi accumuler des organismes qui provoquent des maladies chez l'homme, de sorte qu'il faut interdire l'accès aux gisements de mollusques.

Le ruissellement des villes contient souvent des substances autres que les eaux usées, qui peuvent être toxiques pour les organismes ou rendre les organismes toxiques pour l'homme. Les métaux lourds, en sont un bon exemple. Souvent, ces déchets sont entraînés dans les égouts et même si les eaux usées sont traitées pour réduire la demande biologique en oxygène, ou même pour en retirer les substances nutritives des plantes, il n'est pas pratique de retirer tous les contaminants, tels que les métaux lourds. La meilleure solution serait d'éliminer le rejet des métaux lourds à la source.

Enfin, nous touchons un sujet qui est bien d'actualité. Dans des conditions de très grandes concentrations de substances nutritives, et si les conditions d'océanographie physique s'y prêtent, on assistera à une croissance explosive de plantes microscopiques, les dinoflagellées, qui ont comme caractéristique de sécréter des substances toxiques qui tuent le poisson, les mollusques et les crustacés. Une espèce bien connue donne à l'eau une coloration rouge, de sorte qu'on utilise souvent l'expression "eaux rouges" pour décrire ces manifestations. Il semble qu'elles deviennent de plus en plus fréquentes, particulièrement sur la côte est des Etats-Unis; elles seraient attribuables à l'eutrophisation chronique à long terme des eaux côtières. Les défenseurs de cette théorie proposent que l'effet cumulatif de l'augmentation de la pollution par les eaux usées, du ruissellement des engrais des terres agricoles, et des substances nutritives de la pollution de l'air, est suffisant pour créer des conditions favorables à la manifestation des eaux rouges. Ceci vient nous

rappeler que l'habitat du poisson peut être détérioré lentement et de façon presque invisible par les changements minimes d'un certain nombre de facteurs, facteurs qui isolément ne semblent pas importants.

LES EAUX CÔTIÈRES

Dans les eaux côtières, en dehors des estuaires, il arrive souvent, en été, que la colonne d'eau soit divisée en deux couches. La couche supérieure est plus légère, parce qu'elle est réchauffée par le soleil. La couche inférieure, plus froide, est aussi plus lourde. Comme on l'a déjà mentionné, les plantes de la couche supérieure utilisent toutes les substances nutritives, puis leur croissance est ralentie. La couche inférieure contient beaucoup de matières nutritives. Tout mécanisme qui contribuerait à ramener ces matières à la surface stimulerait la production végétale.

Un de ces mécanismes est le vent (figure 4). S'il éloigne la couche de surface de la côte, il doit y avoir une remontée d'eau profonde, riche en matières nutritives, près de la côte. C'est là une des raisons pour lesquelles les eaux côtières sont plus productives que les eaux libres, et que nous devons les protéger.

Un autre de ces mécanismes est le mélange des eaux par les marées. Comme dans les estuaires, le rythme quotidien de la marée provoque un mouvement rapide de l'eau sur le fond, ce qui crée une turbulence des eaux de surface. Si le courant de marée est suffisamment fort et les eaux peu profondes, il y aura un mélange des eaux de surface et des eaux de fond. Dans les zones où cela se produit, toutes les matières nutritives contenues dans les eaux profondes sont entraînées à la surface, ce qui accroît la production de phytoplancton. On peut observer cette situation dans les eaux côtières au large du sud-ouest de la Nouvelle-Ecosse (figure 5). C'est le mélange des eaux par les marées qui fait probablement qu'il s'agit d'une des régions les plus productives pour le homard et le varech, et une des plus importantes frayères du hareng.

Si on étudie un inlet comme la baie St. Margaret dans le fond de laquelle se jettent quelques petits cours d'eau, on peut se demander s'il s'agit vraiment d'un estuaire. La réponse est que puisqu'il se forme en été deux couches que nous venons tout juste de décrire comme étant caractéristiques de la côte, il s'agirait davantage d'eaux côtières que d'eaux d'estuaire. Néanmoins, les calculs montrent que l'écoulement des cours d'eau a pour effet de causer une remontée des substances nutritives près de leur embouchure, de sorte que la baie est plus productive qu'elle le serait autrement.

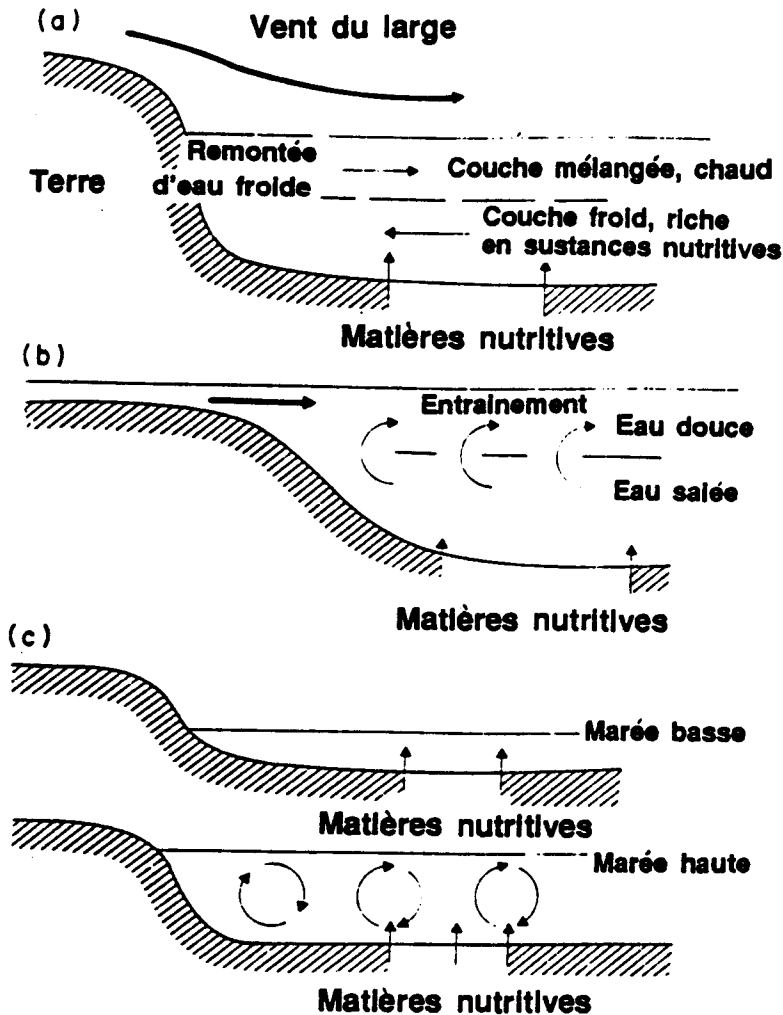


Figure 4. Causes du mélange vertical dans les eaux côtières. a. vent; b. écoulement des cours d'eau; c. mélange par les marées.

Sutcliffe a eu l'idée de considérer le golfe du Saint-Laurent comme une version élargie de la baie St. Margaret. Dans les sections supérieures, il y a une partie estuaire, avec sa circulation en deux couches attribuable à l'écoulement des cours d'eaux et, dans le golfe lui-même, l'eau est en strates en été comme dans les eaux côtières ordinaires. Près de l'embouchure de l'estuaire, il y a une région où l'apport d'eau douce amène les substances nutritives à la surface avant qu'elles soient transportées dans tout le golfe, ce qui stimule la production végétale. D'après Sutcliffe, au cours des années de fort écoulement printainier, la productivité du golfe devrait être plus grande que pendant les années de faible écoulement. A la recherche de quelques documents sur la productivité à long terme dans le golfe, Sutcliffe a choisi les données sur les débarquements de homards du Québec⁽⁷⁾. Quand il en a tracé la courbe au-dessus du schéma de l'écoulement des cours d'eau (figure 6), il s'est rendu compte que leurs variations correspondaient. Il était donc très clair qu'il y avait un lien entre l'écoulement des cours d'eau et la production de crustacés. Sutcliffe a ainsi trouvé qu'il y

avait un écart de neuf ans entre le sommet de l'écoulement des cours d'eau et le sommet des débarquements de homards, ce qu'il a expliqué en disant que c'était la larve qui survivait mieux au cours des années de grand écoulement, mais qu'il lui fallait neuf ans de croissance avant d'être capturée. En réalité, il s'agit plutôt de cinq ans, de sorte que la théorie de Sutcliffe n'est pas encore tout à fait au point.

IMPORTANCE DES LITS DE VARECH

Sur la côte libre où la vague atteint le rivage à pleine puissance, une grande partie de la côte est rocailleuse. Dans cette région, les plantes les plus importantes sont les algues plutôt que les herbes de marais, particulièrement les grandes algues appelées varech. Elles sont extrêmement productives, beaucoup plus que les herbes de marais. Elles croissent rapidement à la base et aux extrémités, elles sont en érosion constante, libérant des particules de matières végétales dans l'eau. Ces particules sont aisément utilisées par les mollusques tels que les moules. Des études réalisées dans diverses parties du monde ont montré que les moules vivant dans les lits de varech utilisent les particules d'algues, et que les homards qui vivent dans les mêmes endroits se nourrissent des moules.

Les lits de varech sont très denses le long des rivages rocailloux de la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse. Nous savons maintenant qu'ils sont d'importants habitats du homard. Au cours des années soixante-dix, de grandes parties des lits de varech ont été détruites par une surproduction d'oursins de mer et, parallèlement à cette diminution, on a observé une réduction des prises de homards⁽⁸⁾ (figure 7). De 1980 à 1988, les oursins ont été décimés par une maladie et, dès qu'ils sont disparus, le varech est revenu. A peu près à la même époque, les prises de homards ont commencé à augmenter. Une étude de Miller⁽⁹⁾ a montré que le homard des lits de varech avait déjà plusieurs années (figure 8), au moment de la régénérescence du varech. Il est aussi probable que la population de homards ait augmenté par l'immigration dans les lits de varech de homards qui se trouvaient ailleurs, ce qui montre tout de même que les lits de varech constituent un habitat préférentiel.

En expliquant ces liens, nous espérons montrer que les lits de varech ne sont pas des entités indépendantes qui peuvent être exploitées sans conséquences pour les autres ressources du système. La récolte de varech a une certaine valeur, mais le varech a aussi un rôle à jouer pour le maintien d'autres organismes qui utilisent les fines particules qu'il produit, de même qu'en tant qu'habitat pour le

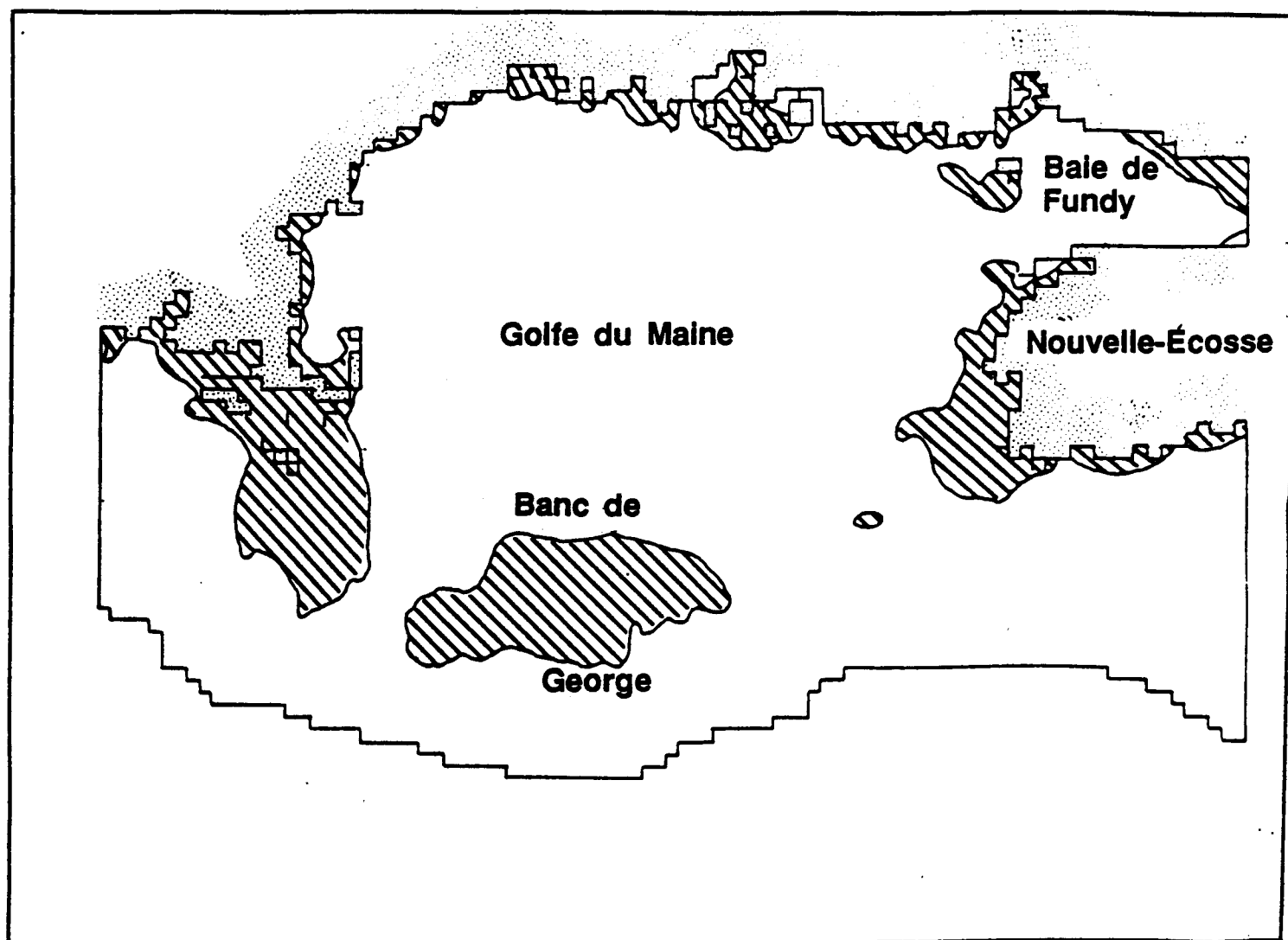


Figure 5. Zones de mélange des eaux par les marées dans la région baie de Fundy-golfe du Maine-banc de George.

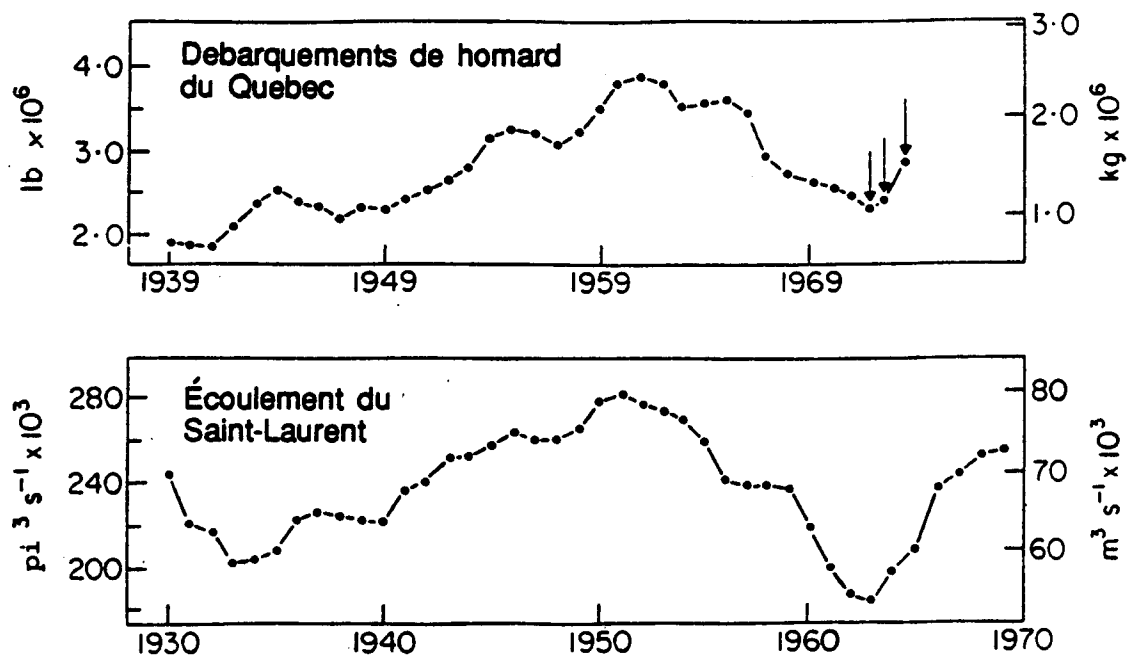


Figure 6. Relation entre l'écoulement du cours d'eau et les débarquements de homards. Les flèches indiquent les projections des débarquements basées sur la corrélation des années antérieures.

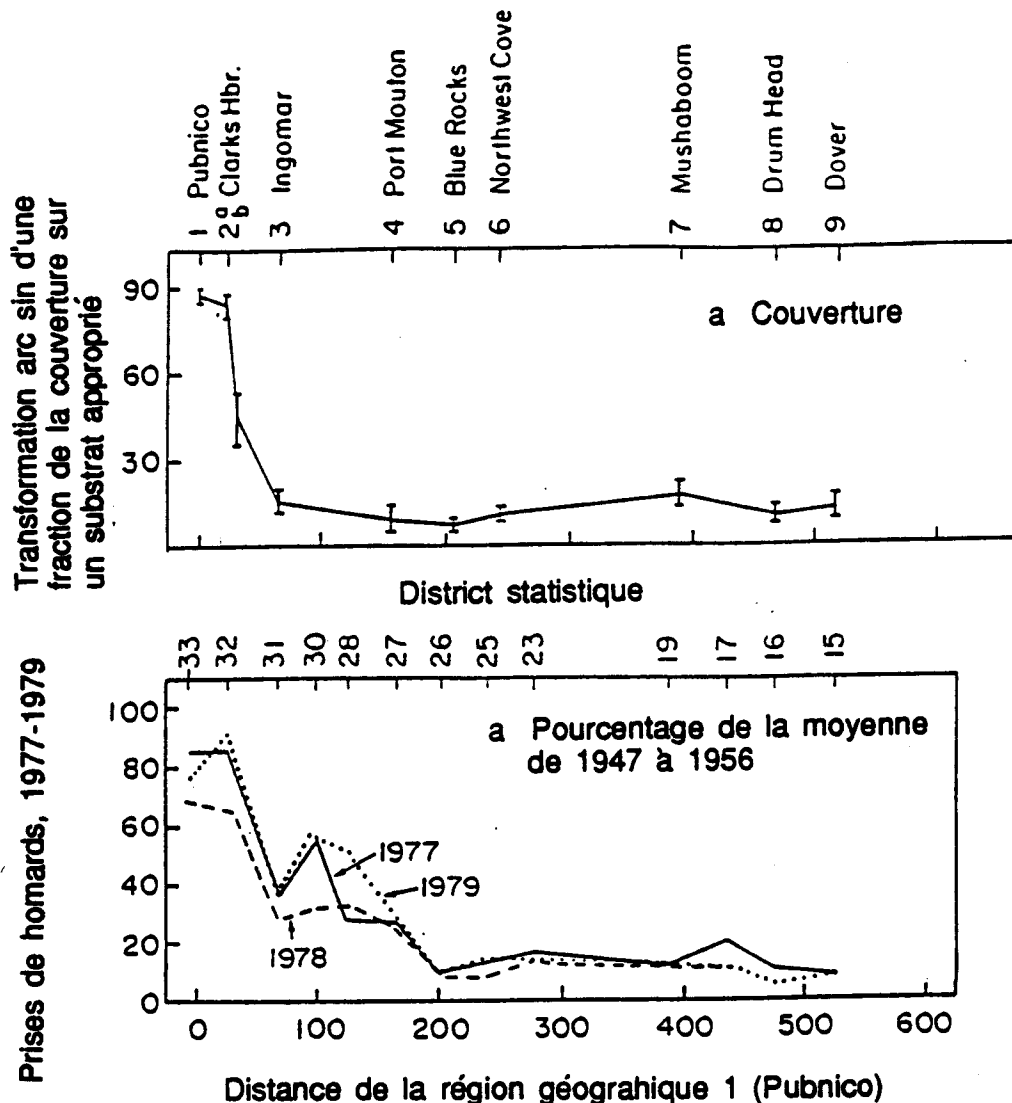


Figure 7. Relation entre l'abondance du varech et les débarquements de homards à différents endroits sur la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse.

homard et d'autres espèces. Il y a un certain compromis à faire entre l'utilisation du varech comme ressource et ses effets probables sur des espèces de valeur au moins égale sinon supérieure.

RÉSUMÉ

Au cours de cette courte revue d'un sujet très vaste, j'ai tenté de faire ressortir les aspects de l'habitat côtier et des estuaires qui sont nécessaires au maintien de la grande productivité des ressources que nous souhaitons tous.

Le principe fondamental à retenir est que la production végétale se fait près de la surface de l'eau, là où la lumière est la plus abondante, mais que le réservoir des substances nutritives dont les plantes ont besoin se trouve dans les eaux profondes, près du fond. Tout mécanisme qui permet à ces substances de remonter

à la surface accroît la productivité. Il y a trois mécanismes de ce genre qui entrent en jeu:

- 1) L'écoulement d'un cours d'eau dans un estuaire établit une "circulation d'estuaire" dans le cadre de laquelle les eaux riches en substances nutritives sont entraînées dans l'estuaire, puis à la surface. Pour cette raison, les estuaires sont particulièrement productifs. La modification du débit d'un cours d'eau aura des effets sur le fonctionnement de l'estuaire.
- 2) **Mélange par les marées.** Le mouvement des marées crée des courants de marée qui, quand ils se déplacent sur des fonds accidentés, entraînent une turbulence dans les eaux qui se trouvent au-dessus. Le mélange par les marées entre en interaction

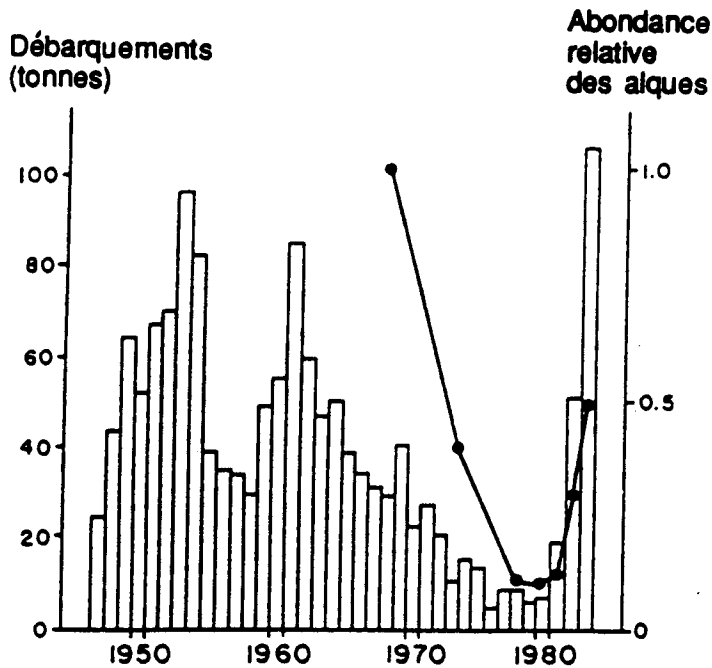


Figure 8. Lien entre l'abondance du varech et les débarquements de homards.

avec le débit d'eau douce dans un estuaire, favorisant encore davantage la production. Certaines zones des eaux côtières (les eaux du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse) sont mélangées par les marées la plupart du temps et sont donc plus productives que d'autres.

3. **Les courants créés par les vents** peuvent entraîner les eaux de surface loin de la côte. A ce moment, les eaux profondes remontent le long de la côte pour prendre la place de l'eau qui a été transportée ailleurs. Les eaux qui remontent ainsi sont riches en substances nutritives et constituent un autre facteur qui contribue à faire des eaux côtières des eaux plus productives que les eaux libres.

En plus de tous ces mécanismes d'accroissement de la production de phytoplancton et du zooplancton, nous avons vu que les grandes plantes marines, particulièrement les herbes des marais et les algues, croissent en bordure de la mer et contribuent largement à la productivité des eaux côtières.

J'ai insisté sur les mécanismes qui stimulent la production végétale. Une fois que la production est en marche, les invertébrés peuvent l'exploiter et le poisson peut se nourrir des invertébrés. Il est clair que les estuaires et les zones côtières sont des régions de production particulièrement élevée et sont par conséquent des habitats de première qualité pour le poisson.

Puisque les bassins hydrographiques, les estuaires et les eaux côtières sont aussi des régions à forte densité de population humaine, il faut porter une attention particulière à leur protection contre les effets nuisibles des activités de l'homme.

RÉFÉRENCES

- (1) SINCLAIR, M. and T.D. ILES, 1985. Atlantic herring (*Clupea harengus*) distribution in the Gulf of Maine – Scotian Shelf area in relation to oceanographic features. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42:880-887.
- (2) MANN, K.H. 1982. **Ecology of Coastal Waters: A Systems Approach**. Blackwell Scientific, Oxford, 322 p.
- (3) STEEVER, Z.E., R.S. WARREN and W.A. NIERING. 1976. Tidal energy subsidy and standing crop production of *Spartina alterniflora*. Estuar. Coast. Mar. Sci. 4:473-478.
- (4) STUART, V., E.J.H. HEAD and K.H. MANN. 1985. Seasonal changes in the digestive enzyme levels of the amphipod *Corophium volutator* (Pallas) in relation to diet. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 88:243-256.
- (5) PLATT, T., R.J. CONOVER, R. LOUCKS, K.H. MANN, D.L. PEER, A. PRAKACH and D.D. SAMEOTO. 1970. Study of a eutrophicated marine basin. Proc. FAO Tech. Conf. on Marine Pollution and its effects on living resources and fishing. FAO Doc. FIR: MP/70/E-30. FAO Rome.
- (6) MANN, K.H. 1972. Case History: River Thames. In Oglesby, R.T., C.A. Carson and J.A. McCann (eds.) *River Ecology and Man*. Academic Press, New York, pp. 215-232.
- (7) SUTCLIFFE, W.H., JR. 1973. Correlations between seasonal discharge and local landings of American lobster (*Homarus americanus*) and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) in the Gulf of St. Lawrence. J. Fish. Res. Bd. Can. 30:856-859.
- (8) WHARTON, W.G. and K.H. MANN. 1981. Relationships between destructive grazing by the sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) and the abundance of American lobster (*Homarus americanus*) on the Atlantic coast of Nova Scotia. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38:1339-1349.

- (9) MILLER, R.J. 1985. Seaweeds, sea urchins and lobsters: a reappraisal. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42:2061-2072.

QUESTIONS

À quoi attribue-t-on la surpopulation d'oursins qui a détruit le varech? S'agit-il d'un phénomène cyclique?

Mann: Tout ce qu'on sait, c'est que les oursins étaient rares et sont devenus soudainement très abondants, puis sont redevenus rares, ce qui en soi ne constitue pas un phénomène cyclique. Avant cette situation, les seules données que nous ayons proviennent de pêcheurs qui se souviennent d'avoir vu, certaines années, beaucoup de coquilles d'oursins sur la plage. Pourquoi deviennent-ils tout à coup si abondants? On se le demande toujours. On a d'abord proposé que les homards étaient les prédateurs naturels des oursins et, comme le homard a fait l'objet d'une exploitation intense, que cette situation aurait permis aux oursins de devenir très abondants. Mais nous n'avons pas encore pu prouver cette théorie et d'autres chercheurs croient qu'il y aurait d'autres raisons. D'après une autre théorie, habituellement, le recrutement des oursins dépend beaucoup des courants. Ils passent de nombreuses semaines au stade de plancton, flottant passivement dans l'eau et, s'ils sont transportés vers la haute mer, il s'agira d'une mauvaise année pour les oursins. Il se peut qu'il y ait eu une année au cours de laquelle les conditions océanographiques étaient extrêmement favorables aux oursins et qu'ils aient été tellement abondants que les prédateurs naturels n'ont pu en consommer

suffisamment pour limiter la population. Ils sont alors devenus tellement abondants qu'ils ont détruit les lits de varech. Toutefois, je dois dire que nous ne le savons pas vraiment.

Croyez-vous que la construction de la jetée de Canso ait nui au recrutement du homard?

Mann: Une autre théorie a été avancée: elle semble bonne, mais nous n'avons pas encore pu recueillir suffisamment de preuves favorables ou défavorables. D'après cette théorie, la construction de la jetée de Canso aurait bloqué la baie Chedabouctou, où les larves arrivent du golfe Saint-Laurent par le détroit. Ainsi, il n'y avait plus de larves de homard, de sorte qu'après quelques années, la population de homards a été décimée. Quand cela s'est produit, les larves se nourrissaient en suivant les courants dominants jusqu'à certains endroits le long de la côte est, de sorte qu'elles ont aussi été décimées, et ainsi de suite le long de la côte. C'est une théorie intéressante, mais je ne suis pas certain qu'on puisse avancer qu'il s'agit de la cause principale de la diminution des stocks. Puisque les populations de homard se sont rétablies et que la jetée de Canso est encore là, on peut continuer à se poser des questions.

Le mélange des matières nutritives qui stimulent la croissance est-il un phénomène qui se produit à l'année longue?

Mann: Le seul moment où il est important, c'est au printemps, soit pendant la saison de croissance du plancton.



Effets sur l'habitat du poisson des modifications physiques des estuaires

Graham R. Daborn

RÉSUMÉ

Les estuaires ont joué un rôle d'une extrême importance, souvent passé inaperçu, dans le développement des civilisations humaines partout dans le monde. Environ un quart ou plus de la population mondiale vit dans les estuaires, ou dans des établissements qui se sont développés autour des réseaux d'estuaires. Par ailleurs, une bonne parti du reste a des effets indirects sur les estuaires par ses influences sur les bassins hydrographiques d'amont. Les modifications constantes à la morphologie des estuaires ont transformé le rôle joué par la plupart d'entre eux parce que les caractéristiques physiques de l'estuaire déterminent la nature et l'étendue de sa productivité biologique.

L'expansion urbaine et industrielle dans les estuaires et leurs bassins hydrographiques a entraîné des modifications intensives de leur morphologie. Les murs de retenue, les quais, les empilements de roche, aménagés pour réduire l'érosion, transforment des rivages interactifs qui absorbent l'énergie, en chenal, de sorte que l'énergie des marées et des cours d'eau est conservée, ce qui a des effets sur les caractéristiques de mélange de l'estuaire. Les ponts et les jetées diminuent dans des proportions diverses la largeur du chenal, accroissant ainsi la vitesse des courants (et la probabilité d'érosion) à certains endroits. Les jetées, particulièrement, diminuent le renouvellement par les marées, favorisant la stratification et réduisant la circulation d'estuaire. Les programmes de recyclage des terres en vue de l'expansion résidentielle, industrielle ou agricole, éliminent les entités productives que sont les marécages, augmentant davantage la création de chenaux, pour protéger des terres d'une grande valeur pour l'homme.

Les effets de ces changements sur l'habitat du poisson sont importants et la plupart du temps négatifs. L'élimination ou la destruction des frayères ou des aires d'alimentation, tant pour les poissons d'importance commerciale que pour le poisson fourrage, a été fréquente. Les changements apportés aux caractéristiques de mélange des estuaires modifient la chaîne alimentaire. Bien que les estuaires soient souples et s'ajustent aux modifications des phénomènes de brassage, d'érosion et de sédimentation, le temps nécessaire est considérable. Un nouvel équilibre peut prendre des décennies à s'établir; la plupart du temps quand cela se produit, de nouveaux changements sont en place.

Même de petites modifications circonscrites peuvent être néfastes: les effets cumulatifs de plusieurs petits changements sont généralement sous-estimés.

Les estuaires ont aussi de fortes interactions avec tous les systèmes auxquels ils sont reliés – les bassins hydrographiques en amont, les zones côtières à proximité et même les eaux très éloignées – à cause des effets biologiques et des marées. Ces points seront illustrés avec référence à l'Est du Canada.

INTRODUCTION

L'interface entre l'habitat d'eau douce et l'habitat marin est l'un des milieux les plus mal connus du Canada⁽¹⁾. Les estuaires sont évidemment les victimes de multiples utilisations néfastes en amont, et constituent souvent d'importants tampons entre la terre et les eaux côtières. Ils sont aussi fortement influencés par divers phénomènes océaniques, à partir des marées aux ondes de tempête. Mais les plus grandes influences sur les conditions des estuaires et leur fonctionnement au cours des cent dernières années ont sans aucun doute été les activités de l'homme.

De tout temps, les estuaires ont joué un rôle extrêmement important dans le développement de la plupart des sociétés humaines. Ils fournissent la nourriture, le transport, le traitement des déchets, les loisirs, les terres (par "recyclage"), les lieux d'expansion urbaine et industrielle, les eaux de refroidissement pour les centrales d'énergie thermique, l'énergie mécanique et électrique, etc. Pendant des siècles, nous avons sans contrainte modifié les estuaires en construisant des murs de protection, des digues, des ponts, des quais, des ports, des canaux et des jetées. Au cours du dernier siècle, notre capacité de modifier les systèmes côtiers s'est accrue radicalement et, en conséquence, de nombreux estuaires ont connu une grave détérioration. Même les plus légers changements des paramètres physiques semblent avoir des

conséquences écologiques profondes. De plus, les estuaires se caractérisent par un état de changement continu dû aux processus naturels d'érosion, de sédimentation et de changement du niveau de la mer. La complexité de ces processus interactifs est rebutante. En général, notre habileté à modifier ces systèmes dépasse de loin notre capacité de prédire les conséquences des changements.

Dans une large mesure, la détérioration des estuaires peut être attribuée aux changements de leurs caractéristiques physiques, particulièrement la modification du régime et de la vitesse du débit. La compréhension des effets des structures qui modifient le débit est la clé de ce qu'il faut savoir pour préserver cet habitat du poisson qui diminue tous les jours.

LIMITE À L'ÉROSION

On a toujours accordé une très grande valeur aux propriétés côtières, pour des raisons à la fois esthétiques et pratiques. Evidemment, il y a là un conflit direct et évident avec le processus inexorable de l'érosion observé le long de la plupart des rivages. Bien que le rythme varie considérablement d'un endroit à l'autre, la combinaison de la hausse du niveau de la mer et des marges côtières

géologiquement "tendres" entraîne des pertes moyennes de 1,5 m par année, surtout sur la côte est de l'Amérique du Nord⁽²⁾. Par conséquent, on a fait beaucoup d'efforts pour contrer cette perte de terrain par des programmes de remplissage des plages, la construction d'épis, de murs de retenue, de tombolos, de murs de protection et de brise-lames de tous genres. Bien qu'on ait fait preuve de beaucoup d'imagination dans la conception technique, l'échec de ces structures a été fréquent et souvent spectaculaire. On peut ramener ces échecs à deux sous-estimations fondamentales: la puissance des vagues et des courants côtiers et les liens sur de longues distances de différentes parties du rivage. Fréquemment, la construction d'un brise-lames ou d'un épi amène une certaine stabilité de la plage ou une accumulation à cet endroit, mais accroît l'érosion le long de parties situées en aval de cette construction.

L'exemple classique d'érosion accélérée résultant de la construction d'un brise-lames est illustré à la figure 1. En 1927-1928, un brise-lames détaché a été installé presque parallèlement à la côte à Santa Barbara (California) pour protéger le port de l'action très forte des vagues. Bien qu'on ait prévu que la dérive naturelle entraînerait le sable dans l'espace entre le rivage et le brise-lames et protégerait le port,

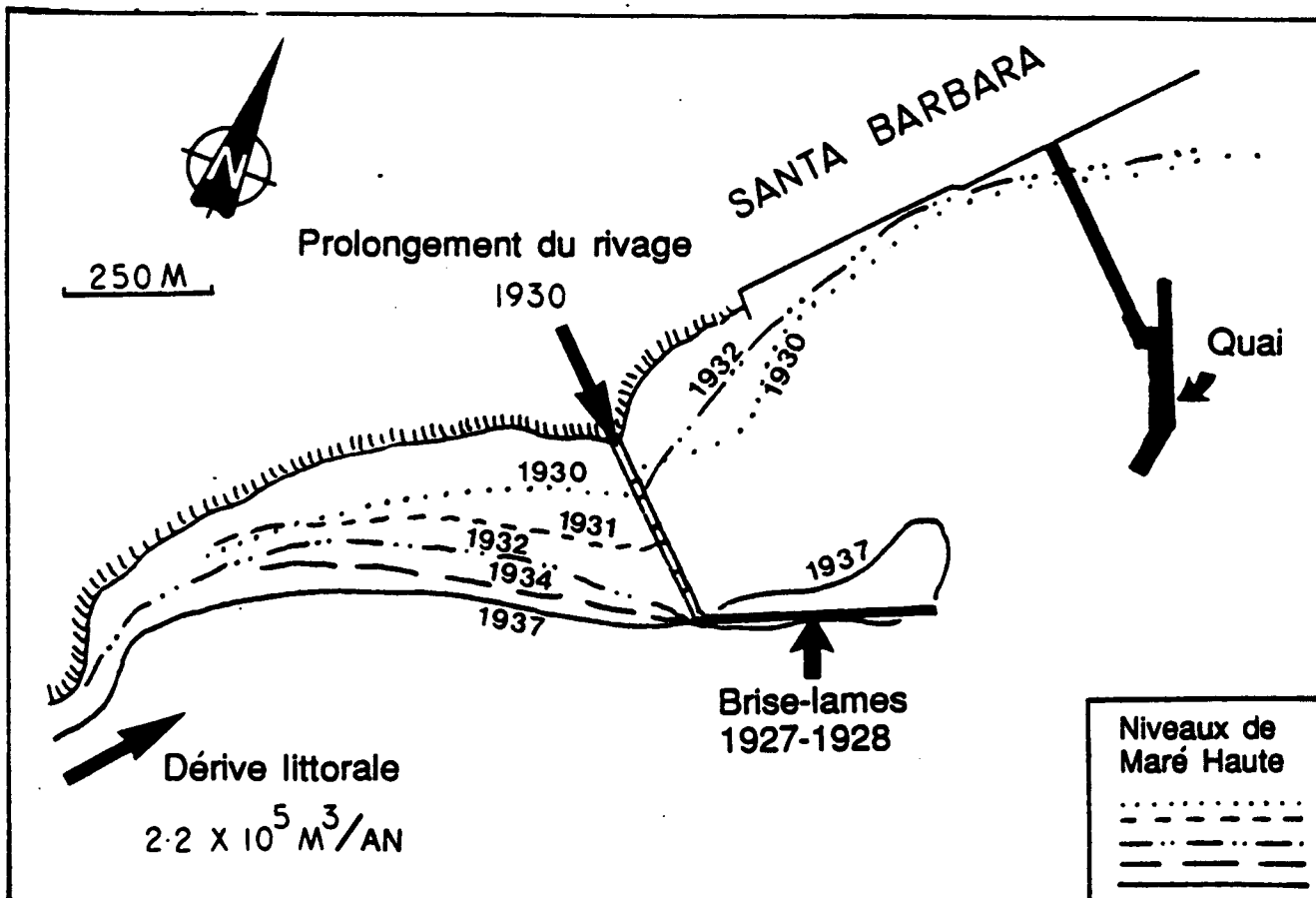


Figure 1. Effets de la construction d'un brise-lames sur l'érosion et le dépôt de sédiments. (d'après Komar, 1983)

la sédimentation a commencé tout de suite après la construction dans la partie protégée, du côté sous le vent du brise-lames. En 1930, par conséquent, le brise-lames a été rattaché à la rive. Ceci a produit d'importants dépôts de sable du côté ouest, en amont, et en sept ans, la côte était rattachée à l'extrémité du brise-lames et commençait à former une flèche qui aurait éventuellement fermé le port. La solution à cet état de chose a donc été de draguer le port continuellement depuis lors. Par ailleurs, est apparu un phénomène tout aussi important que la fermeture du port et d'une importance encore plus grande pour l'habitat du poisson: le brise-lames ainsi rattaché au rivage a produit une érosion intense du rivage, en aval, qui a pu être observée sur près de 40 km.

Dans d'autres situations, des structures de régulation de l'érosion ou de stabilisation de la marge de l'estuaire peuvent avoir des effets tout à fait différents. Dans la plupart des villes construites le long des estuaires ou dans la partie inférieure des cours d'eau, l'expansion urbaine ou portuaire amène généralement la construction de murs verticaux ou de remblais pour empêcher les crues ou les tempêtes d'inonder les établissements. Des surfaces aussi lisses et uniformes réduisent de façon importante la friction, conservant l'énergie du mouvement de l'eau. Les effets sur les processus de mélange des eaux, qui déterminent le genre d'habitat du poisson que sera l'estuaire, sont probablement trop subtils dans la plupart des cas pour pouvoir être décelés. Ils peuvent cependant être d'une importance considérable. Le plus grand mascaret dans le monde se produit dans la rivière Tsientang Kiang, en Chine, où un mur d'eau de quelque cinq mètres de hauteur remonte vers l'amont sur plusieurs kilomètres. Pendant des siècles, les Chinois ont construit des murets de terre et de pierre pour retenir le mascaret et empêcher les inondations dévastatrices des terres en périphérie, pour s'apercevoir enfin que le mascaret progressait encore plus loin en amont. A un certain moment, se rendant compte de la nécessité de dissiper l'énergie cinétique du mascaret, les ingénieurs ont incorporé des contre-forts de pierres sur les rives, contre lesquels pouvaient se briser les vagues.

La formation de plages sablonneuses est généralement encouragée pour deux raisons: pour réduire l'érosion des rivages et pour des raisons esthétiques. Des épis bien conçus et bien construits ont certainement eu des effets positifs dans bien des cas. Sur le plan biologique, cependant, les plages sablonneuses sont relativement peu productives, et servent d'habitat à peu d'espèces de poissons, comparativement à des rivages rocheux ou vaseux. Par conséquent, ces modifications du rivage dans les estuaires ou à proximité doivent être considérées,

dans bien des cas, comme un échange d'habitats existants ou possibles contre des avantages industriels, résidentiels ou récréatifs. Il est aussi essentiel de reconnaître que les avantages recherchés sont relativement de courte durée: la hausse continue du niveau de la mer exige la réparation ou la reconception constante de la plupart des structures de rivage construites par l'homme.

TRANSPORT

La plupart des ports du monde sont ou étaient des estuaires. L'agrandissement graduel, pour accueillir des quantités de plus en plus grandes de marchandises et particulièrement des navires de plus en plus grands, a généralement entraîné l'élimination totale de l'habitat du poisson dans ces estuaires. La marge naturelle tendre des estuaires est éliminée pour faire place aux quais; les marécages vaseux disparaissent sous l'asphalte et le béton. Dans la plupart des ports, les pêcheurs sportifs se limitent aux enfants qui s'y intéressent pour le plaisir de capturer un poisson, quelle que soit son espèce et qu'il soit ou non comestible. Puisque la plupart des ports sont associés à des régions urbaines, à l'élimination d'habitat productif s'ajoute le rejet de matières nocives dans l'estuaire, créant des conditions anaérobiques et la présence d'eaux toxiques et de sédiments dans des zones assez étendues.

Comme nous l'avons mentionné dans la communication précédente, la circulation naturelle de l'estuaire entraîne une migration vers l'amont des sédiments, qui ont tendance à s'accumuler près de l'entrée de l'eau salée. A mesure que s'étendent les centres urbains autour des ports, les activités de construction accroissent de façon très importante les quantités de sédiments dans l'estuaire: l'érosion associée à la construction produit de 10 à 100 fois le volume des sédiments produits par l'exploitation minière ou l'agriculture. En Amérique du Nord, on a calculé qu'une augmentation, dans une ville, de 1 000 personnes, produit de 600 à 1 600 tonnes de sédiments au cours des cinq premières années⁽³⁾. La plupart de ces sédiments se retrouvent dans l'estuaire.

Les tentatives en vue d'approfondir les ports pour permettre l'accès aux bateaux à plus grand tirant d'eau augmentent le débit des eaux de fond vers l'amont, ce qui provoque un dépôt encore plus rapide des sédiments qu'auparavant. le dragage des ports en estuaire devient donc une exigence permanente avec un avantage: plus on retire de sédiments dans une région de dépôts naturels, plus rapidement ces dépôts sont remplacés. Logiquement, il faudrait donc trouver une autre solution.

Les répercussions environnementales du dragage des ports sont nombreuses et sont liées à la nature des sédiments (par exemple taille des particules, densité) et à la charge chimique connexe. On en parlera dans la prochaine communication.

Les exigences des réseaux de transport ont entraîné la construction d'un grand nombre de ponts et de jetées dans les estuaires à des endroits pratiques. En général, les ponts ne provoquent pas de perte massive de l'habitat du poisson, sauf là où il y a plusieurs routes d'accès et où le dragage des sédiments intertidaux est nécessaire pour les assises ou la protection contre l'affouillement. Les piliers de ponts diminuent la largeur de l'estuaire ou du cours d'eau, ce qui entraîne des augmentations circonscrites de la vitesse du courant, mais leurs effets sont généralement restreints et peuvent être facilement corrigés par une bonne conception.

Les jetées dans les estuaires, cependant, constituent un problème tout à fait différent. Généralement construites par un remplissage de roches ou de béton, elles constituent un moyen peu coûteux de traverser un estuaire peu profond, particulièrement si on considère le coût d'entretien. Le coût environnemental, par ailleurs, en est habituellement extrêmement élevé et souvent sous-estimé. Dans l'Atlantique canadien, de nombreux estuaires ont été modifiés par la construction de jetées au cours de récentes décennies. Trois d'entre elles constituent des exemples très utiles de l'étendue dans laquelle une jetée modifie les processus naturels importants de l'estuaire.

Entre 1950 et 1969, l'Administration de l'assainissement des terrains marécageux des provinces maritimes a construit le barrage de la rivière Annapolis, en travers de la passe de la rivière Annapolis, près d'Annapolis Royal (N.-E.)⁽⁴⁾. L'objectif visé était de remplacer un pont désuet de l'autoroute et de protéger 1 740 ha de marécages agricoles "recyclés" contre les inondations pendant les crues d'hiver et les phénomènes de grandes marées. Le barrage comprenait des vannes servant à diminuer le niveau du cours d'eau en cas de grande crue, et une passe migratoire permettant le passage des espèces migratrices qui se reproduisent dans l'estuaire et la rivière Annapolis. Le barrage a eu pour effet de convertir un estuaire verticalement homogène avec jusqu'à neuf mètres de marnage en un estuaire stratifié, à lame d'eau salée⁽⁵⁾ (figure 2). Avec la stratification, les dépôts de fond jusqu'à 30 km en amont ont été recouverts d'une fine vase à cause du manque de turbulence tidale. Les communautés benthiques, qui demeuraient toutefois diversifiées et productives en aval du barrage, se sont appauvries en

amont. Les effets directs sur les pêches sont difficiles à déterminer, car il n'y a pas eu d'étude environnementale des conséquences avant la construction du barrage. Le cours d'eau continue d'accueillir diverses espèces, dont certaines s'y reproduisent, mais aucune information sûre n'indique si les stocks ont diminué de taille depuis la construction. De 1980 à 1984, l'estuaire a été en outre modifié par l'installation d'une centrale marémotrice, qui a eu divers effets sur l'environnement. Le fonctionnement de la turbine exige le vannage de grandes quantités d'eau dans le bassin de fond au moment de la marée montante, ce qui augmente le brassage vertical en amont du barrage. D'une certaine façon, ainsi, la centrale vient contrebalancer certains des effets négatifs de la construction de la jetée d'origine. A d'autres égards, toutefois, particulièrement en ce qui a trait au mouvement des poissons, jeunes et adultes, l'établissement de la centrale a aggravé les problèmes^(6, 7).

Entre 1968 et 1970, une jetée de 1 050 mètres, comprenant 5 vannes et une passe migratoire, a été construite en travers de la rivière Petitcodiac, près de Moncton (N.-B.), à environ 21 km sous la laisse de haute mer et à 34 km en amont de l'embouchure de l'estuaire. Comme dans le cas du barrage d'Annapolis, l'objectif était d'empêcher l'inondation des marais recyclés et de prolonger l'autoroute⁽⁸⁾. L'amplitude de la marée était en moyenne de 6,1 m et un curieux mascaret se produisait au moment des marées de vive eau. La remise en suspension par la marée des fines particules de vase et d'argile des marécages environnants maintenait une turbidité très élevée dans la colonne d'eau, avec des charges de matières en suspension de 10 à 25 g/L près de Moncton. Dans les deux années qui ont suivi la fermeture de la jetée, un important marécage de quelque 20 km de longueur s'était formé du côté de la mer; à certains endroits, la hauteur augmentait de 1,5 à 2 m par année. De plus, la passe migratoire, ouverte en permanence, permettait le passage de près de 400 tonnes de sédiments vers l'amont à chacune des marées, sédiments qui pour la plupart étaient retenus en amont du barrage. Par conséquent, cette construction a éliminé de grandes aires d'alimentation du poisson migrateur et a augmenté l'érosion dans le bassin en amont de la jetée.

Des effets semblables ont été observés après la construction d'un barrage de 900 mètres par remplissage de roches en travers de la rivière Avon, près de Windsor (N.-E.) en 1969. En six ans, un marécage de 750 sur 600 m s'était formé du côté de la mer du barrage, le taux d'accumulation dépassant 15 cm par mois. A l'heure actuelle, il semble que le marécage continue à s'étendre dans la zone sous-

Modèle de l'estuaire d'Annapolis

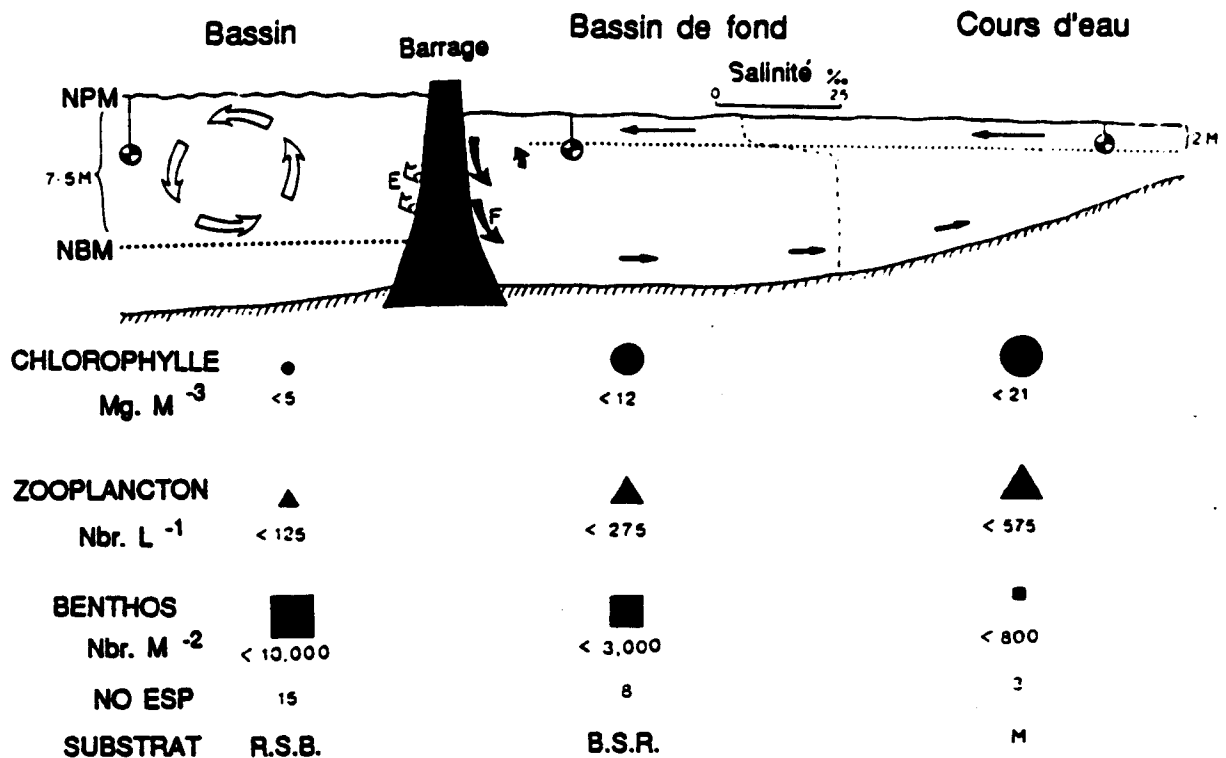


Figure 2. Effets du barrage de production d'énergie marémotrice d'Annapolis sur la structure de l'estuaire d'Annapolis.

tidale, le long de l'estuaire. Ainsi, l'estuaire qui devient de moins en moins profond est considéré comme une menace grave aux activités maritimes à Hantsport, situé à environ 8 km.

L'étude de la formation du marécage de Windsor a servi à connaître les étapes du lent ajustement de l'estuaire au changement de conditions. D'abord, les taux de sédimentation sont tellement rapides qu'ils sont biologiquement stériles: la teneur en eau est très élevée, de sorte que les boues sont trop fluides pour être colonisées par des organismes benthiques. La région devient inutilisable pour la reproduction ou l'alimentation du poisson ou des oiseaux de rivage qui dépendent des crustacés, des vers ou des mollusques benthiques, jusqu'à ce que le marécage se soit suffisamment consolidé. De récentes observations des oiseaux de rivage et des oiseaux qui se nourrissent de poissons (hérons, cormorans), qu'on retrouve en bordure et en surface du marécage, indiquent que les communautés benthiques sont en train de se rétablir, plus d'une décennie et demie après la construction du barrage. Des touts d'herbes de marais sont aussi apparues dans le marécage au cours des dernières années, ce qui semble laisser croire que la consolidation des boues est suffisamment avancée pour que le processus naturel d'évolution du marais soit en cours.

Ces exemples illustrent certaines conséquences de la construction des jetées dans les estuaires, mais il y en a bien d'autres. La diminution de renouvellement par les marées défavorise l'accumulation des cours d'eau en amont, ce qui peut mener à l'eutrophisation. Comme dans le cas des lacs, les conditions d'eutrophisation sont généralement peu favorables aux espèces de poissons de qualité que l'homme préfère. Quant à la grande production de phytoplancton en surface, si les conditions favorisent son établissement sous l'interface eau douce - eau salée dans une lame d'eau salée où il y a peu de circulation, on verra apparaître des conditions anoxiques avec destruction des animaux benthiques et détérioration de l'habitat du poisson. On trouve beaucoup d'exemples de ce genre à l'Île-de-Prince-Edouard où on a récemment entrepris un programme de retrait des jetées pour les remplacer par des ponts.

L'élimination des marécages bien renouvelés des zones tidales et intertidales restreint la productivité des éléments qui font souvent des estuaires des endroits favorables à la reproduction et à l'alimentation du poisson. Avec le temps, on peut retrouver dans les parties stratifiées de l'estuaire des communautés pélagiques productives; dans certains cas, elles peuvent même être utilisées de façon profitable pour les activités de mariculture que favorise

l'accroissement de la production pélagique et du phytoplancton. Souvent, cependant, la pollution empêche toutes ces activités.

RECYCLAGE DES TERRES

Les marécages des zones tidales ont été exploités par l'homme pendant des siècles, habituellement à des fins économiques quelconques. Ils constituent une composante importante, et souvent dominante, des estuaires, particulièrement dans les régions tempérées⁽⁹⁾. Devant l'étendue des zones urbaines et industrielles, de nombreux marécages en Amérique du Nord et en Europe ont cédé la place aux habitations, aux usines ou tout simplement aux zones de remplissage. Une autre activité, plus ancienne et apparemment plus justifiable, a été le "recyclage" des marécages à des fins agricoles.

Dans les provinces Maritimes, l'andiguement et le drainage des marécages pour en faire des terres agricoles fertiles ont commencé avec les Acadiens au début du dix-septième siècle. D'après les documents, en de decà d'un siècle de l'établissement de l'habitation à Port Royal (N.-E.) (en 1605), presque tous les 35 700 ha de marécage qui entouraient la baie de Fundy avaient été recyclés et servaient à produire de grandes quantités de blé, de foin et de légumes. Aujourd'hui, seulement environ 16% des marais primitifs demeurent, certains étant "retournés à la mer", des tempêtes ayant détruit les digues qui n'ont pas été réparées, par la suite. L'évaluation des conséquences du retrait des marécages naturels par rapport à l'habitat du poisson exige une bonne compréhension du rôle naturel du marais.

Les marécages dans les zones tidales sont créés là où les sédiments s'accumulent dans les parties peu profondes de l'estuaire ou le long des côtes. Ils sont généralement dominés par de grandes herbes, particulièrement la spartine alterniflore, *Spartina alterniflora*, dans la partie inférieure de la zone intertidale, et une autre, la spartine étalée, *Spartina patens*, vers la laisse de haute mer. Quand la marée inonde le marécage, les tiges des herbes emprisonnent les sédiments qui s'accumulent, avec les matières nutritives qui y sont associées, pour créer un sol fertile. Par conséquent, les marécages sont reconnus comme des endroits de grande productivité biologique. Sur le plan écologique, la communauté des marais en est une de colonisation et de stabilisation d'un habitat relativement nouveau. Elle est donc constituée de peu d'espèces (faible diversité), certaines étant très abondantes et productives. Généralement, on observe une succession de phénomènes au cours de l'évolution du marécage (figure 3), où l'espèce pionnière *S.*

alterniflora colonise le marécage exposé, entraînant une accumulation encore plus grande de sédiments et produisant des dépôts de tourbe qui s'accumulent progressivement vers les niveaux de la haute mer. Avec le temps, les marécages de *S. alterniflora* atteignent les plus hauts niveaux des marées de morte eau, où les conditions lui sont moins favorables et où elle commence à diminuer pour être remplacée par *S. patens* et d'autres plantes plus tolérantes. Le processus de croissance du marécage vers l'amont se poursuit jusqu'au niveau des marées de vive eau, où *S. patens* cède la place aux arbustes terrestres.

Au cours de cette évolution, la productivité du marais change considérablement: sur une base annuelle, la partie inférieure du marais avec *S. alterniflora* est beaucoup plus productive que la partie supérieure. Dans notre région, une bonne partie de la croissance au-dessus du sol de *S. alterniflora* est perçue sous forme de déchets de feuilles dans les eaux qui les inondent, où elle forme la base de la chaîne alimentaire menant aux poissons en passant par les crustacés (figure 4). De récentes études portent à croire que les marécages actuels contribuent dans une proportion de 25 à 30 % à la production totale des régions inférieures de la baie de Fundy. Il s'agit là d'un écosystème qui constitue d'importantes aires d'alimentation pour plus de 50 espèces de poissons (y compris des stocks qui viennent de nombreuses parties de la côte est de l'Amérique du Nord) et des millions d'oiseaux de rivage qui migrent de l'Arctique et des Antilles pour se nourrir⁽⁹⁾. Si l'évolution naturelle se poursuit, une bonne partie des terres marécageuses sera transformée en marécages supérieurs qui sont moins fréquemment inondés et moins productifs que les marais inférieurs. Dans des circonstances naturelles, cependant, des tempêtes périodiques ou des changements du cours des rivières entraînent l'élimination ou la destruction du marécage supérieur, ramenant le processus d'évolution à la première étape de colonisation, de très grande productivité. La hausse du niveau de la mer a le même effet.

C'est ce marais supérieur, avec son sol fertile accumulé pendant des siècles, qui a été le principal objectif des programmes de "recyclage", visant à accroître les terres agricoles. En ce sens, le retrait des marécages supérieurs moins productifs qui contribuent peu à la chaîne alimentaire des estuaires peut être considéré comme une perte peu importante pour l'habitat du poisson. Par ailleurs, ces marais sont périodiquement détruits par des phénomènes naturels et, comme nous venons de le décrire, sont remplacés par des marécages inférieurs plus productifs. Par conséquent, briser le cycle en convertissant ces marécages en terres agricoles ou en zones de

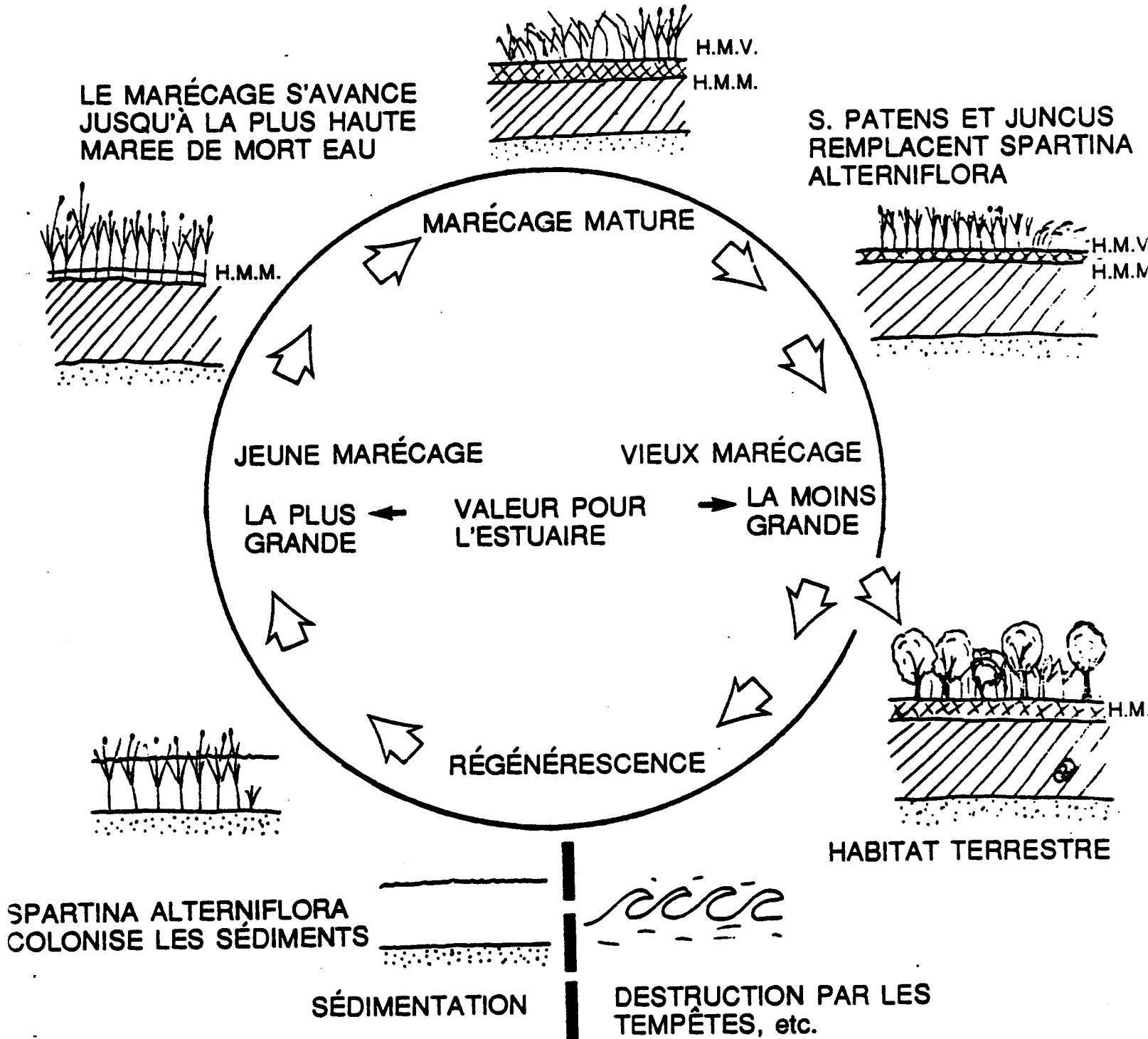


Figure 3. Cycle des marécages. (modifié d'après Godfrey et Godfrey, 1975)

remplissage constitue une perte importante pour l'estuaire et les ressources halieutiques côtières.

La conversion progressive du marécage en terres agricoles qui, aux yeux de l'homme, ont une plus grande valeur, s'ajoute à la construction de digues de protection qui limitent encore davantage le développement vers la mer des marécages inférieurs.

Certains des exemples les plus extrêmes de recyclage des terres peuvent être observés aux Pays-Bas. Près de la moitié des 32 800 km² de surface du pays se trouvent sous le niveau de la mer, traditionnellement protégés par des digues construites autour des limites des marécages et des dunes, du côté de la mer. Les grands programmes de recyclage remontent au moins au dix-septième siècle, mais on en trouve de moins

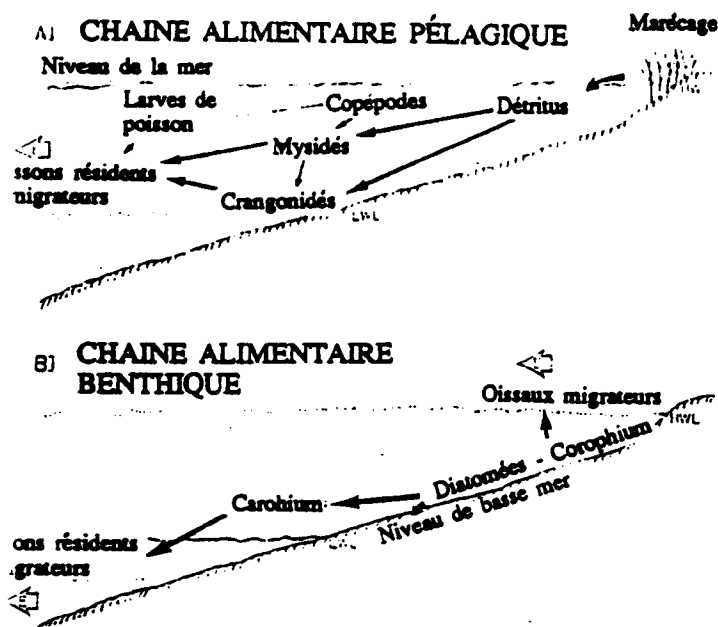


Figure 4. Chaînes alimentaires de la baie de Fundy.

Importants bien des siècles avant. Toutes les terres recyclées, cependant, une fois établies, prennent une très grande valeur pour l'homme et, ainsi, doivent être protégées contre les phénomènes naturels. Un important désastre s'est produit en 1953 quand une onde de tempête de 3 mètres a brisé de nombreuses digues, inondant 1 365 km² de terres et tuant 1 865 personnes. Immédiatement après, par décision du gouvernement, on fermait tous les estuaires entre l'Escaut occidental et le canal Européen, au moyen de barrages de roches et de béton. La fermeture des barrages a entraîné la stagnation des eaux ainsi emprisonnées, la destruction des grandes pêches basées sur les espèces de poissons des estuaires, la pollution de l'eau potable et l'élimination d'importants biens récréatifs. Enfin, des barrages sur une aussi grande échelle ont amené les planificateurs à réviser le projet de fermeture du dernier grand estuaire, l'Escaut occidental. On a donc eu recours à une barrière plus coûteuse contre les ondes de tempête plutôt qu'à un barrage pour préserver ce qui restait de l'habitat du poisson d'estuaire dans la région du delta.

PRODUCTION D'ÉNERGIE

Les estuaires sont des endroits privilégiés pour la production d'énergie au moyen de centrales thermiques ou nucléaires, à cause de la nécessité d'eau de refroidissement. De grandes quantités d'eau sont retirées d'un cours d'eau ou d'un estuaire avant d'y être retournés à des températures beaucoup plus élevées. Dans un climat aussi frais que celui de l'Est du Canada, la pollution thermique n'est généralement pas un problème, comme elle peut l'être dans les climats chauds du sud. Dans ce cas, la hausse des

températures en été dépasse fréquemment le seuil de tolérance des larves de poisson, entraînant la mort, ou des effets indirects par manque d'oxygène et de ressources alimentaires. La mort est aussi causée par les écrans utilisés pour protéger les prises d'eau des centrales.

Là où le marée est suffisamment grand, l'énergie mécanique ou électrique peut aussi être produite directement à partir des mouvements de marée des eaux de l'estuaire. L'énergie marémotrice est une vieille technique: il existait des moulins marémoteurs produisant de l'énergie mécanique au 11-siècle, en Europe, et on en trouvait encore des semblables en Amérique du Nord au cours des deux derniers siècles. Les projets modernes d'énergie marémotrice, cependant, sont à très grande échelle et produisent de l'électricité. Il existe actuellement des centrales marémotrices produisant de 0,4 à 240 megawatts et on envisage la construction de centrales encore plus grandes. La conception est essentiellement toujours la même: un barrage de roches ou de béton construit dans un inlet macrotidal (amplitude de la marée de plus de 5 m) pour créer un bassin de fond qui peut être rempli par la marée. Le barrage comprend des vannes pour régler le débit d'eau et des génératrices pour la production d'électricité. L'énergie est habituellement créée à partir de la marée descendante, bien qu'on puisse utiliser les marées montantes et descendantes.

Les effets physiques de ces structures sont associés tant au barrage lui-même qu'au fonctionnement de la centrale. La construction des barrières tidales entraîne évidemment d'importantes modifications du débit de l'estuaire et des eaux côtières auxquelles l'estuaire est relié. Dans un estuaire macrotidal, il y a un grand brassage vertical à cause des forts courants de marée. Après la construction du barrage, comme dans le cas du barrage d'Annapolis décrit ci-dessus, le mélange des eaux par la marée en amont du barrage est tellement restreint qu'il se produit une stratification des eaux du bassin de fond. Une des victimes de cet effet est la communauté benthique qui ne reçoit plus d'apport continu ou dont les sources alimentaires ne sont plus renouvelées. Le fonctionnement d'une centrale marémotrice peut diminuer la stratification dans une certaine mesure, selon la quantité d'eau qui passe par les vannes dans le bassin de fond pendant le remplissage. Néanmoins, le résultat en sera probablement une diminution de l'habitat du poisson, tout au moins des espèces qui s'y reproduisaient auparavant ou qui se nourrissaient dans les bras de mer bien mélangés par les marées. A cause de la diminution de la turbidité de l'eau quand il y a stratification, la pénétration de la lumière dans le bassin de fond peut augmenter, entraînant une plus

grand productivité primaire dans les eaux de surface. Bien que celle-ci ne soit pas nécessairement transférée au benthos à cause de la stratification, elle pourrait avoir des répercussions favorables pour les espèces pélagiques.

L'expérience dans le cas de la centrale marémotrice d'Annapolis, qui a commencé à fonctionner en 1985, a renforcé les théories mentionnées ci-dessus en ce qui a trait aux répercussions des jetées sur les conditions écologiques de l'estuaire. Le fonctionnement des vannes pour remplir le bassin de fond à la marée montante a causé un grand brassage vertical dans la colonne d'eau sur une certaine distance en amont du barrage. La pénétration de la lumière est plus grande que quand le bassin était stratifié (parce que l'eau de la rivière Annapolis est naturellement teintée brun foncé) et par conséquent la production primaire s'étend sur une plus grande profondeur qu'avant l'ouverture de la centrale. Les résultats laissent croire à des conditions plus favorables pour les animaux benthiques dans la région se trouvant à proximité de la jetée et, par conséquent, à un habitat plus favorable pour le poisson qui cherche sa nourriture au-dessus du barrage. D'autres effets cependant restent à évaluer. En particulier, les indications selon lesquelles l'érosion des rives aurait augmenté en amont et les sédiments auraient traversé le barrage pour se déposer dans les zones intertidales en aval, mais elles n'ont pas encore été vérifiées. Les observations dans le bassin révéleraient que la sédimentation en amont du barrage n'a pas permis l'augmentation prévue des populations benthiques sauf près de la jetée elle-même. Il est probable qu'il faudra plusieurs années avant que les conditions se stabilisent suffisamment.

La restriction du débit dans les passages des turbines pendant la production constitue une menace importante pour les populations de poissons qui migrent vers la mer ou qui passent de l'autre côté du barrage en quête de nourriture. Le taux de mortalité à la centrale marémotrice d'Annapolis est plus élevé que prévu à tous les stades du cycle^(6, 7). Il est possible de décourager les poissons de passer dans la turbine, mais il est évident qu'il faut absolument un passage vers l'aval pour la préservation des stocks naturels. La construction de barrage dans un estuaire macrotidal, cependant, peut avoir des effets environnementaux qui s'étendent bien au-delà des limites de l'estuaire lui-même. Les caractéristiques des grandes marées de ces estuaires viennent du fait que la période naturelle d'oscillation de l'eau dans l'estuaire est presque la même que la période naturelle de 12,4 heures des marées, ou en est un simple multiple. Par conséquent, chaque marée montante est renforcée par l'onde réfléchie des marées précédentes, phénomène appelé résonance,

de sorte que chacune est amplifiée. La période naturelle de la baie de Fundy – golfe de Maine – banc de George (FMG) est d'environ 13 1/3 h; la réduction de la baie par la construction d'un barrage au fond aura pour effet de ramener la période naturelle encore plus près de la période forcée de la marée et, ainsi, d'accroître l'amplification⁽¹⁰⁾. Par conséquent, on prévoit que la construction d'un barrage en travers du bassin Minas augmentera le marnage dans le golfe du Maine de 20 à 30 cm, ce qui représente 10 à 15% de l'amplitude actuelle.

Les conséquences écologiques d'un tel changement pourraient être profondes et ont une importance particulière pour l'habitat du poisson dans l'ensemble du réseau FMG. L'augmentation de l'amplitude de la marée entraînera un brassage vertical encore plus grand dans les régions peu profondes du golfe; ce qui, en retour, diminuera la température de surface de la mer, mais augmentera le rythme de retour des substances nutritives des eaux profondes, favorisant la production primaire du phytoplancton des eaux de surface. Ces changements pourraient avoir des effets bénéfiques pour certains des stocks de poissons commerciaux du golfe et du banc de George⁽¹¹⁾. Quant aux effets négatifs associés à l'accroissement de l'amplitude de la marée, citons le brouillard côtier, les inondations et probablement des problèmes de drainage.

Les grandes projets de centrales marémotrices s'accompagnent donc d'effets environnementaux très variés. Ces projets ont montré que les estuaires étaient étroitement reliés, par des liens physiques et biologiques (par l'entremise des oiseaux et des poissons migrateurs) aux eaux côtières éloignées. Dans le cas de la baie de Fundy, les liens biologiques par le poisson s'étendent à l'ensemble de la côte est de l'Amérique du Nord. Les oiseaux migrateurs relient la baie à l'est de l'Amérique et à l'Amérique du Sud. Ces projets montrent aussi clairement que chaque estuaire est dans une certaine mesure unique, de sorte que l'information recueillie par l'étude d'un estuaire peut être appliquée à une autre, mais avec la plus grande prudence. L'estuaire d'Annapolis, par exemple, n'est pas un très bon exemple pour d'autres estuaires du réseau de Fundy, parce que les conditions physiques ne sont pas exactement les mêmes ailleurs.

Un des derniers points reliés aux modifications physiques des estuaires et à leurs effets sur l'habitat du poisson est l'effet des changements en amont de l'estuaire lui-même. La manière dont l'eau des cours d'eau et de l'océan se mélangent dans l'estuaire dépend de la forme de l'estuaire, du marnage local et de l'écoulement du cours d'eau. Comme on l'a décrit

dans le présent document et dans une communication antérieure, le mélange est critique puisqu'il détermine la nature de la productivité et les aspects de l'habitat du poisson dans l'estuaire. Par conséquent, les changements d'écoulement du cours d'eau sont importants. Les projets traditionnels hydroélectriques dans le bassin hydrographique peuvent modifier largement l'écoulement saisonnier du cours d'eau et, ainsi, le degré de stratification ou de mélange en aval. Pour le même ouvrage, un écoulement accru tend à favoriser la stratification dans l'estuaire et à améliorer la circulation. Dans la région de l'Atlantique, les projets de stockage hydro-électrique visent à préserver les phénomènes des crues du printemps et du début de l'été, réduisant l'apport dans l'estuaire à cette période, mais en l'accroissant en hiver. Les effets sur l'habitat du poisson dans l'estuaire et les eaux côtières dépendent du cycle saisonnier naturel du poisson (qu'il se reproduise au printemps, à l'été ou en automne) et à sa dépendance relative à l'égard des ressources alimentaires benthiques ou pélagiques.

Les effets cumulatifs de plusieurs différents projets hydro-électriques dans le même bassin hydrographique ne peuvent être sous-estimés, bien que chaque projet serait évalué séparément. Le golfe du Saint-Laurent offre un excellent exemple d'interaction de plusieurs projets. Au cours des trois dernières décennies, des douzaines de réservoirs de stockage d'hydro-électricité ont été construits dans le bassin du Saint-Laurent. Bien que la plupart aient été relativement restreints, l'un — Manic 5 dans le bassin de la Manicouagan, Québec, contient 140 km² d'eau, soit environ l'équivalent de 200 jours d'écoulement total du Saint-Laurent à Montréal. La régulation prolongée de l'écoulement de surface de la rivière réalisée par ces structures non seulement réduit les variations saisonnières d'écoulement, mais permet aussi de diminuer les fluctuations annuelles de tout le débit du fleuve. Or, on a montré qu'il y avait un lien entre le taux d'écoulement et les prises commerciales d'importantes espèces du golfe du Saint-Laurent (voir communication antérieure). On a aussi émis comme théorie⁽¹²⁾ que la régulation du débit du Saint-Laurent pouvait avoir des effets sur l'écologie et, de ce fait, sur l'habitat du poisson dans tout le réseau côtier du nord-est de l'Amérique du Nord, au moins jusqu'au cap Cod.

CONCLUSIONS

Les eaux côtières et des estuaires sont extrêmement importantes pour l'habitat du poisson. Elles offrent des conditions favorables à la reproduction, à la croissance et à l'alimentation de nombreuses espèces

de poissons de l'Atlantique canadien, y compris tous ceux qui ont une importance commerciale, et de nombreux autres qui méritent qu'on s'y attarde pour des raisons esthétiques ou de préservation. Les propriétés critiques qui donnent lieu à la grande productivité de nos estuaires et de nos eaux côtières sont déterminées par les caractéristiques physiques de la terre, les relations entre la profondeur de l'eau et le débit, les mouvements des marées et des vagues et l'écoulement des cours d'eau. Toutes ces caractéristiques peuvent être modifiées par les activités de l'homme dans la zone côtière elle-même, dans les estuaires et dans les bassins des cours d'eau qui alimentent ces estuaires.

Cette très brève revue des modifications apportées par l'homme aux estuaires et aux eaux côtières nous amène à trois conclusions:

- 1) Les modifications physiques des estuaires et de la côte par l'homme peuvent toujours causer des changements importants aux processus critiques qui ont des effets sur l'habitat du poisson de la région;
- 2) les effets des modifications de l'homme ont toujours été beaucoup plus étendus dans le temps et dans l'espace que prévu;
- 3) les conséquences ont généralement été négatives face à l'habitat du poisson.

Ces conclusions nous amènent à leur tour à une autre: si nous voulons continuer à profiter des avantages de certains des réseaux naturels les plus productifs, les plus valables et les plus esthétiquement agréables, qui constituent des habitats importants pour le poisson, il faudra non seulement réévaluer la mesure dans laquelle nous sommes prêts à modifier les bassins, les estuaires et les rivages existants, mais à faire de plus grands efforts pour rétablir les réseaux qui ont déjà été victimes de grande détérioration par suite des pratiques passées et présentes. C'est à tous ceux qui s'occupent des activités qui ont des répercussions sur les cours d'eau naturels qu'il revient de faire ces évaluations.

RÉFÉRENCES

- (1) **Water 2020—Sustainable Use for Water in the 21st Century.** 1988. Science Council of Canada Report 40, Ottawa, 40 p.
- (2) KOMAR, P.D. (ed.). 1983. **Handbook of Coastal processes and Erosion.** CRC Press, Inc., Boca Raton, Fla., 305 p.

-
- (3) **Dredging Coastal Ports: An Assessment of the Issues.** 1985. National Research Council, Marine Board Report. National Academy Press, Washington, D.C., 212 p.
- (4) **Maritime Dykelands: The 350 Year Struggle.** 1987. Nova Scotia Department of Agriculture and Marketing, Province of Nova Scotia, 110 p.
- (5) DABORN, G.R. and M.J. DADSWELL. 1988. Natural and anthropogenic changes in the Bay of Fundy – Gulf of Maine – Georges Bank System. *In* M.El Sabh and T.S. Murty (eds.). **Natural and Man-Made Hazards.** Reidel Publ. Co., Dordrecht, pp. 547-560.
- (6) DADSWELL, M.J., R.A. RULIFSON and G.R. DABORN. 1986. Potential impact of large scale tidal power developments in the upper Bay of Fundy on fisheries resources of the Northwest Atlantic. *Fisheries* 11:26-35.
- (7) STOKESBURY, K. 1987. Downstream movement of juvenile alosids and juvenile fish mortality associated with the Annapolis Tidal Power Turbine, 1986 Field Report. Publ. No. 5, Acadia Centre for Estuarine Research, Wolfville, Nova Scotia, 15 p.
- (8) Bray, D.I., D.P. DEMERCHANT and D.L. SULLIVAN. 1982. Some hydrotechnical problems related to the construction of a causeway in the estuary of the Petitcodiac River, New Brunswick, *Can. J. Civ. Eng.* 9:296-307.
- (9) DAIBER, F.C. 1986. **Conservation of Tidal Marshes.** Van Nostrand Reinhold Co., N.Y., xi + 341 p.
- (10) GREENBERG, D.A. 1987. Modeling tidal power. *Sci. Am.* 255(11):128-131.
- (11) CAMPBELL, D.E. and J.S. WROBLEWSKI. 1986. Fundy tidal power development and potential fish production in the Gulf of Maine. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43:78-89.
- (12) DICKIE, L.M. and R.W. TRITES. 1983. The Gulf of St. Lawrence. *In* Ketchum, B.H. (ed.) **Ecosystems of the World 26: Estuaries and Enclosed Seas.** Elsevier, Amsterdam, pp. 403-426.



Qualité de l'eau et des sédiments par rapport à l'habitat du poisson dans l'environnement côtier et des estuaires

S. MacKnight

RÉSUMÉ

La qualité de la colonne d'eau et des sédiments de fond fait partie intégrante de la définition de l'habitat du poisson. La qualité peut être reliée à divers facteurs allant du concept général de la protection de l'environnement jusqu'aux répercussions sur la santé de l'homme, en passant par la présence de poissons morts dans nos voies navigables et jusqu'aux conséquences économiques d'une pêcherie décimée ou de poissons tachés. Les préoccupations que suscitent le maintien de la qualité de l'habitat du poisson ont été concrétisées à l'échelle internationale dans différentes conventions (par exemple la Convention de Londres sur l'immersion des déchets en mer) et à l'échelle nationale par la Loi sur les pêcheries et la Loi sur l'immersion de déchets en mer.

Les premiers efforts en vue d'améliorer la qualité de l'habitat portaient sur la qualité de l'eau, ce qui montrait bien notre habilité à observer la détérioration de la qualité de l'eau et à trouver de simples solutions techniques pour l'améliorer. On a souvent supposé que bon nombre des produits chimiques artificiels étaient hydrophobiques, aisément sorbés par les sédiments et ainsi essentiellement non biodisponibles.

Des études récentes ont montré qu'il existait un équilibre chimique entre les sédiments, l'eau de porosité dans les sédiments et les couches supérieures. Les changements (particulièrement l'amélioration) de la qualité des eaux qui se trouvent au-dessus, peuvent modifier l'équilibre chimique, menant à la libération de produits chimiques des sédiments. Ainsi des sédiments peuvent être à la fois des pièges et des réservoirs.

Contrairement à la situation des réseaux d'eau douce, il n'y a aucun objectif publié pour la qualité des sédiments ou de l'eau des réseaux marins ou des estuaires. Il y a de grandes lignes directrices en vertu de lois telles que la Loi sur l'immersion de déchets en mer et les lignes directrices de Montréal concernant les déchets de la terre; cependant, les listes de substances qui suscitent des inquiétudes sont relativement limitées et spécifient rarement les concentrations.

Les objectifs concernant la qualité des sédiments et de l'eau sont étroitement reliés à des activités industrielles telles que l'immersion des matières de dragage et l'exploitation minière

en mer. Sur le plan économique, l'immersion des matières de dragage en eau libre est préférable, puisqu'elle représente environ le quart du coût de l'entreposage du matériel dans un entrepôt. Pourtant, la présence de divers contaminants (la liste réelle des contaminants à contrôler s'allongeant chaque jour) dans ces sédiments peut susciter des préoccupations légitimes quant aux répercussions sur la qualité de l'environnement marin.

En vertu de la politique actuelle, on cherche à déterminer la concentration totale ou globale de divers contaminants dans les sédiments dragués sans tenir compte des variations de la biodisponibilité des contaminants. Le concept de l'établissement d'objectifs de qualité des sédiments sera étudié dans le cadre d'exemples de l'Atlantique canadien.

INTRODUCTION

En vertu de la Loi sur les pêcheries, les habitats du poisson sont définis comme la partie de l'environnement dont dépend directement ou indirectement le poisson, "poisson" désignant poissons, mollusques et crustacés, animaux marins et plantes marines. Les restrictions et les règlements établis en vertu de la Loi servent à limiter les modifications ou les détériorations par des moyens chimiques, physiques ou biologiques. C'est là une définition très vaste des processus qui se produisent dans le milieu des estuaires et le milieu côtier.

Une grande partie de nos préoccupations initiales en ce qui a trait à l'habitat du poisson était basée sur la "qualité" de l'eau dans laquelle vit le poisson, puisque les effets tels que l'augmentation des solides en suspension (turbidité), la diminution des niveaux d'oxygène, l'accroissement des températures ou les changements visuels de qualité de l'eau (par exemple, nappes de pétrole, surproduction de phytoplancton) étaient facilement reliés à la mortalité du poisson et à des réductions importantes des populations. Les techniques analytiques de plus en plus poussées ont montré que de très petites concentrations de divers produits chimiques artificiels (par exemple, pesticides) pouvaient aussi avoir des effets sur la qualité de l'eau, mais dans des conditions beaucoup plus difficiles à

discerner pour le commun des mortels. A partir de ces données, on a pu établir des objectifs de qualité de l'eau douce. Ceux-ci ont été principalement mis au point pour les Grands lacs, mais les changements prévus de la qualité de l'eau des bassins de fond dans le cas des projets hydro-électriques et la qualité des estuaires et des cours d'eau en général favorisent une utilisation beaucoup plus étendue des objectifs^(2,3).

Les objectifs de qualité de l'eau peuvent aussi être étroitement reliés à des effets sur la santé de l'homme. Bien qu'il soit possible pour certains poissons de vivre dans des eaux non potables, la plupart des gens reconnaissent qu'une bonne eau potable constitue également un bon habitat pour le poisson. C'est là un principe plus difficile à appliquer à l'environnement marin, mais les concepts généraux sont quand même acceptés par la plupart des gens. Il est aussi relativement facile d'établir des objectifs de qualité de l'eau douce, puisque la chimie analytique des contaminants dans l'eau douce est assez bien établie.

Mais l'habitat du poisson ne se limite pas à une truite dans un petit ruisseau. Le "poisson" désigne les mollusques, poissons de fond et les crustacés; en résumé, "l'habitat" comprend les sédiments et les solides en suspension ou les particules. Il s'agit donc d'un système à plusieurs phases et toute réglementation de la qualité de l'habitat doit tenir compte de la façon dont les changements dans une phase peuvent amener des changements dans une autre phase.

Mais pourquoi s'attarder aux sédiments? De nombreux auteurs ont établi que les sédiments dans les estuaires étaient de véritables passoires pour les produits chimiques. Les coefficients de séparation et les propriétés chimiques de nombreux composés ont mené à une répartition préférentielle au cours de l'étape sédimentaire (ou des solides en suspension).

L'information recueillie, cependant, révèle que la théorie selon laquelle les contaminants se retrouvent en fin de compte de préférence dans les sédiments est trop simpliste. On observe, chez les poissons de fond de plusieurs secteurs qui contiennent de grandes concentrations d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) un taux anormalement élevé de lésions, de cancers des organes et d'autres problèmes histopathologiques⁽⁴⁾. On a retrouvé dans le foie des homards du port de Sydney (N.-E.)⁽⁵⁾ de très grandes concentrations de HAP et chez les homards du port de Belledune (N.-B.) de très grandes concentrations de cadmium et d'autres métaux⁽⁶⁾. Puisque les contaminants dans les sédiments peuvent se retrouver facilement dans la colonne d'eau, l'absorption par le poisson n'est pas claire. On peut

cependant facilement défendre la nécessité d'avoir des objectifs de qualité qui s'appliquent à l'ensemble de l'écosystème.

OBJECTIFS DE QUALITÉ DES SÉDIMENTS

Les objectifs de qualité des sédiments (OQS) sont semblables aux objectifs de qualité de l'eau, en ce qu'ils constituent des lignes directrices servant à mesurer la qualité des sédiments dans un endroit donné. Les objectifs visés sont:

- 1) constituer un moyen de définir la nature de l'habitat existant;
- 2) constituer un repère servant à déterminer le degré d'effort nécessaire pour que les sédiments répondent aux exigences;
- 3) constituer un élément de définition de la qualité de l'environnement marin.

Par rapport aux programmes antérieurs, ceci reviendrait à exiger la réduction des solides en suspension dans un cours d'eau attribuables à la modification du cours d'eau. Dans le cas de l'environnement côtier ou des estuaires, le problème est beaucoup plus complexe. La conception des OQS exigera qu'on tienne compte de l'utilisation finale. Pour l'immersion des matières de dragage, il faudra savoir si les contaminants que contiennent les sédiments rejetés seront rapidement rendus "inoffensifs"; pour ce qui est des sédiments dans les ports, elle influencera la planification à long terme de l'amélioration de la qualité de l'eau.

Il y a diverses façons de définir les OQS:

- comparaison aux niveaux antérieurs
- élargissement des critères de qualité de l'eau
- partage équilibré
- réponse biologique.

Chaque méthode a ses avantages et ses désavantages.

La comparaison aux niveaux antérieurs exige qu'on identifie et qu'on définisse ce qui constitue les niveaux antérieurs et, par conséquent, qu'on localise des environnements relativement "vierges". Pour les substances artificielles, il peut être relativement facile d'établir qu'un contenu zéro est le seul niveau acceptable. Mais cela ne tient pas compte de la nature pratiquement omniprésente de beaucoup de ces substances (par exemple les BPC). L'utilisation des niveaux antérieurs suppose qu'ils sont acceptables. Mais qu'arrive-t-il dans les cas où les niveaux naturels d'un endroit dépassent les niveaux naturels d'un autre endroit; lequel est le plus acceptable?

L'élargissement des critères de qualité de l'eau offre l'avantage d'utiliser un critère existant, tout en tenant compte qu'il a été établi seulement pour quelques produits chimiques de l'environnement d'eau douce et un nombre encore inférieur de l'environnement marin. Les critères de qualité de l'eau existants sont appliqués aux concentrations mesurées dans les eaux de porosité ou interstitielles. Les désavantages de cette méthode sont les suivants:

- 1) on assume que les transferts de contaminants entre sédiments et biote sont négligeables;
- 2) on assume qu'on peut arriver à prendre des mesures viables et véritables des concentrations d'eau interstitielle;
- 3) on assume que les régimes géochimiques utilisés pour définir les objectifs de qualité de l'eau des couches supérieures sont les mêmes que dans les eaux interstitielles.

Le partage équilibré peut s'appliquer au partage entre les sédiments et l'eau, les sédiments et le biote (par exemple, facteurs de bioconcentration) ou à l'accumulation par rapport aux concentrations dans les sédiments (facteur ARS). Un modèle simple est utilisé pour décrire le partage d'un contaminant entre les sédiments (principalement les matières organiques du sédiment) et les eaux interstitielles. Connaissant la constante de partage entre les deux phases et connaissant la concentration de contaminants que requiert l'objectif de qualité de l'eau dans l'eau interstitielle, il est possible de calculer un objectif de qualité des sédiments. Comme on l'a montré pour la plupart des composés organiques hydrophobiques, la matière organique du sédiment régit le partage entre les sédiments et l'eau interstitielle; ainsi, le coefficient de partage est fonction du coefficient du partage des matières organiques ou plus communément le coefficient de répartition octanol-eau. Les désavantages de cette méthode comprennent la nécessité de trouver un moyen de tenir compte des composés qui réagissent partiellement en phase aqueuse (par exemple, les composés ionisables), la présence de matières organiques dissoutes dans les eaux interstitielles (par exemple, dans les eaux interstitielles des estuaires où sont rejetées de grandes quantités de déchets de pâtes et papiers) et les effets du rapport de la phase solide et de la phase liquide.

Un autre méthode parallèle consiste à utiliser l'équilibre sédiments-biote, où le facteur dominant est celui des concentrations acceptables pour la santé ou l'alimentation, dans le biote, et le lien par rapport aux concentrations dans les sédiments. Cependant, cette méthode a posé de grandes difficultés à cause du manque de données sur les limites pour la santé dans les produits alimentaires non consommés par l'homme

(par exemple, les polychètes) et les difficultés d'évaluer les vrais facteurs de bioconcentration quand le composé chimique n'est pas accumulé, mais peut être métabolisé et par conséquent subir une modification chimique.

La méthode des réponses biologiques peut être divisée en trois catégories:

Bio-essai sur le terrain. Cette méthode traite la toxicité des sédiments comme une "boîte noire", en ce qu'elle tient compte de l'effet total de tous les contaminants présents, qu'ils soient ou non mesurés. C'est une méthode utile pour identifier les sédiments problématiques, mais elle ne peut être utilisée en soi pour établir les OQS.

Niveau limite. La présence d'une espèce benthique donnée est reliée aux concentrations de contaminants dans les sédiments pour déterminer la concentration minimale d'un composé donné qui n'a pas été dépassée dans 90% des échantillons. La méthode est utilisée pour de nombreuses espèces et le niveau limite est considéré comme la concentration de contaminants au-dessus de laquelle moins de 95% de l'ensemble des espèces de l'endofaune sont présents. Les désavantages de la technique sont la nécessité d'accumuler beaucoup de données et l'incapacité de déceler les effets d'interaction de divers contaminants.

Seuil des effets apparents. Les concentrations de contaminants dans les sédiments sont classées selon l'absence ou la présence d'effets biologiques connexes pour déterminer les concentrations au-dessus desquelles des effets statistiquement importants se produiraient toujours. Les désavantages de la méthode sont la nécessité de recueillir de nombreuses données sur le terrain pour divers produits chimiques, et la possibilité d'avoir également recours à de nombreux bio-essais. L'incertitude est d'autant plus grande qu'il peut aussi y avoir des effets d'interaction de divers contaminants, mais ces effets peuvent être diminués par l'utilisation de données de différentes zones avec divers niveaux de contaminants.

Si on résume les techniques d'établissement des OQS, on en viendra à la conclusion que les difficultés n'en valent pas l'effort. Pourtant, on en arrivera rapidement à la nécessité de déployer de très grands efforts pour améliorer les objectifs de qualité de l'eau ou pour y satisfaire, tandis que le réservoir sous-jacent de contaminants dans les sédiments constituera un seuil limitatif sous lequel aucun objectif de qualité de l'eau ne pourra être atteint. De plus, il faut reconnaître que l'habitat est un écosystème complet avec un système biologique complexe et un régime chimique complexe.

EXEMPLES DE SITUATIONS OÙ LES OQS SONT NÉCESSAIRES DANS LA RÉGION DE L'ATLANTIQUE

Il y a plus de 3 000 installations portuaires dans la région de l'Atlantique, dont quelque 500 ports/chenaux ont dû être dragués au cours des douze dernières années. Les données sont tirées des permis d'immersion de sédiments de dragage en eau libre délivrés en vertu du règlement découlant de la Loi sur l'immersion de déchets en mer. L'étude des données⁽⁹⁻¹²⁾ montre qu'environ 10% des ports pourraient être considérés comme des ports problèmes puisque les concentrations de sédiments peuvent être directement reliées aux effets observés chez le biote qui y réside, où la plus commune mesure est l'accumulation d'un contaminant donné.

Le tableau 1 constitue la liste de certains de ces ports, ceux du groupe 1 ayant des sédiments avec des problèmes de multicontaminants; ceux du groupe 2 sont contaminés par les BPC; ceux du groupe 3 sont contaminés par le cadmium (et aussi généralement par le plomb et le zinc). Dans les ports du groupe 1, les activités commerciales sont nombreuses et le bassin hydrographique soutient une importante base industrielle et résidentielle. Dans les ports des deux autres groupes, le problème provient soit de l'effluent d'une industrie en particulier ou de concentrations existantes naturellement élevées.

Les analyses des sédiments dans les ports de Fortune, Petit-de-Grat et Canso ont révélé de grandes concentrations de BPC dans les sédiments^(11, 12). Ernst et coll.⁽¹³⁾ ont calculé que les BPC du port de Petit-de-Grat étaient attribuables à l'accumulation de sédiments provenant de la présence de solides dans l'effluent de l'usine de traitement du poisson. Plusieurs études ont montré que les BPC peuvent être bio-accumulés dans les animaux benthiques (par exemple *Nereis virens* - 14). Le benthos dans ces ports n'est pas exposé aux BPC d'un fabricant de produits chimiques (apport primaire), de déversements ou de fuites de matériel ou de liquide rejeté (apport secondaire), mais plutôt à des effluents contenant des BPC bio-accumulés (apport tertiaire - 15).

Le cadmium est un autre contaminant qui suscite beaucoup d'inquiétude. Il a été placé à l'annexe I de la liste de la Convention de Longres sur l'immersion des déchets en mer et de la Loi canadienne sur l'immersion de déchets en mer. Les études du port de Belledune⁽¹⁶⁾ ont révélé une forte bioaccumulation chez le poisson et le benthos. Par ailleurs, les organismes benthiques du port de Dalhousie, exposés à des concentrations semblables de cadmium, n'ont pas bioaccumulé de métal⁽¹⁷⁻¹⁹⁾.

Tableau 1.
"Ports problèmes" de la région de l'Atlantique

I. Problèmes de multicontaminants	III. Problèmes de cadmium
Halifax	Newelton
Sydney	Bear Pt.
St. John's	Shag Harbour
Dalhousie	Clark's Harbour
Bathurst	
Belledune	
Lunenburg	
II. Problèmes de BPC	
Fortune	
Canso	
Petit-de-Grat	
Old Perlican	
Liverpool	
Clark's Harbour	

La politique actuelle d'évaluation des sédiments à immerger en eau libre consiste à comparer les concentrations chimiques totales aux limites établies d'acceptabilité. Pour le cadmium, la limite est de 0.6 mg/kg; pour les BPC, 0.1 mg/kg (poids sec). Cette méthode est relativement facile à utiliser sur le plan de la réglementation, mais elle ne tient pas compte des différences dans la biodisponibilité du contaminant en question. Elle ne tient pas compte non plus des différences dans les régimes physico-chimiques qui existent dans chaque groupe particulier de sédiments.

Pour pouvoir évaluer les concentrations de contaminants en vertu de la politique actuelle d'aucune perte nette d'habitat et pouvoir quand même permettre le dragage économique des ports et des chenaux, il faut absolument établir des OQS pour les sédiments marins canadiens.

UTILISATION DES DONNÉES DE L'ATLANTIQUE CANADIEN POUR L'ÉTABLISSEMENT DES OQS

L'identification des ports problèmes et la difficulté à laquelle se heurtent les gestionnaires de programmes qui traitent les demandes de permis d'immersion de déchets en mer portent à croire que l'établissement des OQS serait utile tant dans des cas pratiques de ce genre que pour la préservation à long terme de la qualité de l'environnement marin.

Le Génie militaire américain a appliqué le concept du seuil des effets apparents (SEA)⁽²⁰⁾ à la définition des

Tableau 2.
Comparaison des niveaux limites du Puget Sound
et des concentrations types de sédiments des
ports canadiens de l'Atlantique (réf. 8-12).

Niveau limite du Puget Sound		Concentration type dans un port
Métaux mg/kg		
Cadmium	0.96	0.3 - 0.7
Cuivre	80	20 - 40
Plomb	70	30 - 50
Mercurure	0.21	.05 - 0.2
Zinc	160	75 - 100
Composés organiques (ng/kg)		
BPC	130	<20

objectifs de qualité des sédiments du Puget Sound. En recueillant un grand nombre de données, tirées en grande partie des bases de données existantes, ils sont arrivés à établir des valeurs pour le SEA de nombreux contaminants organiques et inorganiques. La figure 1 illustre cette technique. En déterminant les

concentrations pour "aucune toxicité observée des sédiments" et "aucune diminution benthique", ils ont établi quatre valeurs de concentrations: concentration observée maximale, seuil de toxicité apparente, seuil des effets benthiques apparents et seuil des effets possibles.

Le département d'écologie de l'Etat de Washington a ensuite élargi ces facteurs. Il a établi un niveau "limite" à 10% de la plus haute concentration du seuil des effets apparents, cette valeur étant basée sur un certain nombre d'indicateurs biologiques (J. Thorton, communication personnelle). Ces valeurs limites sont utilisées pour évaluer non seulement la nature des sédiments qu'on propose d'immerger en eau libre, mais aussi pour évaluer d'autres zones de sédiments qui pourraient être considérées comme "contaminées". Le tableau 2 donne une comparaison de ces valeurs par rapport aux concentrations "types" des divers contaminants dans les ports de l'Atlantique canadien⁽¹²⁻¹⁵⁾.

Il est intéressant de noter que les concentrations types de sédiments dans les ports de l'Atlantique canadien sont à peu près les mêmes que celles des niveaux limites du Puget Sound, ou inférieures. C'est donc que la plupart de nos ports satisferaient aux critères du

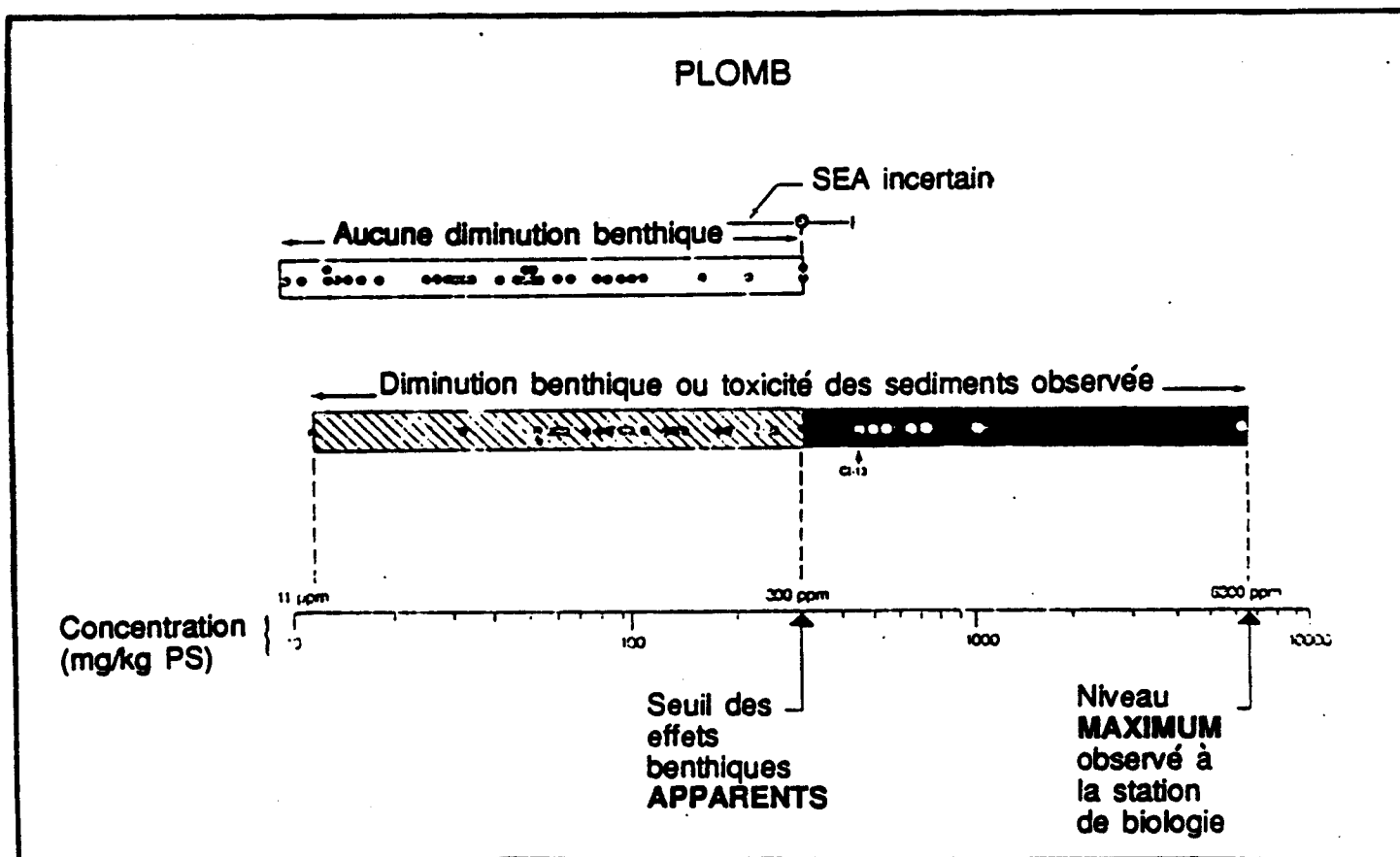


Figure 1. Concept du seuil des effets apparents. On a comparé les valeurs des concentration des échantillons dans lesquels aucun effet environnemental n'a été observé (barre supérieure) et des échantillons où on a décelé une diminution des populations benthiques (barre inférieure).

Puget Sound. Une étude même de nos ports les plus contaminés indique que quelques cas spéciaux seulement contiendraient des contaminants à des concentrations supérieures aux plus hautes concentrations du seuil des effets apparents.

Il serait très important d'étendre notre base de données existantes pour déterminer les relations biote-sédiments, tel que cela a été fait dans le cadre de l'étude du Puget Sound. Les résultats constitueraient une confirmation puissante et distincte de cette technique. Elle permettrait aussi l'établissement d'OQS pour les sédiments marins du Canada et, de ce fait, la base d'un énoncé national de la qualité de l'environnement marin.

RÉFÉRENCES

- (1) The Department of Fisheries and Oceans. 1986. **Policy for the Management of Fish Habitat**. Ottawa.
- (2) Environment Canada. 1979. **Water Quality Sourcebook: A Guide to Water Quality Parameters**. Ottawa.
- (3) Ontario Ministry of the Environment. 1979. **Rationale for the Establishment of Ontario's Provincial Water Quality Objectives**.
- (4) McGAIN, B.B. and D.C. MALINS. 1979. Uptake, fate and effects of aromatic hydrocarbons on selected fish and crustaceans from the North east Pacific Ocean. Presented at Marine Ecosystems Analysis - New York Bight Meeting, New York and re-printed in *Environ. Sci. Technol.* 14:32-37.
- (5) SIROTA, G.R., J.F. UTHE, D.G. ROBINSON and F.J. MUSIAL. 1984. Polycyclic aromatic hydrocarbons in American lobster (*Homarus americanus*) and Blue Mussels (*Mytilus edulis*) collected in the area of Sydney Harbour, Nova Scotia. *Can. Manu. Rept., Fish. Aquatic Sciences*, 1758, 22 p.
- (6) RAY, S., D.W. McLEESE, C.D. METCALFE, L.E. BURRIDGE and B.A. WAIRWOOD. 1980. Distribution of cadmium and marine biota in the vicinity of Belledune. In Uthe, J.F. and V. Zitko (eds.) *Canadian Pollution of Belledune Harbour, New Brunswick*. *Can. Tech. Rept. Fish. Aq. Sci.*, 963, p 46.
- (7) DICKSON, K.F., A.W. MAKI and W.A. BRUNGS. 1987. **Fate and Effects of Sediment Bound Chemicals in Aquatic Systems**. Pergamon Press, New York, 449 p.
- (8) TETRATECH INC. 1986. Development of Sediment Quality Values for Puget Sound. Puget Sound Dredged Disposal Analysis Program Reports. U.S. Army Corps of Engineers.
- (9) OCEANCHEM GROUP. 1984. **Tabulation and Review of Environmental Data Related to Small Craft Harbours, Gulf Region**.
- (10) OCEANCHEM GROUP. 1985a. **Tabulation and Review of Environmental Data Related to Small Craft Harbours, Scotia/Fundy Region**.
- (11) OCEANCHEM GROUP. 1986. **Tabulation and Review of Environmental Data Related to Small Craft Harbours, Newfoundland/Labrador Region**.
- (12) OCEANCHEM GROUP. 1987. **Environmental Data on Atlantic Canadian Harbours**. Report to Transport Canada.
- (13) ERNST, B., V. HAWKINS and K.L. TAY. 1982. Investigation of the cause and extent of PCB contamination of Petit-de-Grat Harbour, Nova Scotia, Environment Canada Report EPS-5-AR-92-2, 42 p.
- (14) McLEESE, D.W., C.D. METCALFE and D.S. PEZZACK. 1980. Uptake of PCBs from Sediment by *Nereis virens* and *Cragon septemspinosa*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 25:921-928.
- (15) MacKNIGHT, S. and E. MacLELLAN. 1984. PCB Contaminated Sediments from Petit-de-Grat, Canada. *Proceed. Conf. Dredging '84*. Waterway, Port, Coastal and Ocean Division, Amer. Soc. Civil Eng., Florida.
- (16) UTHE, J.H. and V. ZITKO (eds.). 1980. Cadmium pollution of Belledune Harbour, New Brunswick. *Can. Tech. Rept. Fish. Aq. Sci.* 963 p.
- (17) MacKNIGHT, S. 1980. A Study of cadmium geochemistry in New Brunswick estuaries and its effect upon dredging. *Proceed. WODCON IX*, Vancouver, Canada.

(18) MacLAREN MAREX INC. 1980a. Cadmium bioavailability in the Restigouche Estuary I. Total Cadmium. Report to Brunswick Mining Limited, Bathurst, New Brunswick.

(19) MacLAREN MAREX INC. 1980b. Cadmium bioavailability in the Restigouche Estuary II. Cadmium in the Sediments of Dalhousie Harbour and Environs. Report to Brunswick Mining Limited, Bathurst, New Brunswick.



Un cas particulier: le poisson migrateur

M.J. Dadswell

RÉSUMÉ

Une des caractéristiques importantes du cycle biologique de la plupart des poissons de mer anadromes des eaux côtières et des estuaires est leur tendance à entreprendre des migrations, souvent sur de longues distances. Ces migrations répondent à un besoin au niveau de la reproduction, de l'alimentation ou tout simplement de l'adaptation physiologique. Les espèces anadromes telles que l'esturgeon noir, le saumon atlantique, le bar d'Amérique et l'aloise savoureuse parcourent chaque année, pendant leur migration, des milliers de kilomètres le long de la côte est de l'Amérique du Nord, pendant lesquels ils peuvent s'arrêter et demeurer dans l'océan, les estuaires ou en eau douce. Ces déplacements sur de longues distances et l'utilisation d'habitats multiples les rendent particulièrement vulnérables aux modifications de l'environnement par l'homme. Différentes répercussions des activités de l'homme sur ces espèces au cours du siècle dernier en font foi, mais n'enlèvent pas pour autant tout espoir.

INTRODUCTION

Les poissons entreprennent des migrations pour diverses raisons, mais principalement pour se nourrir, se reproduire ou se maintenir dans un environnement physiologiquement acceptable. Les migrations sur de longues distances sont fréquentes chez les poissons marins. Les anguilles en sont un exemple bien connu. Elles parcourent entre 3 000 et 6 000 km, de l'Amérique du Nord et de l'Europe vers les frayères de la mer des Sargasses, au large des Bahamas. Les thons et les grands requins migrent pour leur part dans tout l'Atlantique Nord.

Au cours de leur migration, les poissons peuvent, dans une plus ou moins grande mesure, entrer en contact avec l'homme. Les espèces anadromes sont particulièrement vulnérables. Elles atteignent la maturité en mer, mais doivent traverser les estuaires et retourner frayer en eau douce. Après quelque temps en eau douce, les jeunes refont le même chemin vers la mer. Dans le présent article, nous

étudierons le cycle biologique de quatre des plus importants poissons anadromes des Maritimes. L'étude des données sur leur abondance à divers points géographiques au cours des cent dernières années montre bien la vulnérabilité de ces poissons, face aux répercussions des activités de l'homme sur leur habitat. Souvent, une modification en apparence mineure à un endroit peut avoir des effets étendus.

LE MODÈLE DE MIGRATION

Harden-Jones⁽⁵⁾ a mis au point un modèle conceptuel des diverses étapes du cycle biologique du poisson par rapport à son environnement (figure 1). Ce concept est maintenant connu comme la cellule de recrutement⁽¹⁾. Comme le poisson qui vit dans les cours d'eau, les estuaires et l'océan se trouve dans un milieu dense toujours en mouvement, on observe une tendance à la dispersion de la population. Le comportement migratoire du poisson est donc un moyen d'adaptation qui vient contrebalancer cette dispersion et placer la population dans des zones lui permettant de compléter son cycle biologique.

C'est au stade de l'oeuf et de la larve que le poisson est le plus susceptible de se disperser, habituellement à partir des frayères. Au stade larvaire, l'animal a moins de contrôle sur ses mouvements en raison de la petitesse de sa taille par rapport à la puissance de l'environnement. Les stades de dispersion ont donc des bons et des mauvais côtés. C'est la dispersion qui permet une répartition des jeunes, amenant une réduction de la prédation et une diminution de la concurrence intraspécifique pour la nourriture. Elle peut toutefois amener les jeunes dans un habitat qui leur est peu approprié (par exemple trop froid, trop salé, etc.) où ils vont mourir. La sélection naturelle, avec le temps, favorise les adultes qui choisissent les bonnes frayères en relation avec l'environnement, où ils peuvent produire le plus grand nombre de jeunes dont la survie sera assurée. Puisque la dispersion se fait généralement vers l'aval dans un courant, on parle de stade de déplacement avec le courant.

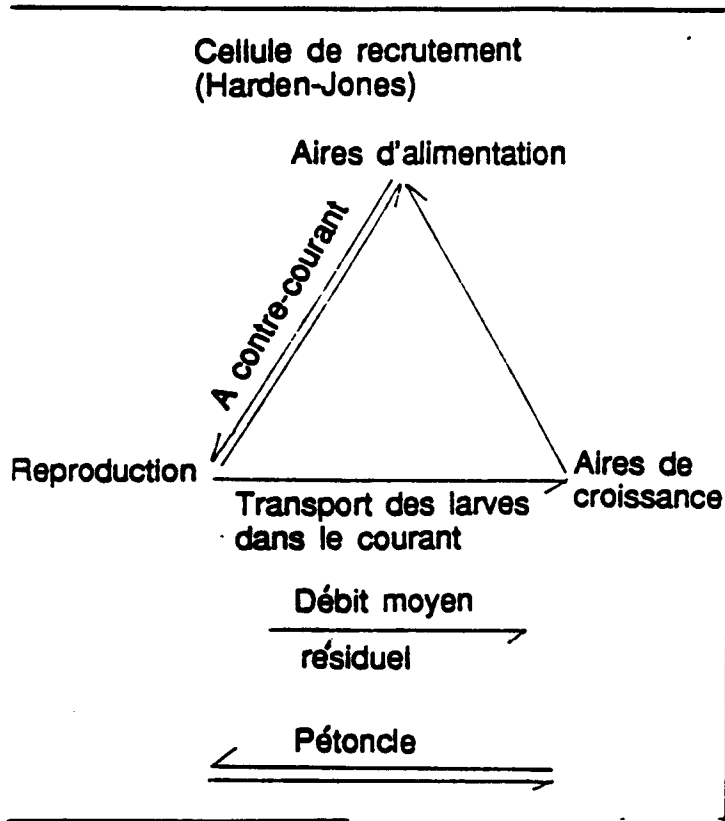


Figure 1. Cellule du recrutement d'une population de poissons. (d'après Harden-Jones, 1968).

Les jeunes qui réussissent à survivre occupent des zones appelées aires de croissance (de cette espèce), qui offrent le maximum d'avantages sur le plan de l'alimentation et de la croissance avec une certaine protection contre les prédateurs. L'occupation des aires de croissance peut durer de quelques mois à de nombreuses années, selon l'espèce.

Après avoir atteint une taille suffisamment grande pour entreprendre la migration, les jeunes se joignent aux adultes en quête de nourriture ou migrent par eux-mêmes. Au stade d'adulte, la migration vers les frayères vient compléter le cycle. Elle se fait habituellement vers l'amont dans un courant particulier et on parle donc de stade de déplacement à contre-courant. Selon l'espèce, il se produit une ou plusieurs fois au cours du cycle biologique.

Il est important de bien se rendre compte que chacune de ces étapes exige un habitat particulier et une voie migratoire sans obstacle. Les poissons qui se reproduisent à un endroit donné ou dans un cours d'eau donné ne peuvent pas changer leurs habitudes du jour au lendemain. Pour cette raison, les frayères, les aires de croissance et les voies migratoires sont des habitats vitaux. Sans l'un de ces habitats, la population de poissons peut disparaître.

CAS PARTICULIERS

L'esturgeon est un gros poisson qui se nourrit au fond. Il y a deux espèces dans les Maritimes, l'esturgeon noir *Acipenser oxyrinchus*, et l'esturgeon à museau court, *Acipenser brevirostrum*.

L'esturgeon noir fraye au printemps dans les parties inférieures des grands cours d'eau. Les oeufs adhèrent au substrat pendant quelques jours avant l'éclosion. Peu après l'éclosion, les larves dérivent vers l'aval jusque dans l'estuaire. Les jeunes passent de deux à quatre ans dans l'estuaire où ils atteignent entre 80 et 100 cm et entre 3 et 10 kg. Ils migrent ensuite vers la mer où ils demeureront de 6 à 10 ans, jusqu'au stade adulte, avant de retourner dans le cours d'eau pour frayer. Les esturgeons noirs adultes mesurent entre 150 et 250 cm de longueur et pèsent de 100 à 300 kg. Chaque année, pendant qu'ils sont en mer, les esturgeons noirs migrent le long de la côte est de l'Amérique du Nord, passant l'hiver au large des Carolines et l'été dans les Maritimes (figure 2).

Les esturgeons vivent cachés dans un habitat difficile à exploiter. Les pêcheurs commerciaux en capturent à l'occasion, mais à part cela, on en voit rarement, ce qui fait qu'on les croit plutôt rares. En réalité, ils sont relativement abondants et l'esturgeon noir est présent dans la plupart des grands cours d'eau des Maritimes. La plus grande population est celle de la rivière Saint-Jean (Nouveau-Brunswick). Ils sont très communs dans l'océan, dans la partie supérieure de la baie de Fundy et sur le plateau continental Scotian.

Les populations d'esturgeons noirs des États-Unis ont diminué à cause de la pollution des rivières et des estuaires, qui nuit aux aires de croissance des jeunes, ou à la suite de la construction de barrages qui interdisent l'accès aux frayères. La surexploitation des stocks vers la fin des années 1800 a aussi réduit de nombreuses populations à des niveaux dont elles ne se sont jamais rétablies. De même, la surexploitation dans la rivière Saint-Jean, vers la fin des années 1880, a réduit la population qui n'a jamais pu revenir à ses niveaux antérieurs, si l'on en juge par l'importance des prises commerciales. L'esturgeon des cours d'eau des Maritimes n'a pas été victime des modifications de l'habitat sauf dans le cas récent du projet d'énergie marémotrice de la rivière Annapolis. Étant donné la grande taille des esturgeons, ceux-ci ne peuvent traverser facilement les turbines hydro-électriques sans être frappés et de nombreux adultes ont été tués par les aubes de turbines à Annapolis⁽⁹⁾. On ne sait pas encore si cette modification de l'habitat nuira à la population.

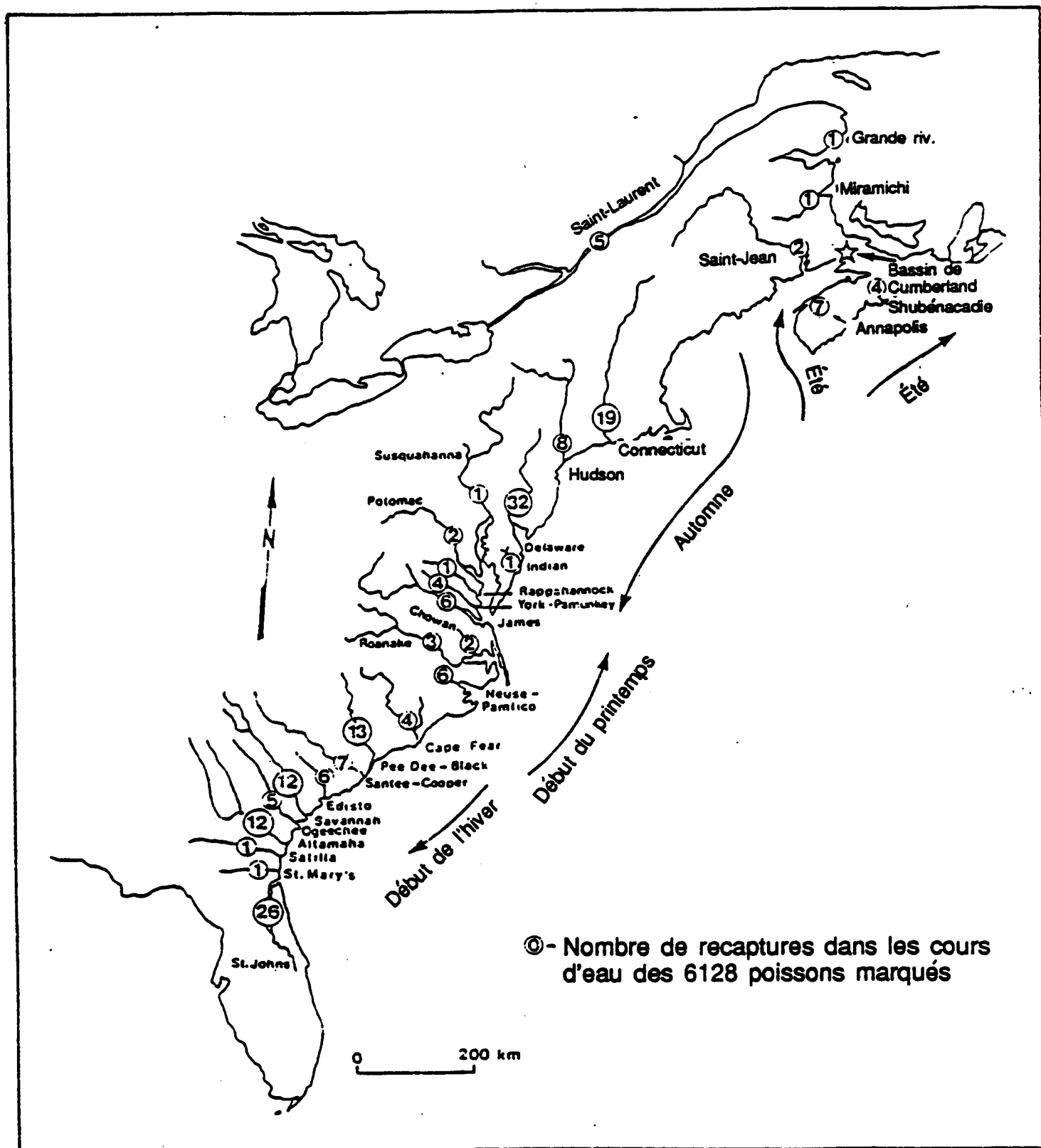


Figure 2. Généralisation des voies migratoires annuelles de l'esturgeon noir et du bar d'Amérique le long de la côte est de l'Amérique du Nord.

Le bar d'Amérique, *Morone saxatilis*, est un grand bar de mer qui est exploité à l'échelle tant commerciale que sportive, de la Caroline du Nord jusqu'aux Maritimes. Il fraye au printemps dans les parties inférieures des cours d'eau, habituellement juste en amont des eaux de marée. Les oeufs dérivent vers l'aval et éclosent dans la partie supérieure des bras de mer à marée de l'estuaire. Les jeunes croissent rapidement et migrent vers la mer à la fin de leur premier été. Le bar devient adulte à cinq ans à une taille de 30 à 50 cm et de 2 à 5 kg; il retourne alors à son cours d'eau natal pour frayer. Il vit entre 15 et 25 ans et peut atteindre une taille de 120 cm et un poids de 35 kg. Pendant qu'il est en mer, il migre vers le nord et le sud, le long de la côte est de l'Amérique du Nord, chaque année, de façon semblable à celle de l'esturgeon (tableau 1).

La plus grande concentration de bars se retrouve entre la baie Chesapeake et la rivière Hudson, mais il y a aussi de grandes populations dans les cours d'eau des Maritimes (Annapolis, Saint-Jean, Miramichi). Un des phénomènes caractéristiques du bar d'Amérique est son abondance cyclique. Les populations disparaissent pratiquement pendant un certain nombre d'années, puis deviennent soudainement très abondantes. La population de la rivière Saint-Jean connaît des sommets à tous les 10 à 15 ans.

L'habitat du bar dans les Maritimes a été affecté par la construction de jetées dans les estuaires et

l'endiguement des marécages dans la partie supérieure de la baie de Fundy, mais en général il a eu à en subir peu de répercussions. Les grands estuaires qu'il fréquente ont été peu modifiés. La situation aux États-Unis est toutefois bien différente. Les grandes populations de bars de la baie Chesapeake ont tellement diminué qu'on a dû imposer un moratoire aux pêches sportives et commerciales des États côtiers. La pollution causée par le drainage et les pluies acides est responsable des mauvaises classes annuelles du bar depuis 1970. La diminution du bar aux États-Unis nuit aux prises dans les Maritimes, puisqu'un grand nombre de ces bars ne migrent plus vers le nord chaque été⁽²⁾.

Le saumon de l'Atlantique, *Salmo salar*, est une des captures sportives et commerciales les plus prisées des Maritimes. Le saumon se reproduit à l'automne, généralement très loin à l'intérieur, dans les parties supérieures des cours d'eau peu profonds et à rapides. Il enterre ses oeufs dans la gravier où il passent l'hiver pour éclore au printemps. Les jeunes tacons demeurent dans la gravier quelques semaines avant de se déplacer vers les eaux à rapides, peu profondes, du cours d'eau où ils occupent des territoires bien marqués. Après avoir passé 2 à 4 ans dans le cours d'eau, ils migrent vers la mer au stade de saumoneaux argentés. Tous les saumons de l'Amérique du Nord migrent vers le nord dans la mer en été, vers le Groenland et le détroit de Davis (figure 3). Après un ou deux ans en mer, ils reviennent dans

Tableau 1.

Lieux et dates du marquage et de la recapture des bars d'Amérique en migration associés à la baie de Fundy

Lieu de marquage	Date	Recapture	Date	Jours de liberté	Source
R. Potomac (MD)	Févr. 1959	Walton, bassin Minas (N.-E.)	Sept. 1959	159	Nichols et Miller, 1967
"	Avril 1960	R. Bear (N.-E.)	Juillet 1960	99	"
"	Avril 1961	Annapolis Royal (N.-E.)	Juillet 1961	127	"
R. Annapolis (N.-É.)	14 juill. 1975	R. Potomac (VA)	25 mars 1976	255	Underwater Naturalist, '76
"	29 août 1966	Rockingham (NC)	24 juin 1967	308	Moss, 1971
R. Cheboque (N.-É.)	13 juill. 1969	Ile Long Beach (NJ)	22 avril 1970	283	"
"	13 juill. 1969	R. Sakonnet (RI)	10 juin 1970	342	"
"	4 sept. 1966	R. Indian (DE)	13 mars 1967	178	"
"	12 août 1966	Ruiss. Patcong (NJ)	15 juillet 1967	337	"
R. Nanticoke (MD)	14 avril 1973	Ch. Reversing (N.-B.)	25 octobre '76	1 179	Boone, MD Fish & Game
Lac Darlings (N.-B.)	5 juin 1969	Montauk (NY)	19 nov. 1969	167	Underwater Naturalist
Westfield (N.-B.)	12 sept. 1972	R. Blackstone (RI)	23 oct. 1972	36	Williamson, 1974
Chutes Reversing (N.-B.)	7 août 1973	Southampton (NY)	Nov. 1973	90	Dadswell, 1976
R. Annapolis (N.-É.)	17 mai 1982	R. Shubenacadie (N.-E.)	12 mai 1983	360	Dadswell, données non publ.
"	20 mai 1982	"	31 mai 1983	376	"

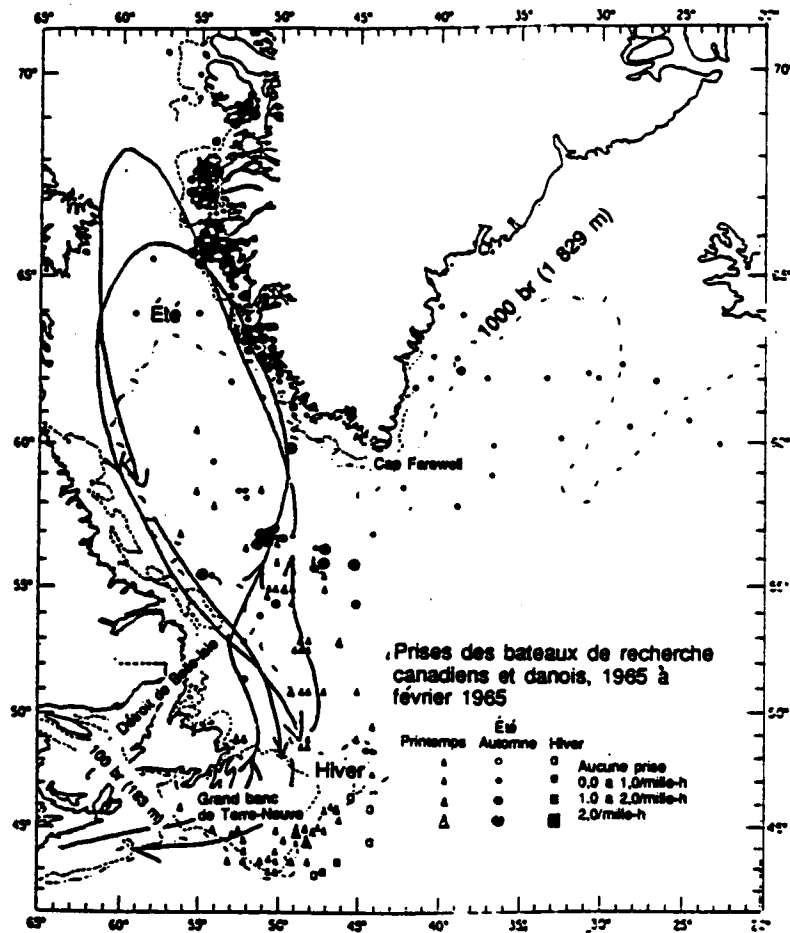


Figure 3. Migration du saumon atlantique de l'Amérique du Nord en mer.

leur cours d'eau natal pour frayer. Certains vont se reproduire jusqu'à deux et même quatre fois. Les saumons de première remonte pèsent entre 4 et 8 kg et les adultes peuvent atteindre 20 kg.

Le saumon a besoin de cours d'eau propres et froids et la modification de cet habitat peut nuire gravement à une population. Le stock de saumons de la rivière Saint-Jean est une des populations des Maritimes sur lesquelles on a le plus de renseignements. Vers la fin des années 1800, la Saint-Jean, comme la plupart des cours d'eau des Maritimes, se remettait lentement d'un blocage de billes et de poussière de bois. Les débarquements, depuis lors jusqu'à 1950, ont fluctué mais se sont généralement maintenus au niveau d'environ 300 000 lb par année. À partir de 1950, cependant, des modifications apportées à l'habitat et la pollution ont commencé à avoir des répercussions. En 1970, les débarquements de saumon avaient diminué grandement, au point qu'on a interdit la pêche commerciale. Bien que celle-ci ait alors été blâmée pour la réduction de la population de saumon, c'est un argument difficile à défendre puisque la population

avait réussi à se maintenir à un niveau élevé pendant 60 ans dans des conditions d'exploitation semblables. Une des raisons les plus valables de la diminution de la population était plutôt la modification de l'habitat par de nombreux barrages sur le cours de la rivière.

L'aloise savoureuse, *Alosa sapidissima*, est un grand poisson du genre hareng. Elle fait l'objet d'une grande pêche commerciale et d'une pêche sportive de la Floride jusqu'au Québec. Les adultes frayent dans des cours d'eau à partir des eaux de marée jusqu'aux eaux d'amont. Les oeufs dérivent vers l'aval pendant 2 à 3 jours avant d'éclore. Les jeunes demeurent dans le cours d'eau pendant le premier été et migrent vers la mer à l'automne. Ils y passent 4 à 5 ans, migrant vers le nord en été et vers le sud en hiver, le long de la côte est de l'Amérique du Nord (figure 4). Au stade adulte, ils reviennent dans leur cours d'eau natal pour se reproduire.

Il y a de grandes populations reproductrices d'aloses dans les Maritimes, particulièrement dans les rivières Saint-Jean, Annapolis⁽⁷⁾ et Miramichi; cependant, les

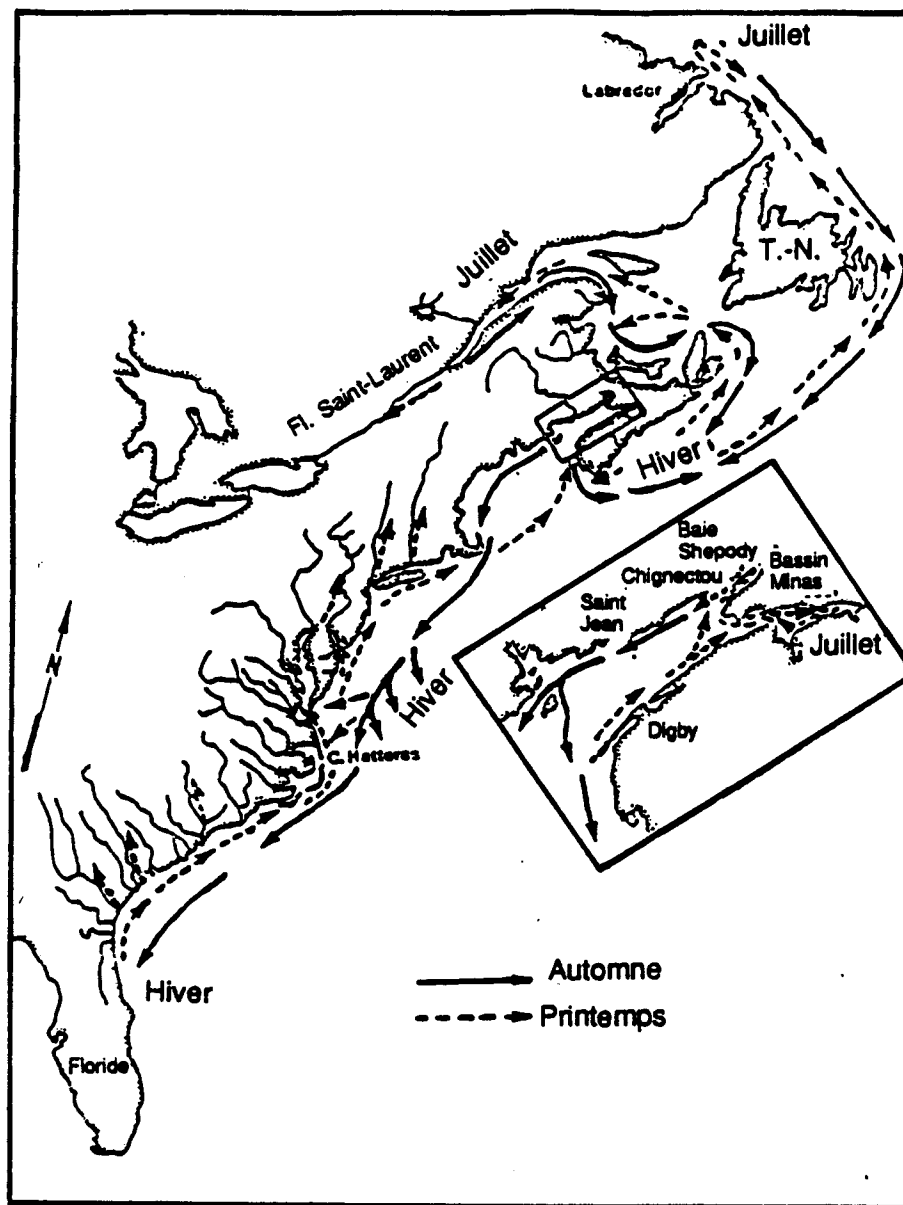


Figure 4. Trajet migratoire habituel de l'alse savoureuse sur la côte est de l'Amérique du Nord.

plus grandes concentrations se produisent quand les aloses de toute la côte est se rassemblent dans la partie supérieure de la baie de Fundy en été⁽¹⁾. L'habitat de l'alse des Maritimes a subi les répercussions des barrages⁽²⁾ et du récent aménagement d'usines marémotrices. Certaines des plus grandes répercussions subies par l'habitat ont eu lieu dans les grands cours d'eau de la côte est des États-Unis au tournant du siècle. Des barrages dans les rivières Susquehanna, Merrimack et Connecticut et la pollution des rivières Delaware et Hudson ont réduit les populations à des niveaux très bas. Ces réductions, à leur tour, ont entraîné une grave diminution des débarquements dans la partie supérieure de la baie de Fundy, qui était alors le lieu d'une pêche de grande valeur.

Les aspects de l'habitat du poisson liés à la reproduction, à l'alimentation et à la migration sont d'une importance vitale pour le bien-être des populations de poissons. La réduction de l'habitat ou la limitation de l'accès entraîne des réductions de population et souvent l'extinction des stocks. La protection de l'habitat est essentielle à la santé des ressources halieutiques de grande valeur.

RÉFÉRENCES

- (1) DADSWELL, M.J. 1979. A review of the decline in lobster (*Homarus americanus*) landings in Chebucto Bay between 1956 and 1977 with an hypothesis for a possible effect by the Canso Causeway on the recruitment

- mechanism of eastern Nova Scotia lobster stocks. Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. 834(Part 3):114-144.
- (2) DADSWELL, M.J., G.D. MELVIN, P.J. WILLIAMS and G.S. BROWN. 1984. Possible impact of large scale tidal power development in the upper Bay of Fundy on certain migratory fish stocks of the northwest Atlantic. Can Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1256:577-599.
- (3) DADSWELL, M.J., G.D. MELVIN, P.J. WILLIAMS and D.E. THEMELIS. 1987. Influences of origin, life history and chance on the Atlantic coast migration of American shad. Amer. Fish. Symp. 1:313-330.
- (4) HARDEN-JONES, F.R. 1968. Fish migration. Edward Arnold, London, England.
- (5) HOGAN, W.E. 1987. Mortality of adult American shad (*Alosa sapidissima*) passed through a STRAFLO turbine at the low-head tidal power generating station at Annapolis Royal, Nova Scotia. Rep. TPH Applied Fisheries Research Inc. Tidal Power Corporation, 46 p.
- (6) JESSOP, B.M. 1975. A review of the American shad (*Alosa sapidissima*) stocks of the Saint John River, New Brunswick, with particular reference to the adverse effects of hydroelectric developments. Tech. Rep. Ser. Res. Develop. Branch. MAR/T-75-6, 23 p.
- (7) MELVIN, G.D., M.J. DADSWELL and J.D. MARTIN. 1985. Impact of low head hydroelectric tidal power development on fisheries. I.A. pre-operation study of the spawning population of American shad *Alosa sapidissima* (Pisces:Clupeidae), in the Annapolis River, Nova Scotia, Canada. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci., 1340, 33 p.



Mariculture et conflits possibles d'utilisations multiples des ressources dans l'Atlantique canadien

D.J. Wildish

RÉSUMÉ

La mariculture est une des plus récentes utilisations auxquelles l'environnement marin côtier et des estuaires de l'Atlantique canadien est soumis. Les nombreuses utilisations par l'homme de cet environnement comprennent: la mariculture, la pêche commerciale et sportive, l'utilisation de l'eau de mer pour le refroidissement industriel, l'assimilation des déchets rejetés par l'industrie, les municipalités et le secteur agricole, l'exploitation minière ou pétrolière du fond marin et diverses formes de transport maritime. Les domaines de conflits réels ou possibles, si j'en juge par ma propre expérience dans l'industrie de la mariculture des salmonidés dans la baie de Fundy, sont entre la mariculture et l'industrie de la pêche traditionnelle et la mariculture et l'assimilation des déchets rejetés. Pour que l'industrie de la mariculture puisse maintenir un niveau optimal de production, il faut absolument que chacun des agriculteurs maintienne des conditions environnementales optimales. Ces objectifs sont donc très semblables à ceux de l'environnementaliste.

Les conflits possibles de l'utilisation multiple des ressources peuvent être résolus par des entretiens entre les représentants des divers groupes d'intérêts avant le conflit. Il faudrait donc qu'il existe quelque forme de planification côtière pour le développement ordonné et responsable par l'homme des ressources marines, tout comme c'est le cas pour les environnements d'eau douce et terrestre.

INTRODUCTION

La mariculture est une nouvelle industrie au Canada et elle connaît une croissance explosive sur les côtes atlantique et pacifique. Les huîtres, principalement *Crassostrea gigas*, sont produites sur la côte ouest, les moules bleues, *Mytilus edulis*, sur la côte est de l'Île-du-Prince-Édouard et de la Nouvelle-Écosse et les salmonidés en Colombie-Britannique et au Nouveau-Brunswick (tableau 1). En Colombie-Britannique, la culture des salmonidés comprend diverses espèces d'*Oncorhynchus* et le saumon de l'Atlantique, *Salmo salar*, et au Nouveau-Brunswick, il s'agit principalement du saumon de l'Atlantique.

GESTION DES ZONES CÔTIÈRES ET CONFLITS D'UTILISATIONS MULTIPLES DES RESSOURCES

La zone côtière est la partie de l'environnement marin qui va de la bordure du plateau continental, vers la terre, incluant les estuaires jusqu'à l'extrémité du mouvement des marées. Il s'agit d'une ressource aquatique renouvelable à utilisations multiples d'une importance considérable dans l'Atlantique canadien. Outre la mariculture, ces utilisations sont⁽²⁾:

- les pêches commerciales et sportives
- l'utilisation de l'eau de mer pour le refroidissement industriel
- l'assimilation des déchets rejetés de nombreuses sources
- l'exploitation minière ou pétrolière du fond marin et
- le transport maritime

Les objectifs de gestion de la zone côtière sont considérés comme une optimisation des avantages pour le plus grand nombre possible des utilisateurs mentionnés ci-dessus. Les conflits se produisent quand une utilisation donnée des ressources nuit à une autre sur le plan économique.

MARICULTURE ET PÊCHE TRADITIONNELLE

La mariculture des salmonidés dans les îles occidentales de la région de la baie de Fundy (figure 1) consiste à placer des saumoneaux de l'Atlantique produits dans des piscifactoreries terrestres d'eau douce, dans de larges cages flottantes, en mer, où ils demeurent pendant au moins 18 mois. Le nombre de centres de croissance (34 au début de 1988) devrait augmenter en 1988-1989.

Les pêches locales importantes dans la même région comprennent celles du pétoncle, du homard et du hareng. Les débarquements ont fluctué dans le cas des jeunes harengs, de 1 275 t en 1971 à 15 205 t en

Tableau 1.

Production de la mariculture, tonnes, poids humide, pour 1986 (1).

Espèce	Province					
	C.-B.	Québec	T.-N.	I.-P.-É.	N.-B.	N.-É.
Salmonidés	397	10	19	9	679	79
Huîtres	3700	50	0	0	0	0
Moules	6	50	14	1250	3	545

1982 (tableau 3) pour la pêche en parc. La baisse générale à partir de 1968 a été attribuée à un important effondrement des ressources, particulièrement dans le cas du stock du banc de George⁽³⁾. Il s'agit néanmoins d'une pêche d'une grande valeur; par exemple, les débarquements des îles occidentales en 1982, qui s'élevaient à 15 205 t, étaient évalués à près de 3 millions de dollars et à 10 fois ce montant pour la valeur traitée⁽³⁾. Le jeune hareng capturé dans les parcs constitue la base de l'industrie de la sardine en boîte. La répartition des 110 parcs dans la région des îles occidentales en 1986 (figure 2) est un exemple d'un conflit évident des ressources avec la mariculture des salmonidés, qui constitue une concurrence directe pour les meilleurs emplacements. Les lieux privilégiés pour la pêche en parc sont ceux qui sont les plus près de la côte, parce que c'est là que se trouvent les jeunes harengs de plus petite taille appropriés à la mise en boîte des sardines. Des conflits semblables existent dans le cas du homard et du pétroncle, même si c'est moins évident parce que ni l'une ni l'autre pêche n'a recours à des engins fixes et passifs.

La pêche du hareng en parc est basée sur le mouvement naturel du hareng près de la côte. Stephenson a émis l'hypothèse de travail suivante quand il essayait de déterminer si l'emplacement des cages de salmonidés influençait le comportement locomoteur des jeunes harengs⁽³⁾:

- à cause de la diminution de la qualité de l'eau près des cages de salmonidés, le hareng évite ces endroits;

- le hareng évite les déchets de la nourriture des salmonidés qui est composée principalement de hareng;
- la présence du saumon dans les cages déclenche chez le hareng le réflexe de l'évitement du prédateur;
- la hareng évite les bruits, par exemple, les mécanismes d'éloignement des phoques et les activités associées aux emplacements des cages de salmonidés; et
- les cages de salmonidés constituent un obstacle physique au trajet normalement utilisé par le hareng.

Une des repercussions possibles très différente de la mariculture sur la pêche traditionnelle est l'introduction de nouvelles maladies à cause de l'importation de meilleures variétés. De plus, les salmonidés qui s'échappent des centres de culture peuvent amener une dilution génétique ou une perte des stocks génétiques locaux de saumon, ou les deux.

MARICULTURE ET ASSIMILATION DES DÉCHETS

Une des premières exigences du succès d'un projet de mariculture est une réserve abondante d'eau de mer propre et bien oxygénée. Or, comme la mariculture est une nouvelle industrie qui n'a que 15 ans, et que la pureté de l'eau de mer est un facteur important dans les décisions concernant l'emplacement des installations de mariculture, on trouve encore peu d'exemples de ce genre de conflit

Tableau 2.

Croissance de la mariculture dans l'Atlantique canadien, en tonnes, poids humide, entre 1980 et 1987 (1 et R. Drinnan, communication personnelle).

Espèce	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Salmonidés	123	114	153	274	272	284	796	1266
Moules	36	82	174	432	876	886	1859	1789

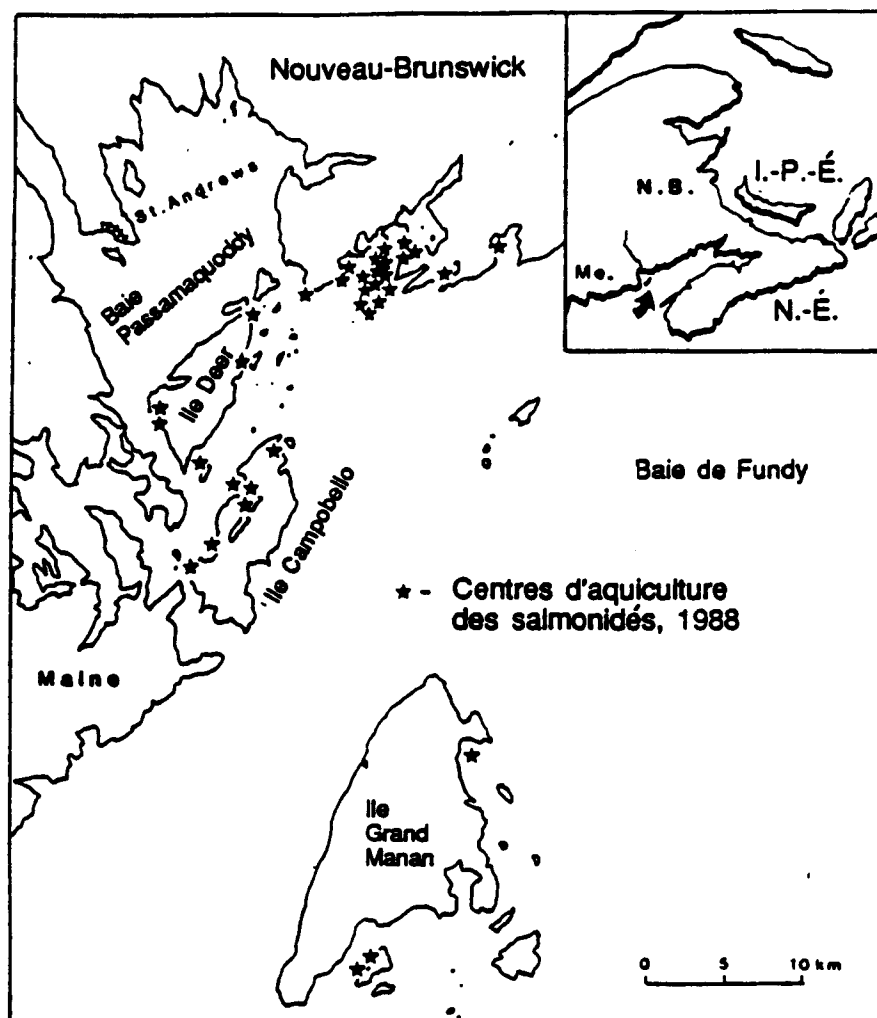


Figure 1. Emplacement des cages de mariculture des salmonidés dans la région des îles occidentales de la baie de Fundy, en 1987.

Tableau 3.

Prises de hareng en parc dans la région des îles occidentales de la baie de Fundy, en tonnes, poids humide, Tiré de R.L. Stephenson (3).

Année	Blisses # 104	Ile. Deer # 107	Ile. Campobello # 108	Totaux
1968	1143	3245	50	4438
1969	1785	1242	1114	4141
1970	2203	634	544	3381
1971	921	195	159	1275
1972	593	929	652	2174
1973	1833	9090	2811	13734
1974	1255	1090	672	2017
1975	1600	475	70	2145
1976	1167	1284	688	3139
1977	2014	4791	2865	9670
1978	718	8416	5620	14754
1979	875	3735	3300	7910
1980	1005	2178	3009	6192
1981	789	6182	2257	9228
1982	1529	8899	4777	15205
1983	1915	515	1276	3706

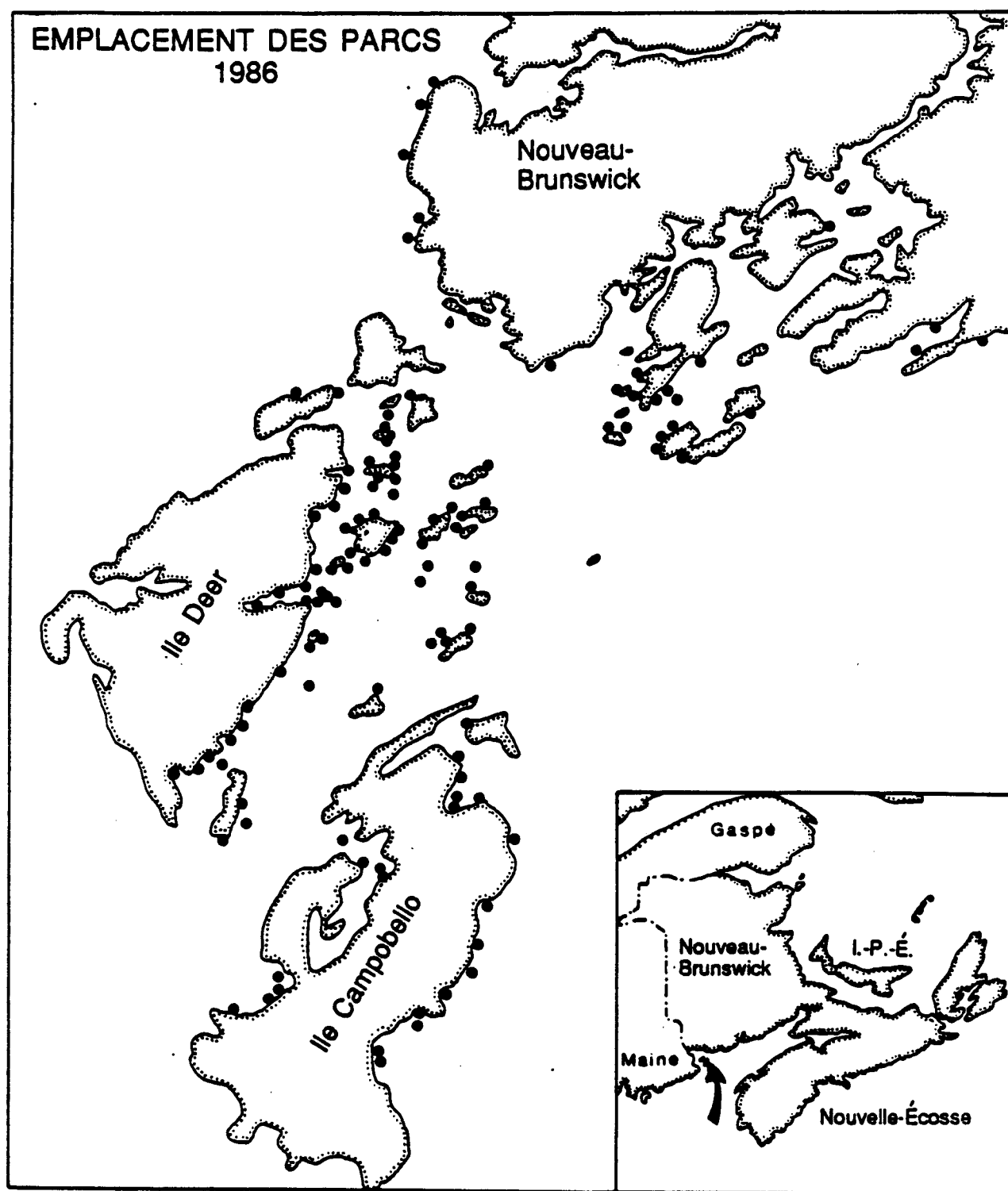


Figure 2. Emplacement des parcs fixes dans la région des îles occidentales de la baie de Fundy en 1986.

au Canada. L'assimilation des déchets comprend ceux des sources industrielles, des installations de traitement des eaux usées municipales et de l'agriculture, par suite du ruissellement dans les cours d'eau.

Assimilation des déchets Industriels

Il y a à Lake Utopia une fabrique de pâte à papier produisant du carton ondulé à partir d'essences de bois franc. L'effluent de cette fabrique dont la production est de 200 tonnes/jour est rejeté dans la partie supérieure de l'Étang dans un cours d'eau (figure 3). Ce cours d'eau en amont de la route 1 est complètement anoxique à cause de la demande excessive en oxygène de l'effluent et de l'accumulation de fibres de pâte dans les sédiments⁽²⁾. Une étude des conditions d'oxygène dissous dans la partie inférieure de l'Étang aux endroits marqués dans la figure 3, en 1985, a révélé que les niveaux étaient normaux aux emplacements 9 et 10⁽⁴⁾. La forme en inlet de l'Étang et le faible ruissellement d'eau douce font que l'effluent de la fabrique de pâte à papier et, ainsi, les faibles niveaux d'oxygène dissous, demeurent "emprisonnés" et n'ont pas d'effet négatif sur les 20 centres de mariculture des salmonidés situés dans la partie se trouvant du côté de la mer⁽⁴⁾. Néanmoins, la présence de l'effluent nuit probablement à l'utilisation de la baie Scotch, où on pourrait établir un ou deux centres de culture des salmonidés si la qualité de l'eau était meilleure.

Assimilation des eaux usées municipales

Étant donné que les mollusques bivalves, y compris les pétoncles, les huîtres, les clams et les moules, filtrent l'eau de mer en se nourrissant, ils concentrent et recueillent tout micro-organisme pathogène qui pourrait y être présent. Des conflits de ce genre sont beaucoup plus rares aujourd'hui à cause des progrès des pratiques de traitement des eaux usées municipales.

Autrefois, cependant, ce problème causait fréquemment l'effondrement économique de grands projets de culture des bivalves qui entraient en conflit avec les concentrations de population dans les villes, exigées par la révolution industrielle. On en a un exemple dans l'estuaire de la Medway (R.-U.), au tournant du siècle. Les huîtres, telles que *Ostrea edulis*, étaient cultivées dans des baux ostréicoles près de la ville de Rochester et de sources d'eaux usées, non traitées. On a trouvé que la cause de cas de typhoïde, dont certains ont été fatals, était une bactérie pathogène, et remontant aux huîtres de Medway, ce qui a contribué à l'effondrement de cette industrie⁽⁵⁾.

Récemment, on a proposé⁽⁶⁾ que les systèmes intégrés d'aquiculture et d'agriculture, incluant la polyculture des porcs, de la volaille et des poissons, commune en Asie et dans certaines parties de l'Europe, pourraient poser un problème grave pour la santé de l'homme. Les problèmes de grippe chez l'homme se posent souvent à la suite d'une réorganisation génétique des virus humains et aviaires chez le porc.

Assimilation des déchets agricoles

Contrairement à l'effluent des fabriques de pâte à papier, qui ne contiennent pas des niveaux élevés de substances nutritives pour les plantes, le ruissellement agricole en contient souvent à cause de l'utilisation fréquente d'engrais artificiels. Dans certaines parties de l'Europe, où on utilise beaucoup les engrais à base d'azote, de phosphate et de potasse (par exemple, le Danemark – 6), on a observé des problèmes dans les eaux réceptrices. Ainsi, le Limfjord est tellement hypereurri à cause du ruissellement agricole qu'il y a eu surproduction d'algues nocives avec la désoxygénation qui s'ensuit quand ces algues meurent et se décomposent. Ceci a amené le Parlement danois à interdire l'utilisation en agriculture des engrais chimiques en vue de réduire cet effet dans la mer.

Je ne connais pas d'étude bien documentée de cas de conflit de l'agriculture et de la mariculture dans l'Atlantique canadien. Cependant, d'après mon expérience, il serait raisonnable de croire que le problème de la toxicité des moules dans l'estuaire de Cardigan (I.-P.-É.), au mois de décembre 1987, a été causée par la surproduction d'une micro-algue stimulée par le ruissellement de substances nutritives des champs de culture du tabac situés à proximité.

MARICULTURE DES SALMONIDÉS ET AUTOPOLLUTION

La nourriture utilisée pour la croissance du saumon se compose de granules sèches ou de moulée humide produite chaque jour à partir de harengs congelés. Jusqu'à 30% de la nourriture peut se perdre pendant le nourrissage, bien qu'en suivant de bonnes pratiques, la perte devrait être bien inférieure⁽⁸⁾. Les matières fécales sont une autre forme de déchets. Ainsi, les déchets alimentaires et les matières fécales sont des déchets organiques particuliers associés à une grande demande biologique en oxygène, riches en composés d'azote et de phosphore. Les déchets particuliers sont dispersés par les marées et les courants produits par les vagues. Là où les courants sont faibles ou inexistant, les déchets subissent une détérioration microbienne aérobie aussitôt qu'ils

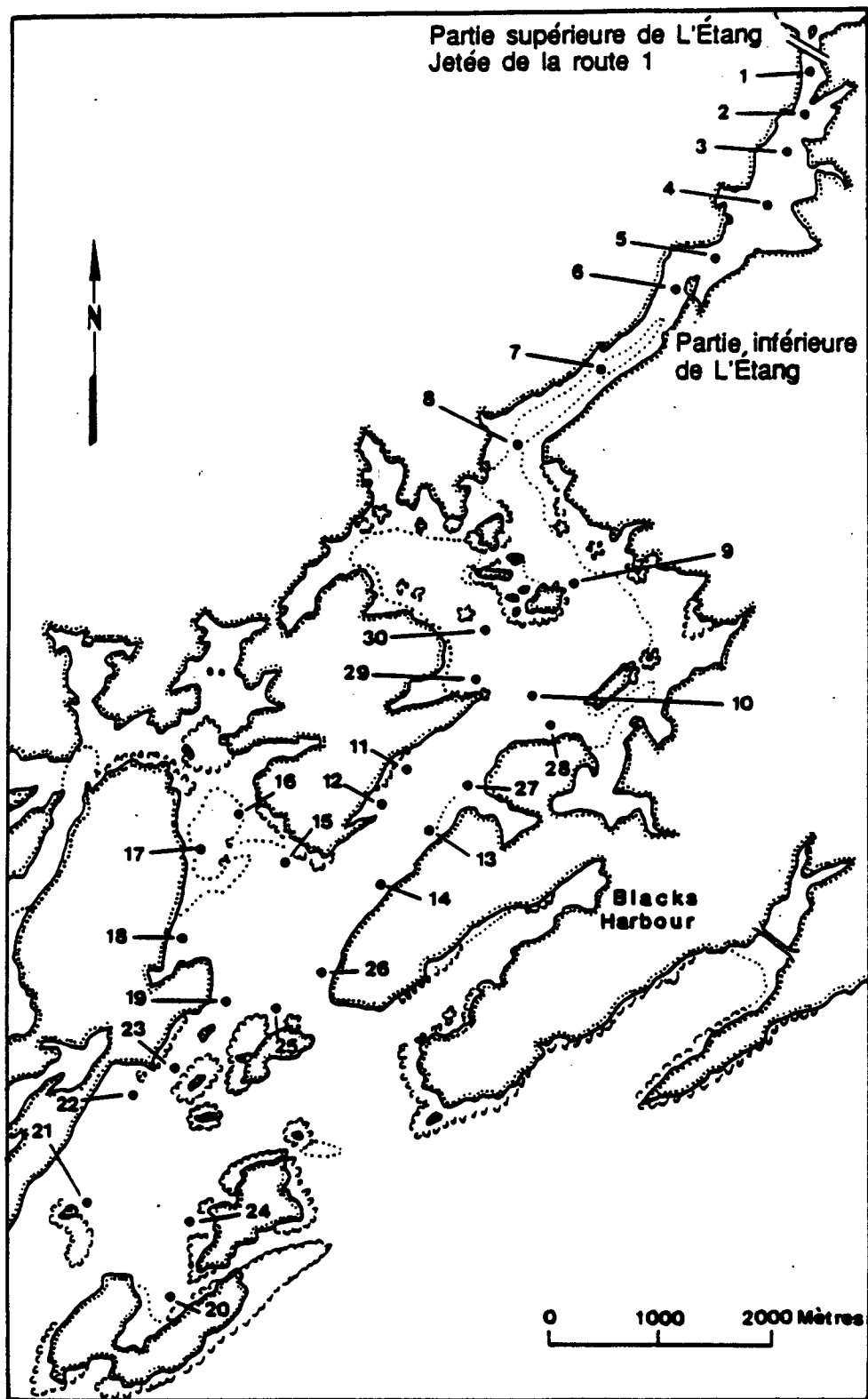


Figure 3. Stations d'échantonnage utilisées dans la partie inférieure de L'Étang.

sont libérés. Si la plus grande partie de la décomposition se produit après le dépôt sur les sédiments, la disponibilité locale d'oxygène peut être épuisée et il se produit alors une différente décomposition microbienne anaérobie. Les micro-organismes anaérobiques utilisent le sulfate pour accueillir l'électron, produisant du sulfite d'hydrogène au cours du processus de réduction⁽⁹⁾.

Une étude des conditions benthiques autour des cages de salmonidés a été réalisée en 1985 dans la partie inférieure de l'Étang, et par la suite, tous les ans dans toute la région des îles occidentales par le groupe d'écologie et d'aquiculture de la Station de biologie de St. Andrews. L'étude de 1985 a révélé⁽⁴⁾ qu'il y avait eu peu d'accumulation de matières organiques sous la plupart des cages et, de ce fait, pas de décomposition anaérobie dans les sédiments. Les courants de marée énergiques sont suffisants pour disperser les déchets sur une grande surface et empêcher l'accumulation de matières organiques. Sous certaines des cages, on a observé une communauté microbienne vaseuse blanche, qui n'a pas encore été décrite. Elle est semblable aux communautés limoneuses des déchets d'eau douce qu'on retrouve en aval de l'effluent des fabriques de pâtes et papiers ou des rejets d'eaux usées⁽¹⁰⁾. A Dark Harbour, Grand Manan, les sédiments sont fortement pollués et il y a décomposition anaérobie parce que cet endroit est presque totalement circonscrit par les murs du port, et les courants de marée y sont faibles⁽¹¹⁾.

Le processus de décomposition microbienne, ajouté aux composés solubles d'azote excrétés par le saumon, apporte des quantités considérables de composés contenant du phosphore et de l'azote sous forme dissoute. Ces composés sont des substances nutritives favorables aux plantes et peuvent stimuler la croissance de plantes vertes, telles que les algues fixées ou le phytoplancton. Ils peuvent être favorables à la productivité locale ou défavorables si cette stimulation entraîne une surproduction d'algues toxiques. L'organisme des eaux rouges, *Gonyaulax excavata*, est nuisible aux espèces adjacentes de mollusques bivalves, d'importance commerciale, puisque ceux-ci utilisent cette dinoflagellée lorsqu'ils se nourrissent et deviennent toxiques pour l'homme. Par ailleurs, les eaux rouges peuvent avoir des effets toxiques sur la chaîne alimentaire, par exemple, chez le hareng⁽¹²⁾. La surproduction de deux espèces de phytoplancton, antérieurement considérées comme non toxiques, a été associée à la mortalité du saumon atlantique cultivé sur la côte ouest⁽¹³⁾. Une espèce de diatomée, *Chaetoceros convolutus*, et une dinoflagellée, *Heterosigma akashiwo*, ont coïncidé avec l'incidence de taux de mortalité qui atteignaient 43%, mais le mécanisme toxique n'a pas pu être

identifié. Récemment, un taux de mortalité élevé associé à une surproduction d'algues a été mentionné⁽¹⁴⁾ dans l'industrie norvégienne du saumon du sud.

L'industrie de la mariculture utilise divers produits chimiques comme biocides, c'est-à-dire comme produits thérapeutiques, anesthésiques, désinfectants ou produits de traitement de l'eau (tableau 4). Ces produits chimiques sont aussi utilisés dans les matériaux de construction, par exemple pour éviter les salissures, et on utilise également des hormones pour modifier les caractéristiques sexuelles ou le rythme de croissance. Cependant, on connaît mal la toxicité et les effets de plusieurs de ces produits sur l'environnement. On sait que les produits antisalissure, qui contiennent de la tributyltine⁽¹⁵⁾ sont la cause d'anomalies larvaires et du mauvais fonctionnement des coquilles d'huîtres de la baie Arcachon, en France. La tributyltine a été utilisée dans les produits antisalissure pour les cages en filet de la baie de Fundy, bien que son utilisation soit maintenant restreinte au Canada.

DISCUSSION

Au cours de cette présentation, nous avons mentionné un certain nombre de conflits possibles ou existants d'utilisation des ressources incluant la mariculture et d'autres utilisations. Comme on en est encore aux premiers stades de développement de la mariculture dans l'Atlantique canadien, il est difficile de connaître dès maintenant les facteurs mentionnés qui deviendront les plus importants. La plupart des éleveurs de poissons se rendent compte de l'importance de maintenir des conditions environnementales saines dans les centres de croissance pour optimiser la production des salmonidés. C'est pour cette raison que la question qui revient le plus souvent dans les recherches dans ce domaine est: comment peut-on définir la capacité de charge d'une zone donnée pour le poisson, tel que les salmonidés? La question correspondante dans l'industrie des bivalves à laquelle on accorde le plus d'attention en ce moment est: comment la capacité de charge peut-elle être optimisée pour réduire les limites à l'alimentation? On espère que l'intérêt porté à la question suscitera suffisamment de recherches pour permettre la réalisation de modèles de prédiction de la capacité de charge pour la mariculture.

Enfin, le concept de la gestion des ressources marines exige une planification de la zone côtière. Je crois que le meilleur moyen de résoudre les conflits possibles d'utilisations multiples est de prévoir des entretiens au cours des réunions de planification, avant que le conflit ne soit déclenché dans l'environnement de l'estuaire ou dans l'environnement marin semi-côtier.

Tableau 4.

Produits chimiques inscrits ou approuvés par le U.S. Food and Drug Administration pour la culture du poisson de consommation (d'après réf. 1).

Produit	Utilisation
Produits thérapeutiques	
Acide acétique	Antiparasitaire
Formaline	Antiparasitaire et fongicide
Romet 30 (sulfadiméthoxine et orthoméprime)	Bactéricide
Sel	Favorise la régulation osmotique
Sulfamérazine	Bactéricide
Oxytétracycline (terramycine)	Bactéricide
Anesthésiques	
Acide carbonique	Anesthésique
MS 222 (méthane-sulfonate d'éthyl amino-3 benzoate tricaine)	Anesthésique et sédatif
Bicarbonate de soude	Anesthésique
Désinfectants	
Hypochlorite de calcium	Désinfectant, algicide et bactéricide
Traitement de l'eau	
Fluorescéine sodique	Teinture
Chaux (hydroxyde, oxyde ou carbonate de calcium)	Stérilisant de bassin
Permanganate de potassium	Oxydant et détoxifiant
Rhodamine B et WT	Teinture
Sulfate de cuivre	Algicide et herbicide
Cuivre élémentaire	Algicide et herbicide
2, 4-D	Herbicide
Dibromure de diquat	Algicide et herbicide
Endothal	Algicide et herbicide
Simazine	Algicide et herbicide
Clean-Flo (sulfate d'aluminium, sulfate de calcium et acide borique)	Algicide et herbicide
Glyphosate	Herbicide
Ricinoléate de potassium	Algicide
Xylène	Herbicide

RÉFÉRENCES

- (1) ROSENTHAL, H., D. WESTON, R. GOWEN and E. BLACK. 1988. Report of the ad hoc study group on environmental impact of mariculture. ICES Cooperative Research Report 154, 83 p.
- (2) WILDISH, D.J. 1983. Coastal zone management and the pulp and paper industry. Pulp and Paper, Canada 84:T145-T148.
- (3) STEPHENSON, R.L. 1988. Personal communication.
- (4) WILDISH, D.J., J.D. MARTIN, A.J. WILSON and A.M. ECOSTE. 1986. Hydrographic and sedimentary conditions in the L'Etang Inlet during 1985. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1473, 14 p.
- (5) COOMBE, D. 1979. **The Bawleymen. Fisherman and Dredgemen of the River Medway.** Pennat Books, Rainham, 112 p.
- (6) SCHOLTISSEK, C. and E. NAYLOR. 1988. Fish farming and influenza pandemics. Nature 331:215.
- (7) BROCK, V. 1987. Personal communication.
- (8) HENDERSON, E. 1987. Personal communication.
- (9) POOLE, N.J. and D.J. WILDISH. 1979. Polysaccharide degradation in estuaries. In Berkley, R.C.W., D.C. Ellwood and G.W. Gooday (eds.). Microbial Polysaccharides and their Degradation. Academic Press, London.
- (10) POOLE, N.J., D.J. WILDISH and D.D. KRISTMANSON. 1978. The effects of the pulp and paper industry on the aquatic environment. CRC Critical Reviews in Environmental Control 8:153-195.
- (11) ROSENTHAL, H. 1987. Personal communication.
- (12) WHITE, A.W. 1977. Dinoflagellate toxins as a probable cause of an Atlantic herring (*Flupea harengus harengus*) kill, and pteropods as apparent vector. J. Fish. Res. Board Can. 34:2421-2424.
- (13) Anon. 1988. Experience in 1987 with blooms of toxic plankton at the Pacific Biological Station Experimental Fish Farm. Dept. Fish. Oceans, Nanaimo, Aquaculture Update 29, 3 p.
- (14) SAUNDERS, R.L. 1988. Personal communication.
- (15) ALZIEU, C. and M. HERAL. 1984. Ecotoxicological effects of organotin compounds on oyster culture. Ecotoxicological Testing for the Marine Environment 2:187-196.

QUESTIONS

Bien que nous n'en soyons pas encore à ce stade, les Européens ont beaucoup d'expérience maintenant dans le domaine de l'aquiculture. Dans certains cas, la densité que réalisent certains éleveurs de moules dans les parcs a des répercussions importantes sur la structure de l'estuaire. Il y a bien des endroits en Espagne qui ne produisent plus de mollusques à cause des énormes chapelets de parcs de moules qui s'étendaient dans tout l'estuaire et qui empêchaient le renouvellement par les marées. Il existe donc la possibilité que l'aquiculture devienne elle-même un empêchement à son expansion.

Wildish: Bien sûr, le but de l'aquiculteur est d'optimiser la position dans laquelle il place ses filets ou ses cages. Dans le cas de bivalves, il faut donc les placer dans le courant pour qu'ils interceptent la plus grande partie possible du courant de marée. Cela est assez difficile en Espagne parce qu'il s'agit réellement d'une baie et que le courant y est relativement faible et dépend du renouvellement par les marées.



Protection de l'habitat du poisson – cadre juridique

John Angel

RÉSUMÉ

Bien que la propriété soit une question relevant de la compétence des provinces, c'est le gouvernement fédéral qui est responsable de la question des conséquences qu'ont, sur le poisson, les activités entreprises dans les eaux provinciales. L'outil d'intervention législative du Parlement canadien est la Loi sur les pêcheries, dont l'application incombe au ministre des Pêches et des Océans (Canada).

La Loi sur les pêcheries régit notamment la protection des systèmes naturels dans lesquels vivent les poissons; ces systèmes sont désignés par l'expression "habitat du poisson".

Les dispositions de la Loi s'appliquent à toutes les eaux où vivent des espèces halieutiques commerciales ou sportives, y compris les eaux côtières, les cours d'eau, le lit des rivières, les marais salants et les lacs.

Les articles de la Loi relatifs à la protection de l'habitat du poisson sont les suivants:

Article 31 – Disposition-clé qui interdit la détérioration ou la destruction de l'habitat du poisson.

Articles 20, 28 et 52 – Dispositions relatives au passage du poisson.

Article 53 – Disposition relative au financement de certaines activités de pisciculture.

Article 33 – Disposition relative à des aspects procéduraux et juridiques liés à l'application de l'article 31.

Article 55 – Disposition relative à l'entretien des garde-poissons.

Article 56 – Disposition relative à la protection des secteurs réservés à la reproduction du poisson.

INTRODUCTION

Il sera question ci-après des dispositions législatives fédérales qui s'appliquent à la protection de l'habitat du poisson. Ce bref survol s'adresse à ceux qui travaillent dans ce domaine et à ceux qui se préoccupent de l'impact des activités de l'homme sur l'habitat du poisson. Il ne s'agit pas d'une analyse juridique approfondie de la législation relative à l'habitat du poisson, ni d'un énoncé de la position juridique du gouvernement fédéral en la matière.

PARTAGE DES COMPÉTENCES

Dans une fédération, les pouvoirs sont partagés entre les deux ordres du gouvernement, et la compétence relative à l'habitat du poisson ne fait pas exception: les gouvernements provinciaux sont compétents à cause de leur pouvoir sur la propriété dans la province, et le gouvernement fédéral l'est à cause de son pouvoir sur les pêcheries.

Le paragraphe 92(13) de la Loi constitutionnelle de 1982 accorde aux provinces une compétence exclusive sur la "propriété et les droits civils dans la province". Par conséquent, toutes les questions qui ont trait à ce droit de propriété sont du ressort des provinces, y compris les eaux provinciales. Ce sont les gouvernements provinciaux qui ont juridiction sur l'utilisation des composantes de ce droit de propriété, y compris les eaux. C'est en vertu de ce pouvoir que les gouvernements provinciaux peuvent adopter des lois visant à protéger l'environnement, notamment l'habitat du poisson.

Le paragraphe 91(12) de la Loi constitutionnelle de 1982 accorde au gouvernement fédéral une compétence exclusive sur "les pêcheries des côtes de la mer et de l'intérieur". Cette compétence sur les eaux provinciales et les activités qui s'y rattachent se

limite à leur impact sur la ressource qu'est le poisson, c'est-à-dire à la protection des systèmes de soutien dont dépend la survie des poissons. La **Loi sur les pêcheries** qu'a adoptée le Parlement fédéral assure la protection des poissons et des systèmes naturels dont ils ont besoin pour vivre. C'est le ministre des Pêches et des Océans qui est chargé de veiller à l'application de cette loi.

En résumé, les gouvernements provinciaux sont compétents en matière d'habitat du poisson et ils peuvent adopter des lois pour protéger cet habitat vu leur pouvoir sur la propriété. Le pouvoir du gouvernement fédéral sur l'habitat (c'est-à-dire la propriété des provinces) découle de sa compétence sur les pêcheries.

L'HABITAT DU POISSON ET LA LOI SUR LES PÊCHERIES

a) Les dispositions de la **Loi sur les pêcheries** qui protègent l'habitat du poisson s'appliquent à toutes les eaux où vivent des espèces halieutiques commerciales ou sportives, y compris les eaux côtières, les cours d'eau, le lit des rivières, les marais salants et les lacs.

La disposition-clé de la Loi en ce qui a trait à la protection de l'habitat du poisson est l'article 31 (Annexe "A"). Le paragraphe 31(1) est libellé ainsi:

Il est interdit d'exploiter des ouvrages ou des entreprises diminuant ou faisant disparaître les qualités biologiques de l'habitat des poissons ou rompant son équilibre d'une manière préjudiciable.

Comme on peut le constater, cette interdiction très générale englobe toutes les activités susceptibles de **détériorer, perturber ou détruire l'habitat du poisson**. La question de savoir à quel moment une activité peut donner lieu à une poursuite dépend de la nature et de l'ampleur des dommages, et est laissée à la discrétion du ministère public. Conformément au paragraphe 31(5), "habitat du poisson" désigne:

Les frayères, les réserves de nourriture et les aires d'alevinage, d'élevage et de migration dont dépend directement ou indirectement la survie du poisson.

Cette définition qui est aussi très générale inclut tous les facteurs qui peuvent influencer sur la vie et la survie du poisson.

Le paragraphe 31(3) prévoit des peines en cas de violation du paragraphe 31(1) qui peuvent s'élever à

5 000 \$ pour une première infraction et à 10 000 \$ pour chaque infraction subséquente. Dans les cas plus graves où la Couronne décide de poursuivre par voie de mise en accusation, il peut y avoir un emprisonnement maximal de deux ans. Aux termes du paragraphe 31(2), le Ministre peut autoriser des personnes à exploiter des ouvrages ou des entreprises dans des circonstances précises, auquel cas les dispositions du paragraphe 31(1) ne s'appliquent pas.

A ces dispositions pénales s'ajoute le paragraphe 31(4) qui assujettit à l'article 31 des paragraphes de l'article 33; ceux-ci s'appliquent à l'infraction créée par l'article 31 comme si elle constituait une infraction à l'article 33. Ils prévoient l'émission d'ordonnances de ne pas faire lorsqu'une personne est déclarée coupable d'une infraction et d'injonctions malgré qu'une poursuite ait été intentée, de même que le maintien des recours en responsabilité civile. Ils créent aussi des infractions distinctes pour chaque jour durant lequel se continue une infraction.

L'article 31 comprend donc des dispositions très complètes, assorties de peines sévères en cas d'infraction. C'est un article d'application difficile devant les tribunaux parce qu'il faut recourir au témoignage d'experts et faire une preuve très technique. Il est long, coûteux et difficile de faire la preuve de la violation d'un habitat.

b) Processus d'autorisation (Annexe "B")

Aux termes de l'article 33.1, le Ministre peut obliger les personnes qui se proposent d'exploiter des ouvrages ou des entreprises à lui fournir des plans, devis, études, etc., qui lui permettront de déterminer si leurs projets risquent de causer des dommages, à l'habitat du poisson. Si, après avoir examiné ces documents, le Ministre est d'avis que de tels dommages sont possibles, il peut, avec l'approbation du gouverneur en conseil, ordonner que les modifications qu'il estime nécessaires dans les circonstances soient apportées aux plans. Le Ministre peut même, toujours avec l'approbation du gouverneur en conseil, ordonner la fermeture de l'ouvrage ou de l'entreprise, ou en restreindre l'exploitation, pour la période qu'il juge appropriée.

c) Autres dispositions

Il y a plusieurs autres dispositions de la **Loi sur les pêcheries** qui portent sur l'habitat du poisson. Le plupart ont un caractère indicatif et procédural; des accusations peuvent être portées si elles ne sont pas respectées, mais on ne les considère pas comme des dispositions pénales au même titre que celles de

l'article 31. Elles obligent plutôt les personnes concernées à prendre certaines précautions et elles assurent la protection des poissons et de leur habitat.

d) Passage du poisson

Article 20 – Aux termes de cet article, les barrages et autres obstacles doivent être munis, par le propriétaire ou l'occupant, de dispositifs de passage du poisson dont le modèle et les dimensions permettront, de l'avis du Ministre, le libre passage du poisson. L'article 20 est constitué de dix paragraphes qui imposent diverses obligations aux propriétaires de ces dispositifs, notamment leur entretien, le maintien d'un débit d'eau suffisant, l'installation d'appareils pour arrêter ou détourner le poisson, etc. Cet article autorise par ailleurs le Ministre à ordonner la construction d'une échelle à poissons, lorsque le propriétaire refuse de le faire lui-même, et à recouvrer auprès de ce dernier les sommes ainsi déboursées. Enfin, si le propriétaire refuse d'enlever des obstacles après qu'on le lui a demandé, le Ministre peut ordonner leur enlèvement et recouvrer les sommes déboursées auprès du propriétaire.

Article 28 – Cet article prévoit l'installation de garde-poissons à l'entrée des prises d'eau, des chenaux, des canaux, etc., utilisés à des fins d'irrigation, ainsi que leur entretien.

Article 52 – Aux termes de cet article, constitue une infraction, le défaut d'installer des dispositifs de passage du poisson et d'assurer un débit suffisant. L'amende est de 5 000 \$ pour chaque jour durant lequel se continue l'infraction.

Article 53 – Le Ministre peut ordonner aux propriétaires d'obstacles de verser une somme globale ou annuelle aux fins de financement d'écloseries, pour assurer le retour annuel du poisson migratoire.

SOMMAIRE

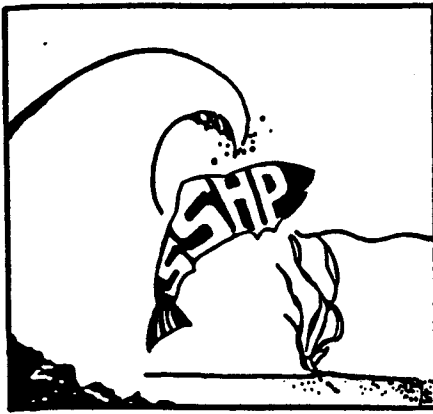
En bref, la Loi sur les pêcheries protège l'habitat du poisson sur trois fronts. Premièrement, les articles 20, 28, 52 et 53 imposent des obligations précises aux personnes qui exploitent des ouvrages près de l'eau et leur donnent des instructions. Deuxièmement, l'article 33.1 autorise le Ministre à exiger qu'on lui soumette des plans et devis des ouvrages et entreprises, afin d'établir si l'habitat du poisson est menacé. Toutes ces dispositions visent à empêcher que des dommages soient causés à l'habitat du poisson ou à assurer la survie des poissons si leur habitat est diminué. Troisièmement, il y a le très sévère article 31, à caractère pénal, qui permet d'imposer des peines à ceux qui exploitent des ouvrages ou entreprises ayant déjà détérioré, détruit ou perturbé, l'habitat du poisson.

ANNEXE "A"

Détérioration de l'habitat des etc.	31(1) Il est interdit d'exploiter des ouvrages ou entreprises diminuant ou faisant disparaître les qualités biologiques de l'habitat des poissons, poissons ou rompant son équilibre d'une manière préjudiciable.
Exception	(2) Le paragraphe (1) ne s'applique pas aux personnes qui diminuent, font disparaître ou rompent l'équilibre de l'habitat des poissons utilisant des moyens ou en agissant dans des circonstances autorisés par le Ministre ou conformes aux règlements établis par le gouverneur en conseil en vertu de la présente loi.
Peine	(3) Toute personne qui contrevient au paragraphe (1) est coupable d'une infraction et passible a) sur déclaration sommaire de culpabilité, d'une amende maximale de cinq mille dollars pour une première infraction et de dix mille dollars pour chaque infraction subséquente; ou b) sur déclaration de culpabilité par voie de mise en accusation, d'un emprisonnement maximal de deux ans.
Application de l'article 33	(4) Les paragraphes 33(6) à (9) s'appliquent à l'infraction créée par le présent article comme si elle constituait une infraction à l'article 33.
Définition d'"habitat des	(5) Aux fins du présent article et des articles 33, 3.1 et 33.2, "habitat des poissons" désigne les frayères, les réserves de nourriture et les aires d'alevinage, poissons" d'élevage et de migration dont dépend directement ou indirectement la survie des poissons.

ANNEXE "B"

Plans et devis peuvent être requis par le Ministre	33.1(1) Les personnes qui exploitent ou se proposent d'exploiter des ouvrages ou entreprises de nature à entraîner a) l'immersion de substances nocives dans des eaux où vivent des poissons ou leur rejet en un lieu dans des conditions susceptibles de permettre l'écoulement de cette substance ou d'une autre substance nocive résultant du rejet dans ces eaux, b) la diminution ou la disparition des qualités biologiques de l'habitat des poissons ou la rupture de son équilibre, doivent, à la demande du Ministre ou sans qu'il en fasse la demande dans les cas et de la manière prévus par les règlements d'application de l'alinéa (3)a), lui fournir les plans, devis, études, pièces, annexes, programmes, analyses, échantillons et autres renseignements concernant l'ouvrage ou l'entreprise ainsi que les analyses, échantillons, évaluations, études et autres renseignements concernant les eaux, lieux ou habitats des poissons menacés, qui lui permettront de déterminer. c) si l'ouvrage ou l'entreprise est ou non susceptible d'entraîner l'immersion ou le rejet d'une substance en contravention de l'article 33 et les mesures éventuelles à prendre pour prévenir ou limiter les dommages; ou d) si l'ouvrage ou l'entreprise est de nature à faire diminuer ou disparaître les qualités biologiques de l'habitat ou de rompre son équilibre en contravention à l'article 31 et les mesures éventuelles à prendre pour prévenir ou limiter les dommages.
--	---



RÉUNION-DÉBAT

Protection de l'habitat du poisson: responsabilités du gouvernement et de l'industrie.

Président:
Participants:

Jim Gourlay
André Ducharme
Lincoln McLeod
Peter Darnell
Donald Dodds
George Baker

INTRODUCTION

Jim Gourlay
(Eastern Woods and Waters)

On m'a demandé de présider ou d'arbitrer – je ne sais trop lequel des deux – cette réunion-débat. Je veux d'abord inviter les participants à faire une brève déclaration liminaire, puis je laisserai la parole aux membres de l'auditoire. Nous espérons que s'engagera une discussion franche et animée sur les travaux des deux journées précédentes.

Il paraît qu'à Sydney (Nouvelle-Écosse), on se réveille le matin au son de la toux des oiseaux. A qui la faute? Qui doit, en fin de compte, veiller à ce que pareille situation ne se répète pas? Il ne fait aucun doute que le gouvernement a la responsabilité de protéger les ressources naturelles qui sont la propriété de l'Etat. Toutefois, le gouvernement doit aussi soutenir toutes les formes d'activité industrielle dans l'intérêt d'une économie saine. S'agit-il de responsabilités inconciliables? Devrait-on nommer un vérificateur général de l'écologie qui exercerait une fonction de surveillance pour le compte de la population? Tout entrepreneur me répondra sans doute qu'il doit se soucier avant tout de la viabilité de son entreprise, dans l'intérêt des actionnaires et des employés. Comme le bénéfice net est la seule chose qui importe, ils cherchent nécessairement à réduire les dépenses au minimum et à maximiser les revenus. Nous devons donc nous demander si la responsabilité écologique constitue une dépense qui vient s'ajouter au passif de l'entreprise; dans l'affirmative, celle-ci voudra la limiter le plus possible. N'y a-t-il pas là une autre contradiction?

Autrement dit, l'industrie a-t-elle une responsabilité – morale ou autre – à ce chapitre, à part celle de respecter les lois en vigueur?

COMMENTAIRES DES PARTICIPANTS

André Ducharme
(Direction de la gestion de l'habitat,
ministère des Pêches et des Océans)

En gros, ma position est celle du ministère des Pêches et des Océans. Je pense sincèrement que l'industrie devrait se réjouir que nous ayons adopté une nouvelle politique axée sur la cohérence et l'équité et que nous ayons mis sur pied un nouveau programme en vue de sa mise en oeuvre. On nous a souvent reproché dans le passé de manquer de cohérence et d'impartialité. Les entrepreneurs devraient aussi être rassurés de voir que nous avons conservé les deux outils dont nous nous sommes toujours servis: la protection et l'application de la Loi sur les pêcheries, mais nous nous sommes donnés d'autres moyens que les poursuites en justice. La communication et l'information en sont deux qui nous concernent directement aujourd'hui. Nous voulons renseigner l'industrie sur les progrès que nous avons faits, l'encourager à collaborer avec nous et lui dire comment elle peut nous aider à façonner notre avenir en ce qui a trait à la protection de l'habitat.

Nous avons aussi renouvelé notre stratégie de consultation avec le public et l'industrie. Enfin, bien que nous ne l'ayons pas fait beaucoup jusqu'à maintenant, nous comptons participer à des projets en coopération avec l'industrie et tout autre groupe intéressé.

Lincoln McLeod
(Ministère des Pêches de la Nouvelle-Écosse)

En tant que directeur de l'Aquiculture et des Pêches, je m'intéresse moins à la conservation qu'à la mise en valeur. Nous sommes cependant chargés de veiller à l'application de l'entente fédérale-provinciale sur la

truite, ce qui comporte une bonne part de responsabilité sur la plan de la conservation.

Nous sommes en train d'élaborer un plan pour la gestion de la pêche de la truite et d'autres espèces intérieures, que nous soumettrons sous peu au gouvernement fédéral. Nous comptons diviser la province de la Nouvelle-Écosse en cinq secteurs et mettre sur pied un comité consultatif composé de personnes – ou de combattants, si vous préférez – qui nous conseilleront sur la façon de gérer les pêches dans les eaux intérieures. Selon moi, c'est l'une des assises de la protection des habitats du poisson.

Si j'en avais le pouvoir, j'ordonnerais à tous ceux qui poursuivent des activités sur le bord de l'eau de lire l'ouvrage de Gerard La Forest intitulé *Water Law in Canada*, parce qu'il donne un bon aperçu chronologique de ce qui se fait sur l'eau ou à proximité et qu'il fait, de plus, état de la jurisprudence qui s'y rapporte.

En ce qui concerne l'aquiculture, le *Aquicultural Act* et son règlement d'application ne traitent qu'accessoirement de la protection des habitats, mais tout au moins ne sont-ils pas muets sur la question. Ils prévoient en effet la tenue de consultations publiques avant qu'un bail ne soit accordé ou que quiconque ne soit autorisé à pénétrer dans l'estuaire. Ces audiences publiques sont fort importantes pour l'aquiculteur car elles lui permettent de déterminer, dans un climat amical, si et comment il pourra faire fructifier les investissements considérables qu'il doit consentir.

A mon avis, il est très important de mettre sur pied des groupes de discussion et je suis très encouragé par ce qui s'est fait ici au cours des trois derniers jours.

Peter Darnell
(Aquiculture Association of Nova Scotia)

Pour les aquiculteurs, il est indispensable que l'eau satisfasse au plus haut degré possible de normes de qualité. Car si les éleveurs de mollusques et de crustacés veulent commercialiser leurs produits, ils doivent se conformer à des normes gouvernementales rigoureuses quant à la contamination bactériologique. En effet, aucun bail n'est accordé tant que le secteur de grossissement n'est pas jugé propre. Les pisciculteurs ont eux aussi besoin d'une eau propre pour élever le poisson. Comme M. Wildish le mentionnait hier, l'aquiculteur peut être un pollueur du milieu marin. Les salmoniculteurs norvégiens l'ont appris à leurs dépens. Des déchets peuvent s'accumuler sous les cages si l'on choisit des sites où

la circulation de l'eau est insuffisante. Mais contrairement à d'autres secteurs d'activité, ce sont nos propres ressources que nous détruisons si nous polluons l'environnement. Nous sommes ceux qui en subiront le plus durement les conséquences néfastes. De toute évidence, nous avons intérêt à maintenir élevées les normes de qualité de l'eau.

Pour ce qui touche la gestion de l'habitat du poisson, l'industrie aquicole joue en quelque sorte un rôle de surveillance: les aquiculteurs sont sur place tous les jours et ils remarquent immédiatement tout changement dans le milieu marin. Par voie de conséquence, ils obligent le gouvernement à contrôler plus souvent la qualité de l'eau.

Plus les aquiculteurs travaillent dans ce domaine, plus ils s'aperçoivent des limites de leur connaissance du milieu dans lequel ils opèrent. C'est la raison pour laquelle ils génèrent beaucoup de recherche. A mon sens, ce nouveau savoir sera profitable non seulement aux poissons que nous élevons, mais aussi à tous les poissons qui vivent dans le milieu marin.

Donald Dodds
(Nova Scotia Wildlife Advisory Council)

J'aimerais traiter cette question sous un jour différent. La plupart des participants ont parlé de leurs responsabilités propres. Je voudrais d'abord dire quelques mots au sujet des responsabilités du gouvernement et de l'industrie, puis cerner un ou deux problèmes à ce propos.

De toute évidence, c'est au gouvernement qu'il incombe de maintenir la qualité de l'habitat du poisson et de l'améliorer partout où il est compétent pour le faire. A cette fin, il adopte des lois et des règlements. En ce qui concerne les terres privées, c'est encore lui est responsable, du moins en partie, et il intervient au moyen de lignes directrices, de mesures progressives comme l'octroi de stimulants, et de programmes de vulgarisation et d'information. Enfin, le gouvernement adopte des lois pour diminuer et même éliminer la présence de divers polluants dans nos cours d'eau et dans l'environnement en général.

Mais la protection de l'habitat du poisson est aussi l'affaire des entreprises, y compris de leurs actionnaires, comme Jim l'a mentionné, et on devrait à mon avis la considérer comme un coût de production et, en fin de compte, comme un coût à la consommation. Mais cela inclut aussi dans notre système les ententes fédérales-provinciales sur le partage de coûts, relativement à la réduction de la pollution, qui ont obtenu un vif succès.

J'irais même jusqu'à dire que c'est une responsabilité qui incombe aussi à chacun d'entre nous en tant qu'individu, car même si des lois ou des lignes directrices existent, les règlements ne sont pas toujours respectés, ni les activités surveillées. Celui qui fait paître du bétail sur le bord d'un cours d'eau, qui fait de la pulvérisation, qui cultive un potager ou qui veut se débarrasser de contenants de pesticides a lui aussi des responsabilités.

Je relève deux problèmes. Le premier est d'ordre politique et concerne l'élaboration d'une politique et le second est d'ordre administratif et concerne la mise en place des mécanismes d'exécution, une fois que la politique a été élaborée et que des règlements ont été pris. Selon moi, la prolifération des groupes de pression gêne le premier processus, tandis que l'inertie d'une bureaucratie en expansion fait obstacle à l'exécution des mesures nécessaires pour protéger l'habitat du poisson et améliorer la situation.

George Baker
(Nova Scotia Tidal Power Corporation)

Mon point de vue sur les responsabilités de l'industrie et du gouvernement est nécessairement influencé par ma propre expérience. Permettez-moi de parler brièvement du projet d'Annapolis. Il s'agit d'un exemple de projet ayant des répercussions sur un estuaire et l'habitat du poisson. Il se distingue d'autres projets estuariens en ce sens que la chaussée qui fut construite en 1960 a considérablement isolé l'estuaire de la mer. L'usine marémotrice a permis d'accroître l'échange d'eau douce et d'eau salée, et de recréer en partie les conditions naturelles de l'estuaire. Avant le début des travaux, nous avons fait une évaluation environnementale qui prévoyait une faible mortalité pour certaines espèces de poissons. Nous avons apporté un certain nombre de modifications durant la construction: nous avons réparé l'ancienne échelle à poissons et en avons installé une nouvelle, d'après les spécifications du MPO. Nous avons aussi fait des études morphologiques de l'alse, que nous considérons comme un "marqueur".

Lorsque l'usine a commencé à fonctionner, notre premier souci a été d'évaluer la mortalité du poisson. Les premières mesures ont été prises en 1985 et nous avons obtenu un taux de 43 %, plus ou moins un facteur d'incertitude assez important. Comme les procédures employées ne nous semblaient pas parfaites, nous avons repris des mesures l'année d'après en améliorant les techniques. Nous avons obtenu un taux de mortalité de 20 %, plus ou moins un certain facteur d'incertitude. L'an dernier, on nous a communiqué les résultats d'une autre station hydro-électrique et il semblerait que les techniques

employées pour mesurer le taux de mortalité au moment du passage du poisson dans les turbines donneraient des résultats qui sont environ trois fois trop élevés. Bref, nous ne connaissons pas le taux de mortalité à Annapolis, et nous ne savons pas vraiment comment l'établir.

A un moment donné, nous avons constaté qu'il y avait effectivement de la mortalité et qu'il fallait trouver des moyens d'empêcher le poisson de pénétrer dans les turbines. Nous avons découvert que les belles passes migratoires conçues par le MPO avaient un petit défaut: les poissons ne les aimaient pas. Ils persistaient à vouloir passer par les turbines. L'an dernier, nous avons donc commencé à envisager des moyens de détourner le poisson. Nous pensons avoir trouvé certains éléments de solution, mais il y a des contradictions et, pour l'instant, je dois avouer que nous ne savons pas où nous en sommes à ce sujet.

Outre la question de la mortalité, le principal facteur à considérer en ce qui a trait à l'habitat du poisson consiste à savoir quel est l'effet de l'usine sur les eaux d'amont du point de vue qualité, régime et productivité. Des biologistes de l'université Acadia ainsi que le **Acadia Centre for Estuarine Research** ont commencé à recueillir des données de base durant l'étape de la construction de l'usine et ont poursuivi la surveillance des conditions depuis. Il en ressort que la qualité de l'eau n'a pas été altérée, que la productivité a augmenté et que le biote s'est quelque peu modifié, mais pas négativement. Cependant, nous ignorons si la survie du poisson s'en trouve ou non améliorée.

Le principal facteur à souligner en ce qui a trait au poisson dans l'estuaire est l'effet de nos activités sur le bar d'Amérique. On m'a dit que les larves de ce poisson meurent si elles pénètrent dans l'eau salée avant que le sac vitellin ne soit complètement vidé. Par contre, elles subissent le même sort si elles ne se trouvent pas dans l'eau salée, dans un très court laps de temps après que le sac vitellin est épuisé. Et s'il n'y a pas de nourriture dans l'eau salée, elles meurent aussi. C'est peut-être ce qui explique pourquoi le bar d'Amérique a tant de difficulté à obtenir une bonne classe d'âge. En fait, à Annapolis, il y a huit ans que nous n'avons pas obtenu une bonne classe d'âge, la dernière remontant à 1982 ou 1983. Nos activités modifient le coin salé et la répartition du sel dans l'estuaire. Sommes-nous en train d'aider le bar ou de lui nuire? Nous l'ignorons et ne savons pas comment le découvrir.

A mon avis, le MPO devrait fournir les éléments de science fondamentale et appliquée nécessaires pour que les entreprises désireuses de coopérer puissent

avoir certains outils pour analyser la situation et assurer une collaboration utile.

D'autre part, nous croyons qu'en modifiant très légèrement les méthodes d'exploitation de l'usine d'Annapolis, nous pouvons soit causer du tort au poisson, soit l'aider. Or s'il nous est impossible de faire une bonne analyse ou d'en apprendre davantage, comment pouvons-nous savoir quoi décider.

Dans un autre ordre d'idées, les répercussions qui avaient été prévues dans l'évaluation environnementale se sont confirmées pour la plupart. Rien ne permet de conclure à un problème d'érosion et l'affirmation voulant que des myes soient mortes du fait de la sédimentation en aval de la chaussée est contestable car la faible quantité de sédiments qui est déplacée par l'usine n'atteint pas les secteurs de cueillette, où la récolte aurait commencé à être moins bonne. De plus, la plupart des observateurs savent que cette espèce a fait l'objet d'une surpêche incroyable. C'est comme si un mécanicien, aux prises avec un moteur qui refuse de tourner, en attribuait la faute à la conception défectueuse du dispositif d'allumage, alors qu'il aurait dû s'apercevoir qu'il n'y avait pas d'essence dans le réservoir.

J'aimerais faire deux autres observations au sujet des responsabilités respectives de l'industrie et du gouvernement. A mon avis, la nouvelle politique du MPO est excellente et il est heureux que l'on y ait incorporé des activités d'information et que l'on ait organisé ce séminaire. Cette nouvelle politique, comme toutes les autres, ne doit pas être axée uniquement sur le contrôle des éléments nouveaux, mais doit s'intéresser aussi à l'amélioration et à l'optimisation de ce qui existe déjà. Je suis persuadé que la plupart des entreprises seraient disposées à collaborer et même à internaliser certains coûts que la loi ne les oblige pas à internaliser.

DISCUSSION

Doug Robinson (Clearwater Industries): *La majeure partie de ce qui est déversé dans les cours d'eau et les estuaires provient des municipalités urbaines et rurales. Comment peut-on remédier à ce problème?*

McLeod: J'ai mentionné tout à l'heure qu'il était important de tenir compte de la sociologie de la collectivité. Si nous voulons l'influencer, il faut prévoir des activités d'information et des mesures ouvertes et à caractère consultatif. Tout au long de l'histoire du Canada, les municipalités ont été une source de pollution. D'autres régions ont fait face au problème avec un certain succès. Dans le Canada atlantique,

nous avons choisi de conclure des ententes fédérales-provinciales sur les usines d'épuration des eaux usées. Bien qu'utiles, ces ententes se sont révélées insuffisantes car dans la plupart des cas, les techniciens chargés de faire fonctionner les installations n'avaient pas la formation voulue. Celles-ci sont même devenues des sources de pollution ponctuelles, ce qui était pire qu'avant. Il ne fait aucun doute que la pollution a des répercussions sur la consommation des mollusques et des crustacés.

Pour l'instant, nous ne connaissons pas toutes les conséquences ni l'ampleur de l'eutrophisation des estuaires. Nous en constatons l'effet dans la mer Baltique et en ce qui a trait à la pollution par le PSP.

Comment peut-on internaliser les coûts de la lutte anti-pollution au palier municipal? La plupart des gens répondront que l'eau ne doit pas être tarifiée; c'est une ressource naturelle qui a toujours existé. Le Canada est privilégié d'avoir de si vastes quantités d'eau (peut-être), mais nous n'avons pas internalisé le prix de cette eau, ni d'ailleurs, le prix de nos déchets. Cela s'applique à tous les secteurs d'activité. Aucun employé municipal ne veut polluer l'eau des autres, nuire aux activités commerciales, ou enlever à ses concitoyens le droit d'aller à la plage avec leurs enfants pour ramasser des myes. Par le biais de séminaires comme celui-ci, de la télévision et de l'intervention politique, nous pouvons accroître la sensibilisation. Souvenons-nous que nous faisons tous partie du gouvernement: la distinction entre le gouvernement et le citoyen est artificielle. Selon moi, l'effort qui est déployé à l'échelle nationale pour créer des groupes de discussion chargés de conseiller le gouvernement constitue un pas dans la bonne direction, tout comme l'est l'organisation de séminaires comme celui-ci.

Enfin, nous poursuivons en justice les éleveurs qui causent des dommages à l'habitat du poisson mais, à ma connaissance, nous n'avons jamais intenté une poursuite contre une municipalité en dépit du fait que les problèmes sont plus graves et que le nombre d'espèces de poisson et la superficie des secteurs touchés est plus élevé. De toute évidence, ce n'est pas dans notre mentalité. Mais je pense que cela change.

Gourlay: Vous avez soulevé beaucoup de points intéressants. J'aimerais en approfondir un. Il s'agit de l'incompatibilité à laquelle vous avez fait allusion un peu plus tôt au sujet du gouvernement comme secteur d'activité, pollueur et aussi chien de garde. Devrions-nous nous doter d'un organisme indépendant, d'un vérificateur de l'écologie, si vous voulez, qui s'acquitterait de cette tâche pour nous?

Baker: Si vous voulez ma réaction, je pense que nous n'avons pas besoin d'un autre organisme, pour quoi que ce soit. Le gouvernement fédéral est déjà suffisamment compartimenté. Par exemple, le MPO est le ministère responsable de certaines questions concernant le poisson et sa protection, tandis que les autorités chargées de favoriser la mise en valeur ou d'encourager les entreprises, par exemple, relèvent d'autres ministères. Je suis convaincu que le mandat du ministère des Pêches ne sera pas affaibli parce qu'un autre ministère a un mandat différent.

Ducharme: Je partage à peu le même avis. Je pense que nous pouvons répondre par un oui clair à la question de savoir si le MPO fait son travail. Je suis évidemment conscient du fait que presque tout est encore à faire. J'aimerais revenir sur un point qu'a soulevé M. Baker à propos de la rétroactivité qu'il souhaiterait voir dans notre politique. Nous n'y avons pas songé lorsque nous l'avons élaborée, mais il ne faut pas en conclure que nous ne pouvons pas employer certaines techniques, ni consacrer une partie de nos efforts à corriger des problèmes survenus dans le passé. Lorsque nous concevons une nouvelle passe migratoire – qui fonctionne, autant que possible – pour un barrage en exploitation depuis une trentaine ou une quarantaine d'années, c'est exactement ce que nous faisons. Je me dois cependant d'ajouter que les ressources humaines et financières dont nous avons besoin à cette fin n'augmentent pas. Bien au contraire. Nous vivons une époque de grandes restrictions.

En d'autres termes, les techniciens du MPO sont dans l'impossibilité de donner suite à la fois à votre désir de rétroactivité et à celui de Linc McLeod qui voudrait bien que l'on trouve une solution au formidable problème des eaux usées domestiques déversées tout le long des côtes de la Nouvelle-Écosse. Certains nous suggéreront de porter une accusation contre une des municipalités. Mais vous vous rendez bien compte que le MPO, qui se veut cohérent, devrait nécessairement poursuivre toutes les municipalités de la Nouvelle-Écosse. C'est impensable.

Le recours à la justice n'est pas la solution. Comme Linc l'a mentionné, il faut plutôt tenter de sensibiliser l'opinion, créer un climat dans lequel nos dirigeants politiques en viendront à l'évidence que nous devons nous attaquer à ce problème. Nous pourrions alors demander à nos techniciens de préparer un plan à partir duquel nous pourrions évaluer les dépenses qu'il faudra engager. Si le gouvernement a les crédits nécessaires, nous pourrions alors agir. Cela n'arrivera pas du jour au lendemain. Songeons que dans le port d'Halifax, la situation s'est dégradée pendant des décennies, sinon une centaine d'années. Il faudra

peut-être une ou deux décennies pour la corriger et ce délai ne devrait pas nous étonner. Si nous pouvions nettoyer la Nouvelle-Écosse en l'espace de vingt ans, je trouverais cela très efficace.

Gary Rice (Nova Scotia Power Corporation): *En tant qu'ingénieur responsable de toutes les centrales hydro-électriques de la Nouvelle-Écosse, y compris celle d'Annapolis, j'ai eu une rude journée hier. J'aimerais bien me plaindre à mon tour. Nous considérons parfois les scientifiques comme des fantassins qui accourent lorsque la bataille est finie et passent les morts à la baïonnette. Quoi qu'il en soit, nous avons d'excellents rapports avec ceux du MPO et nous poursuivons plusieurs projets fort intéressants. Selon moi, le problème ne consiste justement pas à cerner le problème, mais à définir et, surtout, à évaluer la solution. J'admets que c'est peut-être en partie attribuable à l'insuffisance des ressources, comme André l'a précisé, plutôt qu'à un manque de volonté du MPO. Ainsi, en ce qui concerne les travaux que nous sommes en train de faire à Hell's Gate ou encore la mise en valeur de la rivière Chéticamp, les experts ne semblent pas faire le suivi nécessaire pour que nous sachions si ce que nous faisons est correct ou pas.*

Ducharme: Je reconnais que nous n'avons pas assuré tout le suivi que nous aurions souhaité. Ce n'est pas par manque de volonté, mais par manque de ressources. C'est la principale raison. Au moment où nous aurions dû revisiter le site d'un projet sur lequel nous avons travaillé conjointement, pour en évaluer l'efficacité, nous étions occupés sur un autre champ de bataille. Nous avons nos baïonnettes, mais elles ne servent guère. Lorsque nous avons enfin la possibilité de retourner sur le site, il s'est habituellement écoulé tellement de temps que cette visite commence à perdre de sa pertinence. A l'occasion, nous recevons des rapports d'agents des pêches du Ministère qui vivent à proximité du site, mais il faut bien comprendre que ces fonctionnaires sur le terrain ne constituent pas à eux seuls des équipes d'évaluation complètes.

Ils peuvent donner rapidement des indications simples, par exemple sur la question de savoir si le poisson remonte bien une passe migratoire, mais dès que cela devient plus compliqué, il faut obtenir une réponse spécifique de l'administration centrale.

Gourlay: J'aimerais demander à Gary Rice ou à George Baker de me dire si, en tant qu'ingénieurs, ils ne sont pas à certains égards dépassés par les événements. Quand on parle de solutions, il me semble que certaines d'entre elles devraient provenir des ingénieurs, pas seulement des scientifiques. Ne croyez-vous pas que la formation des ingénieurs

n'évolue pas assez vite en ce qui a trait aux conséquences de votre travail?

Rice: Vous avez tout à fait raison. La formation des ingénieurs laisse à désirer. Peut-être faut-il jeter le blâme sur les universités.

Hank Kolstee (Ministère de l'Agriculture de la Nouvelle-Écosse): *Je pense que le MPO devrait s'efforcer plus souvent de proposer des solutions de rechange pour aider les intéressés à concevoir de meilleurs projets. À l'heure actuelle, c'est l'auteur du projet qui doit en faire la conception; intervient ensuite le MPO, qui se contente de dire que le projet ne peut être approuvé sous sa forme actuelle, mais qui ne soumet aucune solution.*

Ducharme: De comprends votre réaction. Sachez que nous essayons de donner ce genre de conseil, mais bien souvent, nous ne savons pas quelles sont les solutions. Il peut arriver que la seule solution possible soit de ne pas donner suite au projet. La situation au chapitre de l'agriculture est fort complexe. Selon moi, il est juste de dire que nous tentons d'en arriver à des compromis avec vous, mais vous avez probablement souvent l'impression que le MPO vous met des bâtons dans les roues. Nous voulons bien trouver des compromis et des solutions, mais vous devez admettre que très souvent, nous ne savons pas en quoi ils consistent. Nous devons trouver ces solutions ensemble. Peut-être devrions-nous laisser à de brillants consultants le soin d'aplanir nos difficultés: nous avons bien des ingénieurs parmi nos employés, mais ils n'ont pas de formation en agriculture.

Peter Winchester (Ministère des Pêches et des Océans): *À l'heure actuelle, la province de la Nouvelle-Écosse tarifie l'eau, du moins dans la ville d'Halifax. Le problème est le suivant: a) les consommateurs ne paient pas tous le même tarif et b) le tarif n'est pas assez élevé. Lors d'une récente conférence sur l'aquiculture, j'ai constaté que certains consommateurs étaient facturés, tandis que d'autres ne l'étaient pas. C'est une inégalité que je n'arrive pas à comprendre. Les groupes de consommateurs devraient déboursier pour obtenir une eau propre. De cette façon, les politiciens se rendraient compte que l'eau est la ressource la plus importante que nous ayons.*

Gourlay: Cela nous ramène à la question de la sensibilisation du public.

Darnell: Il est vrai que la sensibilisation du public est très importante ici. Tout récemment, le MPO a affiché des avis dans la région de Mahone Bay au sujet de la contamination fécale et vous seriez étonnés de voir

toutes les réactions que ce geste a suscitées. Quoi qu'il en soit, la situation n'a guère changé – la dernière évaluation remonte à il y a trois ans –, mais maintenant il y a des affiches. La ville de Mahone Bay, qui déverse des eaux d'égout brutes dans le port, comprend sans doute mieux la notion d'épuration maintenant qu'elle connaît l'ampleur du problème.

Dominy: La Commission Pearse sur l'eau s'est également intéressée à la question de la tarification de l'eau. Le Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement a récemment demandé la tenue d'une enquête nationale sur les pratiques de tarification de l'eau. Nous commençons à recevoir des résultats. Il ne semble pas y avoir d'uniformité en la matière. La fixation d'un tarif approprié est peut-être un élément de solution à de nombreux problèmes.

Graham Daborn (Acadia Centre for Estuarine Research): J'aimerais revenir sur un point qu'a soulevé Gary Rice au sujet des responsabilités respectives du gouvernement et de l'industrie face à l'environnement. M. Rice a mentionné que les entreprises ont souvent de la difficulté à obtenir des réponses d'un organisme gouvernemental à qui elles demandent conseil. Souvent, soit que ce dernier ne connaît pas la solution, soit qu'il ne connaît pas la cause d'un problème découlant d'un fait particulier. C'est dû en partie au fait que nous ne vérifions ni ne surveillons l'efficacité des mesures correctrices qui sont prises dans chaque cas. Personne n'engage les ressources nécessaires pour évaluer les résultats de chacune des mesures d'atténuation afin que nous puissions en tirer des leçons. Les organismes gouvernementaux n'ont pas les ressources nécessaires; ils ont d'autres chats à fouetter. Selon moi, l'industrie doit accepter de fournir les ressources nécessaires pour surveiller l'évolution de la situation pendant toutes les années qu'il faudra. Alors elle pourra un jour s'attendre à recevoir de meilleurs conseils que ceux qu'elle a reçus la première fois.

Gourlay: J'aimerais revenir à la question de la sensibilisation du public. À mon sens, la situation bouge lorsque la volonté politique est en faveur du changement. Mais si la population n'est pas sensibilisée à la réalité, on ne doit pas s'attendre à ce qu'elle fasse pression sur les politiciens. Prenons l'exemple de la rivière Tusket dans le comté de Yarmouth, qui était en train de s'acidifier depuis des années. Personne ne semblait s'en soucier parce que le problème n'était pas visible. Puis une mine d'étain a soudainement éprouvé des difficultés avec son effluent et les gens ont pu se rendre compte de tout ce qui était déversé dans la rivière. La réaction politique a été immédiate et le problème a été résolu sur-le-champ.

McLeod: Nous avons préparé en collaboration avec le ministère de l'Éducation une trousse d'information sur la truite, qui sera distribuée dans toutes les écoles de la province. On y explique notamment pourquoi il y a de la truite à certains endroits et pas à d'autres. C'est un moyen de sensibiliser les gens, de les amener à s'intéresser à la ressource comme telle. Il y a un autre programme, appelé "Adopt a stream", qui encourage la population à nettoyer et à gérer les cours d'eau locaux. En Colombie-Britannique, les résultats obtenus dans le cadre de programmes de ce genre ont été très bons.

Gourlay: Qu'en est-il des journalistes? Nous sont-ils utiles?

Ducharme: Je dois avouer que leur réaction m'a agréablement surpris. Ils ont manifesté un vif intérêt pour le séminaire. Dans le passé, j'étais peu enclin à leur adresser la parole car je craignais que mes propos soient mal compris ou mal interprétés. Ce n'était peut-être pas justifié. Quoi qu'il en soit, j'ai toujours pensé que les journalistes s'intéressaient surtout aux questions controversées ou au sensationnel. L'adoption d'une politique relative à la conservation de l'habitat du poisson n'est certes pas une nouvelle à sensation. J'aimerais que les journalistes approfondissent les sujets qui peuvent leur sembler ennuyeux: qu'y a-t-il derrière la nouvelle politique? Quels travaux de recherche le MPO fait-il? Que prévoit-il faire l'an prochain? Cela nous donnerait un sérieux coup de main.

Dodds: Jusqu'à maintenant, il a été très peu question de ce que fait l'industrie forestière en ce qui a trait à l'habitat du poisson. Or elle fait beaucoup de choses, et certaines d'entre elles sont fort intéressantes. Comme bon nombre d'entre vous le savez, le gouvernement provincial a adopté trois nouvelles politiques: la première porte sur la faune, la deuxième sur les forêts et la troisième, plus récente, sur les parcs. Les deux premières ont été suivies de l'adoption de lois et de règlements, et des mandats précis ont été donnés au gouvernement en ce qui a trait à la faune et aux pratiques du secteur forestier. On a posé les fondements nécessaires pour poursuivre l'intégration de la faune et des activités

forestières. Il y a aussi des projets comme celui de la rivière St. Mary's, qui sont financés en partie par le gouvernement. Ce dernier projet vise à fournir des renseignements plus exacts sur la question de l'habitat de la faune et des activités forestières. De nombreux efforts de sensibilisation du public sont également déployés dans ce domaine.

Nell Bellefontaine (Ministère des Pêches et des Océans): Il est nécessaire de nous doter d'un programme soutenu de sensibilisation du public. C'est de propos délibéré que le MPO a affiché des avis relatifs aux coquillages cette année; il voulait montrer aux gens à quel point le problème prend de l'ampleur sur la côte. La situation se détériore progressivement, mais les gens ne s'en aperçoivent pas; seules les catastrophes retiennent leur attention. Nous devons tous – aussi bien le gouvernement que les médias – trouver des façons de maintenir l'intérêt du public.

Don Gordon (Institut océanographique de Bedford): Tout au long de ce débat sur le gouvernement et l'industrie, nous avons oublié un participant fort important: le milieu universitaire. En effet, les universités peuvent jouer un rôle non négligeable dans le processus. D'abord, elles peuvent participer à l'organisation de rencontres comme celle-ci, où se réunissent toutes les parties concernées. Ensuite, il y a les programmes d'enseignement qu'elles offrent. Nous aurons un jour besoin de personnes ayant reçu une formation en matière de gestion de l'habitat, qui aura un caractère à la fois social, scientifique et technique. Les universités peuvent aussi jouer un rôle important au niveau de la vérification, car les scientifiques universitaires, qui s'intéressent surtout aux sciences fondamentales, peuvent avoir un point de vue plus objectif que leurs homologues du secteur public, pour qui la politique constitue souvent une entrave.

Gourlay: Il ne faudrait pas oublier le spécialiste qu'est le rédacteur scientifique, qui peut s'adresser à la fois au scientifique et à monsieur tout-le-monde. Nous avons effectivement de la difficulté à expliquer des concepts scientifiques au grand public dans un langage qu'il peut comprendre.

SÉMINAIRE DE SENSIBILISATION À L'HABITAT DU POISSON

Du 22 au 24 juin 1988
Programme définitif

Le mercredi 22 juin

12 h – 14 h	INSCRIPTION ET BUFFET Salle Wheelock
	SÉANCE PRÉLIMINAIRE Beveridge Arts Center (BAC), pièce 132
14 h	Mot de bienvenue et allocution d'ouverture - Neil Bellefontaine
14 h 15 – 15 h	Exposé thématique Sujet: Introduction à l'habitat du poisson - W. Rowat Sous-ministre adjoint Service de pêches dans l'Atlantique (MPO)
15 h – 15 h 15	Pause-café
15 h 30	LES ENVIRONNEMENTS D'EAU DOUCE BAC, pièce 132 Président: G.R. Daborn (Acadia Centre for Estuarine Research)
15 h 30 – 17 h	Caractéristiques de l'habitat du poisson d'eau douce - Andre Ducharme Direction de la gestion de l'habitat MPO
18 h – 19 h 30	Souper Salle Wheelock
Environnements d'eau douce BAC, pièce 132 (suite)	
19 h 30 – 21 h	Politique de gestion de l'habitat du poisson - C.L. Dominy Direction de la gestion de l'habitat, MPO
21 h	Films BAC, pièces 141 et 138

Le jeudi 23 juin

7 h
Déjeuner
Salle Wheelock

Environnements d'eau douce
BAC, pièce 132 (suite)

8 h 30 – 9 h 15	Effets des modifications physiques sur l'habitat du poisson d'eau douce – Dale Bray Université du Nouveau-Brunswick
9 h 15 – 9 h 45	Effets de la disparition du couvert terrestre – Robert Rutherford MPO, Halifax
9 h 45 – 10 h 15	Effets de l'envasement sur l'habitat du poisson – Dave Morantz MPO, Halifax
10 h 15 – 10 h 30	Pause-café
10 h 30 – 11 h 15	Paramètres de qualité de l'eau douce – J.G. Ogden III Université Dalhousie
11 h 15 – Midi	Aspects toxicologiques des environnements d'eau douce – Jack Uthe MPO, Halifax
12 h – 13 h 30	Dîner Salle Wheelock
13 h 30 – 17 h 45	ENVIRONNEMENTS ESTUARIENS ET CÔTIERS BAC, salle 132 Président: Mike Brylinsky (Acadia Centre for Estuarine Research)
13 h 30 – 14 h 30	Caractéristiques des eaux estuariennes et côtières – Ken Mann MPO, Halifax
14 h 30 – 15 h 15	Effets des modifications physiques sur les habitats estuariens et côtiers – Graham Daborn Acadia Centre for Estuarine Research
15 h 15 – 15 h 30	Pause-café
15 h 30 – 16 h 15	La qualité de l'eau et des sédiments et l'habitat du poisson – Scott MacNight Oceanchem Group
16 h 15 – 16 h 45	Les cas spécial des poissons migrateurs – Michael Dadswell Université Acadia
16 h 45 – 17 h 15	L'habitat des mollusques et crustacés dans la zone côtière – David Scarratt MPO, Halifax
17 h 15 – 17 h 45	Le cas spécial de l'aquiculture – David Wildish MPO, St. Andrews
18 h 30	Réception Salle Wheelock
19 h – 21 h	Banquet Salle Wheelock Conférencier invité: Alex Colville – "Politique et environnement"

Le vendredi 24 juin.

Déjeuner
Salle Wheelock

8 h 30

PERSPECTIVES ET ORIENTATIONS

BAC, pièce 132
Président: J. Sherman Boates
(Université Acadia)

8 h 30 – 9 h 15

Perspectives 1: Les industries des ressources terrestres
– Edward Bulley
Bowater-Mersey, Inc.

9 h 15 – 10 h

Perspectives 2: Les industries des ressources aquatiques
– Douglas Robinson
Clearwater Industries

10 h – 10 h 15

Pause-café

10 h 15 – 11 h

Le cadre juridique de la protection de l'habitat
– John Angel
MPO, Ottawa

11 h – 12 h 30

PLÉNIÈRE

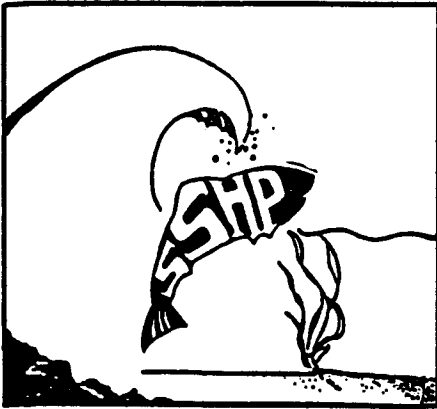
La protection de l'habitat: les responsabilités du gouvernement et de l'industrie

Président: Jim Gourlay
(Rédacteur en chef, **Eastern Woods and Waters**)

Panel: André Ducharme
George Baker
Peter Darnell
Don Dodds
Lincoln McLeod

12 h 30

Dîner
Allocution de clôture – Neil Bellefontaine



AUTEURS

William A. Rowat
Sous-ministre adjoint
Service des pêches de l'Atlantique
Ministère fédéral des Pêches et des Océans
200, Kent
Ottawa (Ontario)
K1R 0E6

Les Dominy
Directeur intérimaire
Direction de la gestion de l'habitat du poisson
Ministère fédéral des Pêches et des Océans
200, Kent
Ottawa (Ontario)
K1R 0E6

André Ducharme
Directeur
Direction de la gestion de l'habitat
Région Scotia-Fundy
Ministère fédéral des Pêches et des Océans
B.P. 550
Halifax (Nouvelle-Écosse)
B3J 2S7

Dale I. Bray
Professeur
Département de génie civil
Université du Nouveau-Brunswick
B.P. 4400
Frédéricton (Nouveau-Brunswick)
E3B 5A3

Robert J. Rutherford
Direction de la gestion de l'habitat
Région Scotia-Fundy
Ministère fédéral des Pêches et des Océans
B.P. 550
Halifax (Nouvelle-Écosse)
B3J 2S7

David L. Morantz
Direction de la gestion de l'habitat
Région Scotia-Fundy
Ministère fédéral des Pêches et des Océans
B.P. 550
Halifax (Nouvelle-Écosse)
B3J 2S7

Gordon Ogden III
Département de biologie
Université Dalhousie
Halifax (Nouvelle-Écosse)
B3H 4J1

Jack F. Uthe
Division de la chimie marine
Direction des sciences physiques et chimiques
Ministère des Pêches et des Océans
B.P. 550
Halifax (Nouvelle-Écosse)
B3J 2S7

Ken H. Mann
Ministère des Pêches et des Océans
Institut océanographique de Bedford
B.P. 1006
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
B2Y 4A2

Graham R. Daborn
Directeur
Acadia Centre for Estuarine Research
Université Acadia
Wolfville (Nouvelle-Écosse)
B0P 1X0

Scott MacKnight
OceanChem Group
Pièce 32
1000, Windmill Road
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
B3B 1L7

Michael J. Dadswell
Département de biologie
Université Acadia
Wolfville (Nouvelle-Écosse)
B0P 1X0

David J. Wildish
Ministère fédéral des Pêches et des Océans
Station biologique de St. Andrews
St. Andrews (Nouveau-Brunswick)
E0G 2X0

John Angel
Ministère fédéral des Pêches et des Océans
B.P. 550
Halifax (Nouvelle-Écosse)
B3J 2S7



Liste définitive des participants au Séminaire de sensibilisation à l'habitat du poisson 27 juin 1988

M. Roger Allbright, Environnement Canada
 Mme Diane Amirault, Université Acadia
 M. John Angel, Ministère des Pêches et des Océans
 M. George C. Baker, Nova Scotia Tidal Power Corporation
 M. Tim Baker, Ministère des Pêches et des Océans
 M. Ron Barkhouse, Nova Scotia Tidal Power Corporation
 M. Neil Bellefontaine, Ministère des Pêches et des Océans
 Mme Mary Benedict, Nova Scotia Power Corporation
 M. Dave Bezanson, Michelin Tires Limited
 M. Sherman Boates, Université Acadia
 Mme Susan Bolton, Association of Science Teachers
 Mme Valerie Bradshaw, Ministère des Pêches et des Océans
 M. Dale Bray, Université du Nouveau-Brunswick Limited
 M. Donald Brown, SWNB
 M. Michael Brylinsky, Université Acadia
 M. Edward Bulley, Bowater Mersey Paper Company Limited
 M. David Cashen, Association of Science Teachers
 M. Christopher Clarke, Bowater Mersey Paper Company Limited
 Mme Colleen Clarke, Rivers and Lakes Adv.
 M. Peter Comeau, Université Acadia
 M. Graham Daborn, Université Acadia
 M. Peter Darnell, Indian Point Marine Farms
 M. Don Dodds, Comité consultatif sur la faune
 M. L. Dominy, Ministère des Pêches et des Océans
 M. Tony Duke, Ministère des Terres et Forêts de la Nouvelle-Écosse
 M. André Ducharme, Ministère des Pêches et des Océans
 Mme Alison Evans, Minas Basin Pulp and Power Company Limited
 M. John Gilhen, Nova Scotia Museum
 M. Mike Gochell, Environnement Canada
 Mme Wooi Khoon Gong, Institut océanographique de Bedford
 M. Carl Goodwin, Ministère des Pêches et des Océans
 M. Don Gordon, Institut d'océanographie de Bedford/
 Ministère des Pêches et des Océans
 M. Jim Gourlay, Eastern Woods and Waters
 Mme Claude Groindool, Traductrice
 M. Charles Hickman, Nova Scotia Salmon Association
 M. Larry Hildebrand, Environnement Canada
 M. Dave Holt, Eastern Woods and Waters
 M. Brian C. Keating, Ministère des Pêches et des Océans
 M. Frank King, Ministère des Pêches et des Océans
 M. Hank W. Kolstee, Ministère de l'Agriculture et du Marketing de la Nouvelle-Écosse
 M. Mark Landry, Université du Nouveau-Brunswick
 M. Bill Leblanc, Canadien National
 M. Maurice Lévesque, Ministère des Pêches et des Océans

Mme Françoise Longhurst, Traductrice
 M. John Machell, Environnement Canada
 M. Scott MacNight, Oceanchem Group
 M. David MacNearney, Salmon Propagation Association Co-op
 M. Ken Mann, Ministère des Pêches et des Océans
 M. Lincoln McLeod, Ministère des Pêches et des Océans
 M. Max Miller, Ministère des Transports et des Communications
 M. D.C. Milligan, Cobequid Dalmon
 M. Randy Milton, St. Mary's River Project
 M. Dave Morantz, Ministère des Pêches et des Océans
 M. James Morrow, Coalition Against Pesticides
 M. Dallas Moyer, Eastern Fishermen's Association
 M. Charles G. Murphy, Ministère des Pêches et des Océans
 M. Tony O'Carroll, Service d'urbanisme du comté d'Halifax
 M. J.G. Ogden III, Université Dalhousie
 M. Roy Parker, Environnement Canada
 M. Peter Partington, Ministère des Pêches et des Océans
 M. Don Piercey, Ministère des Transports et des Communications
 M. R.G. Rice, Nova Scotia Power Corporation
 M. Dale Richards, Truro
 Mme Barbara Riley, Seafood Producers Association of Nova Scotia
 M. Douglas Robinson, Clear Water Fine Foods
 M. William Rowat, Ministère des Pêches et des Océans
 M. Robert Rutherford, Ministère des Pêches et des Océans
 Mme Maureen Ryan, Service d'urbanisme du comté de Halifax
 M. Barry Sabeau, Ministère des Terres et Forêts de la Nouvelle-Écosse
 M. Dave Scarratt, Ministère des Pêches et des Océans
 M. Dwayne Scott, Traducteur
 M. Clarence Spencer, Environnement Canada
 M. Pat Stewart, Journaliste
 M. R.G. Stewart, The Atlantic Herring Fishermen's Marketing Co-op
 M. Reg Sweeney, Ministère des Pêches et des Océans
 M. Bill Taylor, Atlantic Salmon Federation
 M. Ed Thornton, Seabright Resources
 M. Terry Toner, Nova Scotia Power Corporation
 M. Garth Trider, Environnement Canada
 M. Pierre Trudel, Traducteur
 M. Gary Turner, Ministère des Pêches et des Océans
 M. Jack Uthe, Ministère des Pêches et des Océans
 Mme Debbie Wallace, Environnement Canada
 M. David Wildish, Ministère des Pêches et des Océans
 M. Peter Winchester, Ministère des Pêches et de la Gestion de l'habitat





