



Excellence scientifique • Protection et conservation des ressources • Bénéfices aux Canadiens
Scientific Excellence • Resource Protection & Conservation • Benefits for Canadians

COMPTE RENDU DE L'ATELIER SUR LES SCIENCES DE L'HABITAT DU GOLFE

Un atelier tenu les 1 et 2 novembre 1989
au Centre des Pêches du Golfe,
Moncton (Nouveau-Brunswick)

E.M.P. Chadwick, rédacteur en chef



Direction des Sciences, Région du Golfe
Ministère des Pêches et des Océans
C.P. 5030, Moncton (Nouveau-Brunswick)
E1C 9B6

Juin 1990

Rapport canadien à l'industrie sur les sciences halieutiques et aquatiques

No. 206



Pêches
et Océans

Fisheries
and Oceans

Canada

Rapport canadien à l'industrie sur les sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports à l'industrie contiennent les résultats des activités de recherche et de développement qui peuvent être utiles à l'industrie pour des applications immédiates ou futures. Ils sont surtout destinés aux membres des secteurs primaire et secondaire de l'industrie des pêches et de la mer. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

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

Les numéros 1 à 91 de cette série ont été publiés à titre de rapports sur les travaux de la Direction du développement industriel, de rapports techniques de la Direction du développement industriel, et de rapports techniques de la Direction des services aux pêcheurs. Les numéros 92 à 110 sont parus à titre de rapports à l'industrie du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 111.

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

Canadian Industry Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Industry reports contain the results of research and development useful to industry for either immediate or future application. They are directed primarily toward individuals in the primary and secondary sectors of the fishing and marine industries. No restriction is placed on subject matter and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

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

Numbers 1-91 in this series were issued as Project Reports of the Industrial Development Branch, Technical Reports of the Industrial Development Branch, and Technical Reports of the Fisherman's Service Branch. Numbers 92-110 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Industry Reports. The current series name was changed with report number 111.

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

**COMPTE RENDU DE L'ATELIER
SUR LES SCIENCES DE L'HABITAT DU GOLFE**

Centre des pêche du Golfe
Moncton (Nouveau Brunswick)

1^{er} et 2 novembre 1989

E.M.P. Chadwick, rédacteur en chef

Direction des Sciences, Région du Golfe
Ministère des Pêches et des Océans
C.P. 5030, Moncton, (N.-B.) E1C 9B6

Juin 1990

Rapport canadien à l'industrie sur les
sciences halieutiques et aquatiques No. 206

Ministère des Approvisionnements et Services Canada 1990

No de catalogue Fs97-14/206F

ISSN 0704-3694

On devra citer cette publication comme suit:

Chadwick, E.M.P. 1990. Compte rendu de l'atelier sur les sciences de l'habitat du Golfe. Rapp. can. ind. sci. halieut. aquat. 206F : ii + 71 p.

TABLE DE MATIÈRES

RÉSUMÉ	4
1. INTRODUCTION	5
1.1 CONTEXTE DU GOLFE	5
1.2 POLITIQUE EN MATIÈRE D'HABITAT DU POISSON	6
2. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE	7
2.1 IDENTIFICATION ET CONTRÔLE DES EFFETS ENVIRONNEMENTAUX INDUITS PAR L'HOMME SUR LE MILIEU MARIN	8
Les réseaux de surveillance	8
La prévention et la lutte contre les pollutions accidentelles par hydrocarbures	12
Les proliférations de macroalgues et leur relation avec l'eutrophisation du milieu	12
Relations entre l'environnement et la conchyliculture	16
2.2 COMPLEXITÉ DES PROCESSUS DES ÉCOSYSTÈMES ET NÉCESSITÉ D'ÉTUDES À LONG TERME - EXPÉRIENCE DU RUISSEAU CARNATION *	19
Projet et conclusions générales	20
Effets des coupes de bois sur la température du cours d'eau	21
Processus fluviaux et mouvement des sédiments	24
Répercussions de processus naturel et artificiel sur l'abondance du saumon	34
2.3 RECHERCHE SUR L'HABITAT DU POISSON EN LIMNOLOGIE EXPÉRIMENTALE	40
Réalizations: eutrophisation et acidification	42
Commentaires sur l'avenir de la recherche sur l'habitat dans la Région du Golfe	46
2.4 EXPÉRIENCE DE LA BAIE FUNDY ET RECOMMANDATIONS POUR LA RÉGION DU GOLFE	47
Programme de la baie de Fundy	47
Conclusions Générales	48
Recommandations pour la Région du Golfe	49

TABLE DE MATIÈRES (Suite)

2.5	ÉVALUATIONS PRÉLIMINAIRES DES RÉPERCUSSIONS ENVIRONNEMENTALES D'UN LIEN AVEC L'Î.-P.-E.	52
	Introduction	52
	Interactions pont - glaces - pêches	52
	Relevé de l'habitat	54
	Relevé des frayères de hareng	55
	Espèces utiles pour la mesure des changements environnementaux	56
3.	RÉSUMÉ DES GROUPES DE TRAVAIL	58
3.1	GROUPE 1	58
3.2	GROUPE 2	60
3.3	GROUPE 3	61
3.4	GROUPE 4	64
4.	MOT DE LA FIN	67
5.	ORDRE DU JOUR DE L'ATELIER SUR LES SCIENCES DE L'HABITAT DU GOLFE (1 ^{er} ET 2 NOVEMBRE 1989)	70
6.	PARTICIPANTS	72

RÉSUMÉ

Chadwick, E.M.P. 1990. Compte rendu de l'atelier sur les sciences de l'habitat du Golfe. Rapp. can. ind. sc. hal. et aquat.

En novembre 1989 a eu lieu un atelier réunissant les représentants de l'industrie, des organismes gouvernementaux et du milieu scientifique en vue d'établir les principales orientations de la recherche sur les problèmes de l'habitat du poisson de la Région du Golfe. L'atelier se divisait en deux parties. D'abord, les présentations destinées à donner une vue d'ensemble des travaux scientifiques reliés à l'habitat dans d'autres parties du Canada et dans le monde. Ensuite, les participants se sont réunis en petits groupes de travail pour étudier des questions précises concernant l'avenir du programme scientifique relatif à l'habitat dans la Région du Golfe.

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE DU GOLFE

par

John Loch
Directeur des sciences, Région du Golfe
Pêches et Océans Canada
C.P. 5030, Moncton, N.B. E1C 9B6

Il est évident que les questions environnementales ont pour nous une très grande importance. Dans le contexte des sciences halieutiques, cette priorité doit être transposée en une série d'orientations précises. C'est pourquoi nous sommes ici, soit pour définir les priorités du programme de recherche sur l'habitat du MPO dans la Région du Golfe au cours des 5 à 10 prochaines années.

Avant de poursuivre, je tiens à m'assurer que nous comprenons tous ce qu'est la Région du Golfe, et quelles sont ses possibilités au niveau de la recherche sur l'habitat. Vous avez tous reçu des documents incluant une carte où sont indiqués nos secteurs de compétence, tant sur le plan géographique que des espèces. La Région du Golfe comprend les zones d'eau douce et d'estuaire de l'ouest de Terre-Neuve, la partie de la Nouvelle-Écosse en bordure du Golfe, le Nouveau-Brunswick et l'Île-du-Prince-Édouard. De plus, nous partageons certaines tâches avec la Région du Québec pour tout le secteur marin du golfe Saint-Laurent. Ce partage des tâches avec la Région du Québec se traduit par des compétences et des mandats différents en matière de recherche. Les points forts de notre Région, dans le domaine scientifique, sont la pathologie des mollusques et crustacés, les toxines marines naturelles, l'écologie et l'hydrologie de l'habitat des estuaires et des eaux douces et la biologie des populations. Nous n'avons ni mandat ni ressource pour d'autres disciplines telles que l'océanographie physique et chimique et les contaminants chimiques; nous comptons donc sur les régions voisine du nord (Québec, Institut Maurice La Montagne de Mont-Joli) et du sud (Scotia-Fundy, l'Institut océanographique de Bedford) pour fournir ces services. Les principaux représentants de ces laboratoires sont d'ailleurs ici pour assister et contribuer à cette rencontre. Je n'ai aucunement l'intention, en établissant l'étendue de ces réalités bureaucratiques, de limiter les réflexions ou les attentes; je tiens tout simplement à vous faire bien comprendre les dimensions de notre champ d'action.

Alors, pourquoi êtes-vous ici?

Eh bien, comme vous pouvez le constater à la lecture du programme qui vous a été remis, nous avons tenté d'inviter des personnes qui travaillent dans des domaines pouvant avoir des répercussions sur l'habitat du poisson dans la Région du Golfe. Vous n'êtes pas nécessairement ici à titre de représentant de votre domaine, mais plutôt pour l'expérience que vous en avez et la perspective particulière que vous pouvez proposer pour l'orientation de notre avenir. Malheureusement, nous n'avons pu inviter toutes les personnes que nous aurions voulu, car nous avons limité la participation pour faciliter l'échange d'idées.

Néanmoins, nous comptons sur vous pour nous aider à donner une orientation réaliste à la planification de nos recherches.

Je vous souhaite donc une rencontre profitable et je vous laisse entre les mains de notre présidente, Iola Price, directrice de l'Aquiculture et de la Mise en valeur des ressources du MPO à Ottawa et, à ce titre, elle est responsable de la planification et de la coordination du programme et de l'élaboration des politiques dans le domaine de l'aquiculture et de l'habitat.

1.2 POLITIQUE EN MATIÈRE D'HABITAT DU POISSON

par

Iola Price
Directrice de l'aquiculture et de
la mise en valeur des ressources, Ottawa

Bonjour et bienvenue à Moncton. Le rôle de Présidente m'a été attribué à cause de mon poste de directrice de l'Aquiculture et de la Mise en valeur des ressources. L'aquiculture se passe d'explication; quant à la mise en valeur des ressources, elle inclut les sciences de l'habitat et, dans une perspective nationale, j'y joue un rôle de coordinatrice des activités de directions scientifiques relatives à l'habitat.

Quelqu'un au MPO a un jour défini l'habitat du poisson comme "cette partie des sciences biologiques qui ne concerne pas l'évaluation des stocks". Évidemment, c'est bien plus que cela comme nous le verrons au cours des deux prochains jours. En 1988, le Ministère a publié sa Politique de gestion de l'habitat du poisson. Celle-ci constitue l'aboutissement de trois années de rédaction, de consultation et de révision de documents de travail, et d'ébauches de politiques.

Le principe directeur de la politique est celui d'aucune perte de capacité de production de l'habitat, tandis que l'objectif à long terme est le gain net de capacité de production. La politique a trois buts principaux.

1. [Préservation de l'habitat du poisson]
Maintenir la capacité actuelle de production des habitats du poisson.
2. [Rétablissement de l'habitat du poisson]
Rétablir la capacité de production.
3. [Mise en valeur de l'habitat du poisson]
Améliorer et créer des habitats du poisson.

Le plus grand défi en ce sens, et de loin, consiste à définir ou à mesurer les changements ou les pertes ou les gains au niveau de l'habitat. Par exemple, si nous perdons des habitats, combien en perdons-nous et quelles répercussions cela a-t-il sur la productivité du poisson? L'habitat peut être perdu à cause

d'une modification inappropriée (perturbation physique), de détériorations causées par des situations au niveau local, national ou mondial telles que les pluies acides, la pollution chimique et autres. Le rétablissement de l'habitat peut se faire de diverses manières : le dégagement des cours d'eau, l'assainissement des terrains marécageux, la réduction de l'apport de contaminants ou des substances nutritives.

Pendant les présentations d'aujourd'hui et vos délibérations de demain, souvenez-vous que notre objectif, en fin de compte, est de trouver des mesures des gains ou des pertes d'habitats, à la fréquence de ces gains ou de ces pertes et ce, en termes simples et quantifiables. D'ici quelques années, nous voulons pouvoir mesurer notre propre rendement.

Pour les scientifiques de la Région du Golfe tout particulièrement, le caractère quantifiable doit être de première importance; il nous faut des méthodes ou des études qui nous permettront d'utiliser des modèles ou des calculs de la quantité d'habitats gagnés ou modifiés par un projet particulier dans la Région, qu'il s'agisse d'un petit projet comme la mise en place d'un ponceau ou d'un projet d'envergure tel que des activités de pulvérisation ou la dérivation d'un cours d'eau.

Nous tenons à ce que les échanges d'information et les propositions sur le genre de recherche sur l'habitat que nous pourrions entreprendre soient les plus libres possible. Nous avons un service de traduction simultanée, de sorte que les questions et les commentaires peuvent être faits dans l'une ou l'autre langue.

2. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

2.1 IDENTIFICATION ET CONTRÔLE DES EFFETS ENVIRONNEMENTAUX INDUITS PAR L'HOMME SUR LE MILIEU MARIN

par

François Madelain
IFREMER - 66, avenue d'Iéna - 75116 PARIS - FRANCE

Cette exposé a pour objectif de donner des informations sur l'approche scientifique française en matière d'identification et contrôle des effets environnementaux induits par l'homme. Il n'a pas prétention d'être exhaustif, mais cherche à illustrer certaines actions pouvant présenter un intérêt pour les participants à cette audition. Il traitera successivement:

- des réseaux de surveillance,
- de la prévention et de la lutte contre les pollutions accidentelles par hydrocarbures,
- des proliférations végétales et de la relation avec l'eutrophisation du milieu,
- des relations entre l'environnement et la conchyliculture.

I Les réseaux de surveillance:

I.1 Le réseau national d'observation de la qualité du milieu marin

Il s'agit d'un réseau mis en place en 1974 ayant pour objectif l'évaluation des niveaux et des tendances. Il est entièrement financé par le Secrétariat d'État chargé de l'Environnement. Son évolution se fait dans le cadre d'une réflexion scientifique menée dans le cadre de groupes de travail internationaux tels que le WGEAMS (Working Group on Environmental Assessments and Monitoring Strategies) ou le Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM).

Le RNO comporte:

- une programmation coordonnée par l'IFREMER; environ 100 points du littoral font l'objet de prélèvements jusqu'à quatre fois par an,
- un fonctionnement décentralisé, qui s'appuie sur des laboratoires et structures existants dont il a fallu parfois renforcer la compétence analytique à travers des exercices d'intercalibration.
- une gestion informatique des données avec accès "en ligne" pour tous les partenaires du réseau.

La surveillance des paramètres généraux est effectuée sur l'eau; elle concerne: la température, la salinité, et les sels nutritifs, nitrate, nitrite, ammoniac, phosphate, la chlorophylle et les phaeopigments. Sur certains sites l'oxygène dissous et les silicates sont aussi mesurés.

Les polluants souvent présents dans l'eau à de très faibles niveaux sont recherchés dans des indicateurs biologiques, essentiellement la moule, et l'huître. Sont systématiquement mesurés: mercure (Hg), cadmium (Cd), plomb (Pb), Zinc (Zn), cuivre (Cu), polychlorobiphényles (PCB), DDT, DDD, DDE, HCH, lindane, hydrocarbures polycycliques (Pah).

Le RNO a conduit à des acquis méthodologiques importants qui sont le fruit de travaux menés en coopération avec tous les laboratoires impliqués dans ce projet. Cette compétence est maintenue pour l'organisation d'exercices d'intercalibration le plus souvent organisé, par exemple, par le CIEM.

Dans le domaine de la surveillance, les séries chronologiques obtenues permettent dans le nombreux cas, au delà des niveaux, d'évaluer les tendances.

Le RNO permet d'évaluer les effets d'aménagement pour la réduction des apports polluants en milieu marin mais aussi de préciser les domaines sur lesquels des efforts restent à faire (apports en sels nutritifs par exemple).

Pour l'avenir, l'IFREMER procède à des études de faisabilité quant à la mise en place d'une surveillance des effets biologiques utilisant des indicateurs biologiques et/ou biochimiques.

1.2 Le réseau salubrité des eaux conchylicoles

Ce réseau traite de la salubrité bactériologique des eaux conchylicoles. Son implantation géographique est donc fortement contrainte par l'implantation sur le littoral français des activités mytilicoles et conchylicoles. Il a été mis en place en début 1989.

Il a deux objectifs principaux qui sont l'évaluation des niveaux et des tendances, et la protection de la santé publique. Les coquillages (huîtres, moules) sont utilisés comme indicateurs de la qualité bactériologique des eaux.

Le réseau fonctionne selon deux modes:

- un mode environnemental (surveillance des niveaux et des tendances),
- un mode santé publique.

Dans le premier cas, les indicateurs de contamination sont les coliformes totaux et fécaux; 92 sites dont 56 en secteurs conchylicoles sont surveillés une fois par mois. Certains sites comportent plusieurs points de prélèvement (géographiquement fixes) ce qui conduit à 350 points de prélèvements mensuels.

En cas de contamination avérée d'un ou plusieurs secteurs conchylicoles, le nombre de points surveillés localement est accru ainsi que la fréquence de prélèvement qui devient hebdomadaire.

D'autres indicateurs de contamination (salmonelles) sont alors systématiquement recherchés.

Les zones conchylicoles concernées peuvent être temporairement fermées (interdiction de vente de coquillage) sur décision du Ministère de la Mer s'appuyant sur les avis formulés par l'IFREMER.

1.3 Le Réseau Phytoplancton toxique

La nécessité d'une surveillance des phénomènes "d'eaux colorées", et plus particulièrement celles relatives à des espèces toxiques s'est fait sentir à partir de 1983 suite à l'intoxication massive, de nature diarrhéique, de consommateurs de coquillages en période estivale.

Ce réseau répond à trois préoccupations:

- environnementale,
- santé publique,
- protection du cheptel.

Il fonctionne selon un mode "suivi" et selon un mode "alerte".

Dans le premier mode 24 secteurs reconnus propices à l'apparition de ces blocs planctoniques font l'objet d'une surveillance bimensuelle de septembre à avril et hebdomadaire de mai en août. Une identification des espèces responsables des efflorescences est alors effectuée à partir d'échantillons d'eau.

Un mode "alerte" est mis en place dès la détection en nombre important d'espèces productrices de phytotoxines, qui sont à cette date, sur les côtes françaises:

- Dinophysis,
- Gyrodinium aureolum,
- Alexandrium minutum.

Ce mode "alerte" conduit à une surveillance quasi journalière et comporte une détection du niveau de toxicité des coquillages par l'utilisation du test souris.

Sur avis de l'IFREMER auprès du ministère de la Mer, celui-ci décide de la fermeture et de la réouverture des zones conchylicoles concernées.

Les deux figures jointes donnent l'emplacement des points de prélèvement du réseau suivi et un exemple local (pour la baie du Morbihan) de réseau d'alerte.

I.4 Surveillance des sites de rejet des centrales thermonucléaires implantées sur le littoral français

Cinq centrales thermonucléaires sont implantées sur le littoral français et utilisent l'eau de mer comme fluide réfrigérant.

Une centrale comme celle de Gravelines, implantée sur le littoral français et utilise l'eau de mer comme fluide réfrigérant.

Une centrale comme celle de Gravelines, implantée sur la façade de la mer du Nord (à proximité de Dunkerque) possède six réacteurs d'une puissance unitaire de 900 MW électriques. Le débit d'eau à pleine puissance est de 240 M³/s; elle est réchauffée au maximum à 13°C.

Les autorisations de rejet imposent à Électricité de France des programmes de surveillance qu'elle finance. Ces travaux sont sous traités à différents organismes.

L'IFREMER a été chargé d'une partie de ces études et en particulier de l'évaluation de l'impact sur la production primaire de ces rejets qui sont temporairement chlorés (0,5 mg/l au maximum pendant 1/5 de l'année) pour éviter les proliférations de végétaux et organismes marins dans les circuits de refroidissement.

Les programmes à la mer qui ont été entrepris reposaient à l'origine sur une stratégie "avant", "après"; ils cherchaient à identifier une évolution du milieu consécutive à la mise en place des rejets (production primaire par exemple).

Il est apparu rapidement que la variabilité naturelle du milieu (saisonnière, interannuelle) masquait le signal recherché par ailleurs très faible en dehors du rejet lui-même. Une approche plus puissante "dedans-dehors" validée par un modèle statistique simple (Chardy 1988) a permis d'affiner ces conclusions et confirmer l'impact très limité de ces centrales sur le milieu marin.

Un modèle d'écosystème planctonique pour évaluer cet impact a été par ailleurs développé (MENESGUEN); il confirme qu'en dehors du panache réchauffé le déficit en "chlorophylle a" devient très rapidement inférieur à 5% et peut donc être considéré comme négligeable.

II La prévention et la lutte contre les pollutions accidentelles par hydrocarbures

Suite à différentes pollutions majeures des côtes françaises par les hydrocarbures (TORREY CANYON 1967: 18,000 tonnes; BOHLEN 1976: 7,000 tonnes; AMOCO CADIZ 1978: 223,000 tonnes), le gouvernement français a décidé la mise en place d'une organisation comportant des actions préventives et de lutte, et la création d'un organisme: le CEDRE.

En matière de prévention, la réglementation de la navigation a été renforcée; en particulier les rails de navigation ont été éloignés des côtes. Une surveillance accrue des routes suivies par les navires est confiée aux CROSS (Centre Régional Opérationnel de la Surveillance et du Sauvetage), quatre remorqueurs de haute mer peuvent être très rapidement mobilisés.

En cas d'accident en mer des plans POLMAR (Pollution Marine) sont mis en application sous la responsabilité unique du Préfet Maritime concerné. En cas de pollution touchant le littoral, la responsabilité de mise en oeuvre d'un plan d'action POLMAR mer/ POLMAR terre est confié au Ministère de l'Intérieur.

La création du CEDRE (Centre de Documentation de Recherche et d'Expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux) date de juillet 1978. Le CEDRE est sous tutelle du Secrétariat d'État chargé de l'Environnement. Il a pour missions principales:

- de faire progresser les moyens et techniques de lutte, pour la recherche et l'expérimentation,
- d'assister les autorités française chargées de la lutte contre les pollutions accidentelles des eaux,
- d'agir comme conseiller technique des administrations,
- de former le personnel appelé à intervenir,
- d'informer.

Le CEDRE est implanté sur le campus de centre IFREMER de Brest.

III Les proliférations de macroalgues et leur relation avec l'eutrophisation du milieu.

L'eutrophisation consiste en un enrichissement excessif des eaux en substances nutritives provoquant des proliférations végétales de masse, susceptibles d'induire des nuisances sur le milieu. Il ne s'agit donc que de la forme aiguë d'un processus naturel. D'où la difficulté à en diagnostiquer les premiers symptômes, et ce avec une certitude suffisante pour inciter des actions sur les causes. Mais il s'agit d'un processus réversible du moins à moyen terme.

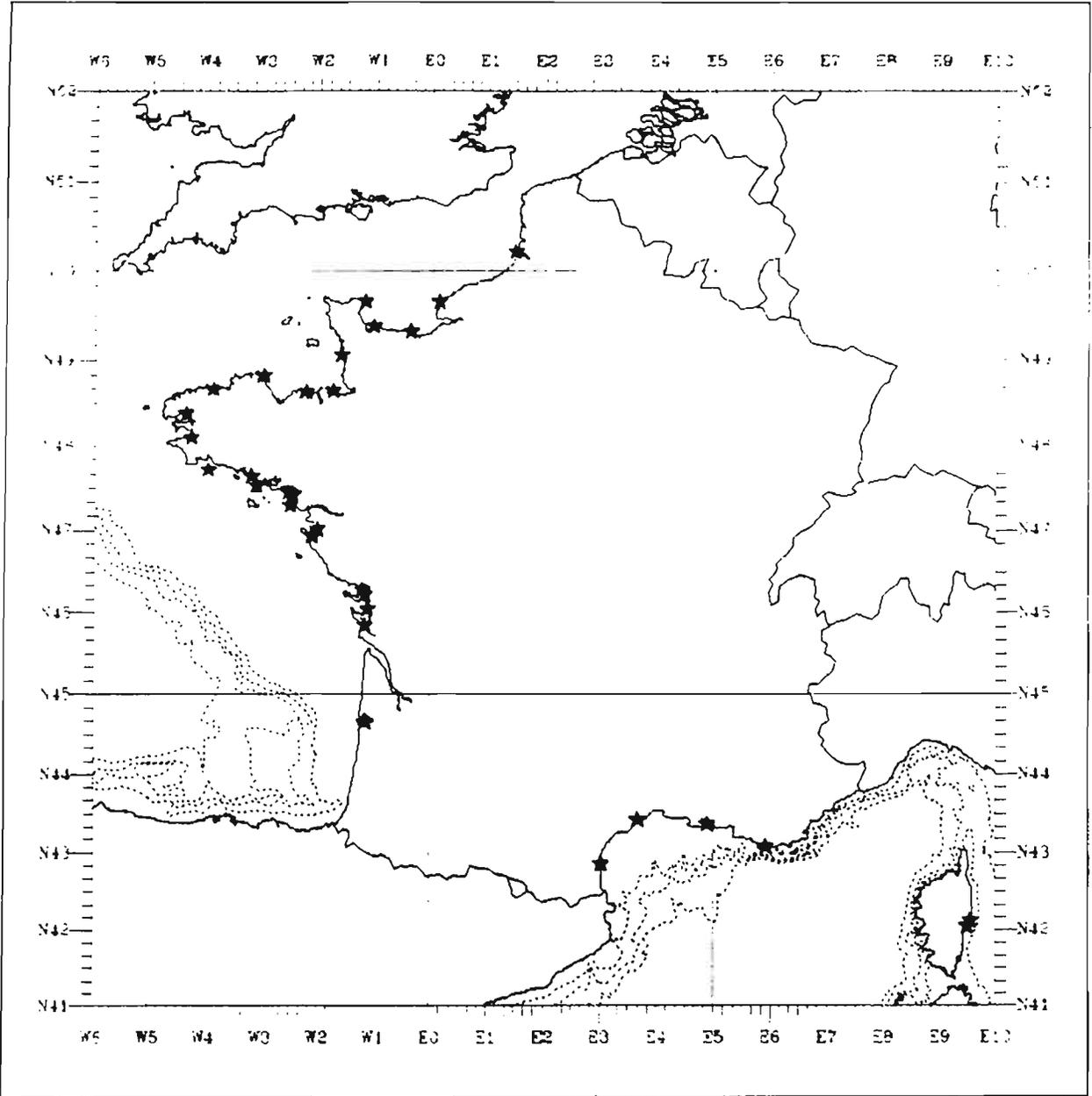


Figure 1. Réseau de suivi de phytoplancton en France.

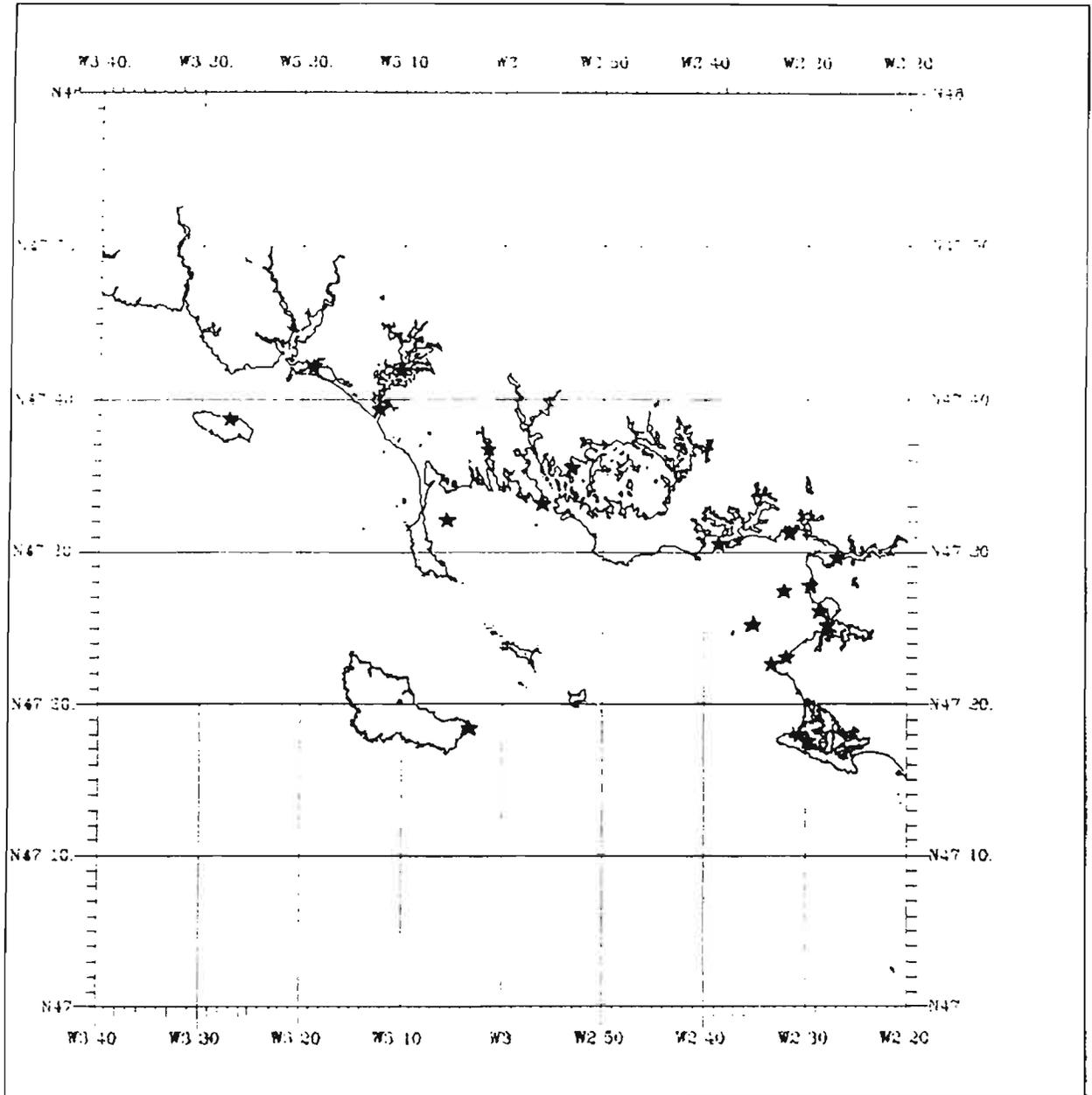


Figure 2. Points de suivi et d'alerte du réseau phytoplankton pour la baie du Morbihan.

Le phénomène d'eutrophisation, de portée mondiale, a d'abord affecté les eaux douces, parallèlement à l'augmentation des rejets urbains et industriels riches en azote (N) et phosphore (P), ainsi qu'à l'intensification de l'agriculture et de l'élevage. Depuis une dizaine d'années, les problèmes apparaissent également dans le milieu marin, notamment à l'interface terre-mer, surtout dans les zones peu renouvelées.

Les manifestations les plus visibles de l'eutrophisation sont des proliférations algales de masse, soit à base d'algues macroscopiques du fond (algues vertes) soit à base d'algues microscopiques du plancton (eaux colorées). Elles peuvent avoir des conséquences fâcheuses pour le milieu marin. Les activités halieutiques et conchylicoles, le tourisme, la santé humaine, (plancton toxique, bien que dans ces cas, le lien avec l'eutrophisation soit beaucoup moins évident). Par ailleurs, ces manifestations sont actuellement mieux connues par la Communauté scientifique et l'opinion publique, sensible aux problèmes d'environnement marin, s'en émeut facilement.

La Bretagne se caractérise par un secteur agro-alimentaire très développé, avec une agriculture intensive en zone côtière, des élevages hors-sol extrêmement importants et une industrie de transformation liée (laiteries abattoirs). Pour l'élevage, notamment, la région occupe une position dominante à l'échelon national, avec le premier rang et une part prépondérante du cheptel pour les principales productions: vaches laitières (1,3 millions ou 20% du cheptel), porcs (5 millions ou 45% du cheptel), volailles (40% du cheptel) (chiffres de 1978/80, encore, en progression pour les porcs). Par ailleurs, la géologie et la géographie de la région favorisent un drainage diffus et rapide vers la mer.

L'augmentation des apports en sels minéraux est surtout sensible pour l'azote, dont les teneurs sont en constante progression dans les rivières bretonnes sur les 15 dernières années, nécessitant dans plusieurs secteurs la construction de stations de dénitrification pour les besoins de l'eau potable. Parallèlement, les teneurs en phosphates sont plutôt stables. L'extension du phénomène au secteur littoral est vérifiée en zone estuarienne et très côtière (données RNO rade de Brest Aulne et Elorn, Vilaine...). Mais l'augmentation n'est plus perceptible à la salinité du large (environ 35%).

Le phénomène de "marée verte" consiste en une accumulation d'algues vertes macroscopiques du genre *Ulva* (laitue de mer) en bas d'estran, gênante surtout pour le tourisme (contact, odeur, vue) et la conchyliculture (surcroît de travail de nettoyage, risque d'asphyxie des coquillages). En 1988, le coût de nettoyage des plages bretonnes touchées s'est élevée à 2,5 millions de francs pour un total ramassé de 80.000 m³.

Cette prolifération végétale est relativement ancienne sur la côte nord-bretonne (on la note sur des levés photographique IGN de la baie de St. Brieuc en 1952), où elle semble se stabiliser après une période d'augmentation constante, mais elle progresse sur la côte sud.

Contrairement aux premières explications empiriques (fin décade 1970) faisant intervenir un échouage massif d'ulves arrachées au fond, l'essentiel de la marée verte se constitue à la côte, par multiplication végétative d'algues

flottant dans un volume d'eau oscillant au-dessus de l'estran. L'espèce responsable est différente de celle vivant communément sur le fond, et plus fragile à l'arrachement.

La création et le maintien sur place d'une biomasse végétale aussi importante que celle de la marée verte demande la conjugaison de plusieurs facteurs du milieu. La nourriture des algues est apportée par une ou plusieurs arrivées directes d'eau douce charriant un flux relativement important d'éléments fertilisants (azote et phosphore). L'espace nécessaire est fourni par de grandes étendues d'estran sableux à faible pente, favorables également à la pénétration de la lumière. La houle assure le brassage nécessaire au maintien des algues en suspension dans l'eau.

La rétention des algues en fond de baie, dans le cas de sites largement ouverts comme Lanion ou St Brieuç, est assurée par un processus de confinement dynamique (dérive résiduelle quasiment nulle, démontrée par un modèle numérique des courants de marée). Dans la hiérarchie des facteurs déterminant l'apparition de la marée verte, ces aspects hydrodynamiques liés à la géographie du site semblent prépondérants. D'autre part, différentes mesures et calculs (dont un modèle numérique du phénomène) montrent en l'état actuel de nos connaissances, le rôle prépondérant de l'azote dans le développement de la biomasse algale.

Référence: MENEGUEN A., SALOMON J.C. 1988 - Eutrophication modelling as a tool for fighting against *Ulva* coastal blooms - in Computer Modelling in Ocean Engineering, Schrefler B.A. and O.C. ZIENKIEWICZ, eds. Proc. Intern. conf. held in Venise, Sept 1988.

IV Relations entre l'environnement et la conchyliculture

IV.1 *Contamination de l'estuaire de la Gironde par le cadmium*

La surveillance systématique de la quantité du milieu littoral dans le cadre du RNO a montré dès 1981 une forte contamination par le cadmium des gisements d'huîtres naturels de cet estuaire. Les valeurs de 60 à 150 $\mu\text{g/g}$ de poids sec ont été régulièrement observées.

Bien que ces gisements ne fassent pas l'objet d'une exploitation commerciale, des travaux ont été menés conjointement par l'IFREMER et l'IGBA (Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine) pour identifier l'origine de cette pollution et les mécanismes conduisant à la contamination des organismes filtreurs.

Les travaux menés sur le Bassin versant ont rapidement identifié une source majeure de cadmium liée à une activité industrielle (stoppée à cette date) implantée sur l'un des affluents de la Garonne. Le cadmium arrive à l'estuaire essentiellement sous forme particulière dans l'estuaire, d'autres études ont montré l'existence d'un stock particulière à long terme (> 1 an), généralement appelé "bouchon vaseux" au sein duquel le cadmium passe sous forme dissoute. Il participe sous cette forme à la contamination des huîtres et moules de

l'estuaire.

Un bilan géochimique effectué en amont de l'estuaire et en aval du bouchon vaseux est équilibré.

Il donne les valeurs suivantes:

apports à l'estuaire :	cd particulaire	: 23,2t/an]]]	soit environ 25 T
	cd dissous	: 2,4t/an		
apports vers la mer :	cd particulaire	: 1t/an]]	soit environ 23 T
	cd dissous	: 20t/an		
sédimentation	:	: 1,2t/an]]	

L'excédent de deux tonnes est bien évidemment inférieur à l'incertitude liée à ce genre de calcul.

Les travaux complémentaires seront poursuivis pour mieux évaluer le devenir de ce cadmium en milieu littoral.

Référence: BOUTIER B.; CHIFFOLEAU J.F.; JOUANNEAU J.M.; LATOUCHE C.; PHILLIPPS I.; rapport scientifique et technique IFREMER, n° 14 1989.

IV.2 Impact sur la conchyliculture d'une contamination par le tributyletain (TBT)

Le bassin d'Arcachon est l'un des premiers centres français de production d'huîtres creuses (*Crassostrea Gigas*) (12 000 T/an).

La production de cette zone a brutalement chuté entre 1979 et 1981 pour descendre à 3,000 tonnes. Elle s'est accompagnée d'une disparition quasi totale de collecte de naissain.

Cette zone marine est marquée par la cohabitation d'activités conchylicoles et de plaisance ce qui a conduit les chercheurs à étudier l'action éventuelle des peintures antisalissures à base de TBT couramment utilisées à cette époque.

Des travaux ont été menés en laboratoire et en suite en transplantant des huîtres saines dans les zones contaminées et en suivant régulièrement ce stock de coquillages et la contamination du milieu. Ces travaux ont conduit à la détermination d'un seuil sans effet de 20ng/L sur la reproduction. Les travaux les plus récents tendraient à montrer que le seuil sans effet sur les écosystèmes littoraux serait proche de 1ng/L.

Une interdiction d'utilisation de ces peintures pour les bateaux de moins de 25 m a été prise en 1982 (décret du 10 décembre 1982). Elle a conduit à une amélioration spectaculaire de la production du bassin et au captage de naissain.

Référence: ALZIEU C. et coll., Monitoring and Assessment of Butyltins in Atlantic coastal waters, Marine Pollution Bulletin Vol. 20, N°1, 1989.

2.2 COMPLEXITÉ DES PROCESSUS DES ÉCOSYSTÈMES ET NÉCESSITÉ D'ÉTUDES À LONG TERME - EXPÉRIENCE DU RUISSEAU CARNATION *

par

J. Charles Scrivener

Pêches et Océans Canada

Station Biologique, Nanaimo, Colombie-Britannique V9R 5K6

Grâce aux études pluridisciplinaires à long terme du genre du projet d'études forestières et halieutiques du ruisseau Carnation, nous commençons à pouvoir quantifier les processus physiques et biologiques complexes qui régissent les écosystèmes des cours d'eau. On peut envisager une complexité semblable au sein d'autres écosystèmes administrés pour leurs ressources renouvelables. Il faut bien comprendre ces processus pour planifier efficacement les utilisations multiples des ressources des bassins hydrographiques. Les gestionnaires des ressources ou le public veulent parfois des explications simples et courtes; cependant, les systèmes naturels n'ont pas évolué pendant des milliers d'années dans le seul but d'être faciles à administrer. En fait, le succès d'espèces telles que le saumon résulte probablement de leur nature opportuniste qui leur a permis de tirer avantage d'environnements très dynamiques. L'application des connaissances écologiques devient d'autant plus nécessaire quand la demande de ressources renouvelables atteint presque la capacité de production d'un écosystème. Une demande excessive et l'ignorance écologique sont les principaux facteurs qui éloignent l'homme de la gestion complexe des systèmes naturels pour le reléguer au rôle de gestionnaire d'un simple produit "fermier". Si nous tenons à maintenir des écosystèmes complexes dont on peut utiliser les ressources à de multiples fins, il faut chercher à en comprendre l'écologie et à bien appliquer ces connaissances.

De plus, les études entreprises par plusieurs organismes et portant sur des ressources multiples servent à démontrer aux divers usagers des ressources dont les utilisations entrent parfois en conflit, les répercussions qu'ils peuvent avoir sur un écosystème. Tous les participants sont donc en mesure de constater comment les résultats, les analyses et les conclusions de l'étude ont été obtenus, ce qui contribue à améliorer leur compréhension et à s'entendre sur l'établissement d'un commun accord des lignes directrices nécessaires (CEMFL et coll., 1987).

Ma présentation est divisée en quatre parties. Dans la première, je vais décrire le projet du bassin du ruisseau Carnation, ainsi que quelques-unes de ses conclusions générales. Dans la deuxième, je décrirai les répercussions des coupes rases et des changements climatiques, ou des variations, sur les températures du cours d'eau, indiquant, de ce fait, les conséquences pour le saumon kéta, le saumon coho, la truite fardée et la truite arc-en-ciel anadrome. Dans la troisième partie, j'expliquerai les effets de l'exploitation forestière sur les processus fluviaux et les mouvements des sédiments, de même que leurs répercussions sur le saumon et la truite. Il s'agit là de deux seulement des

* Contribution No 155 au projet du bassin du ruisseau Carnation.

nombreux processus physiques et biologiques qui influencent la production du poisson. Dans la quatrième partie, je décrirai les modèles informatiques utilisés pour associer ces changements à d'autres processus dans une discussion générale des résultats.

Projet et conclusions générales

Le réseau hydrographique du ruisseau Carnation s'étend sur 10 km² près de Bamfield, sur la côte ouest de l'île Vancouver (Colombie-Britannique). Il s'écoule dans une vallée étroite (50 à 350 m de largeur) et plate (gradient 0,9 %) de chaque côté de laquelle s'élèvent des pentes abruptes (40 à 80 %) sur une distance de 5 km avant de se jeter dans le bassin de Barkley (Scrivener, 1988a). Les températures sont douces (0 à 20 °C) et les hivers sont pluvieux avec de fréquents orages (210 à 480 cm/an) et peu de neige (< 5 %). Le débit varie entre 0,03 m³/s en août et septembre et 64 m³/s pendant les crues soudaines, en hiver. Celles-ci entraînent le déplacement de grandes quantités de gravier. Le cours d'eau était très ombragé par des peuplements anciens de pruches de l'Ouest (*Tsuga heterophylla*), d'épinettes de Sitka (*Picea sitchensis*), de cèdres de l'Ouest (*Thuja plicata*) et d'aulnes de l'Orégon (*Alnus rubra*). Chez les poissons, on retrouve le saumon kéta (*Oncorhynchus kéta*) qui incube ses oeufs dans le lit de la rivière et le saumon coho (*O. kisutch*) qui incube aussi ses oeufs dans le lit de la rivière, mais dont les alevins demeurent un ou deux ans dans le cours d'eau avant de migrer vers la mer au printemps (fig. 1). Un petit nombre de truites arc-en-ciel anadromes (*O. mykiss*) et de truites fardées (*O. clarki*) incubent leurs oeufs dans le lit de la rivière au printemps; les jeunes passent deux ou trois ans dans le cours d'eau avant de migrer vers l'océan (fig. 1).

Le projet du ruisseau Carnation comprenait quatre étapes, débutant en 1970-1971. Premièrement, il fallait quantifier, pendant une phase préalable à la coupe (1971-1976) les processus écologiques et physiques qui influencent le saumon et la truite. Deuxièmement, les processus ont été quantifiés pendant la coupe (1976-1981) alors que 41 % du bassin a été soumis à des coupes rases. Ici, des chemins ont été constitués dans 13 blocs de coupe vers lesquels était supporté le bois par traînage par câble, au moyen de débusqueuses et de câbles-grues (Scrivener, 1988a). Les traitements sylvicoles incluaient le brûlage et la scarification avant les semis. Sur les rives soumises à la coupe, différents traitements ont été utilisés : le traitement sans perturbation, c'est-à-dire qu'on laissait le long du cours d'eau quelques arbres commercialisables, le traitement avec perturbations selon lequel tous les arbres étaient retirés des deux rives du cours d'eau, et le traitement attentif, selon lequel on laissait un peu de végétation le long du cours d'eau. Troisièmement, les études se sont poursuivies pendant l'étape du rétablissement (1981-1986) tandis qu'il n'y avait aucune coupe dans le bassin. Quatrièmement, on en est maintenant à l'étape de la surveillance de la coupe au niveau des eaux d'amont (1987-1992) où 31 % du bassin est soumis à des coupes rases.

Le nombre de saumons kétas adultes a diminué et varie davantage depuis le début des coupes. Le nombre moyen qui était de 2 180 pendant les années de génération d'avant la coupe est passé à 1 310 pendant et après la coupe (fig. 2).

Ce nombre a encore diminué jusqu'à 540 au cours des quatre dernières années. La variation annuelle a aussi plus que doublé depuis le début de la coupe du bois. Ces changements sont-ils causés par la coupe ou ont-ils coïncidé avec celle-ci? Comment sont-ils reliés aux grandes variations observées pendant l'étape précédant la coupe (fig. 2)? Nous ne pourrions répondre à ces questions que quand les processus écologiques qui produisent cette variation annuelle auront été identifiés et quantifiés, ce qui requiert une base de données à long terme.

Le nombre de saumons cohos a augmenté après le début des coupes puis a diminué jusqu'au niveau d'avant la coupe, en même temps qu'il connaissait une variation annuelle plus grande. Le nombre moyen de poissons qui migrent vers l'océan, les saumoneaux, est passé de 2 305 pendant les années précédant la coupe à 3 317 pendant les années de coupe (1978-1983; fig. 3). Par conséquent, ils sont revenus au niveau d'avant la coupe, mais il s'agissait de saumoneaux plus jeunes. Ceux de 2+ plus qui composaient de 25 à 60 % du nombre sont maintenant rares (fig. 4). La proportion des adultes était très stable pendant la période d'avant la coupe, puis elle a augmenté (1978-1980) pour diminuer par la suite, une fois la coupe commencée (fig. 5). Au cours des cinq dernières années, leur nombre n'atteignait que la moitié de celui des années précédant la coupe.

Le nombre de truites arc-en-ciel anadrome et de truites fardées a diminué après la coupe. Le nombre de saumoneaux arc-en-ciel anadromes est passé de 276/an à 67/an, tandis que celui des jeunes truites fardées est passé de 61 à 45 (fig. 3). La moyenne annuelle des truites arc-en-ciel anadromes adultes était de 6 pendant les années qui ont précédé les coupes et de 2 après le début des coupes (fig. 6).

Les changements n'étaient ni comparables d'une espèce à l'autre ni constants entre les diverses étapes du cycle évolutif d'une même espèce. Il faut bien comprendre les processus écologiques et physiques complexes qui influencent le nombre et la production de poissons à chacune des étapes de leur cycle évolutif pour pouvoir expliquer ces contradictions apparentes. Il faut encore là une base de données à long terme pour pouvoir expliquer véritablement ces phénomènes.

Effets des coupes de bois sur la température du cours d'eau

La température de l'eau a augmenté dans le ruisseau Carnation, mais une partie des changements pourrait être attribuable au réchauffement général de l'environnement. Nous avons utilisé des modèles informatiques pour séparer les effets de la coupe de tout autre effet du réchauffement du climat (Holtby, 1988). La sommation des températures quotidiennes moyennes permettait de connaître l'importance des changements en hiver, au printemps et en été (fig. 7). Ces trois périodes correspondaient à la période d'incubation des oeufs de saumon (novembre à février), aux périodes de migration du saumon et de la truite vers la mer et aux périodes d'incubation des oeufs de la truite (mars - avril), et à la principale étape de croissance en eau douce (mai à septembre) du saumon et de la truite (fig. 1). On attribuerait à la coupe 60 %, 75 % et 100 % respectivement de l'augmentation de la température de l'eau en hiver, au printemps et en été (fig. 7). Les autres changements de température seraient attribuables à la tendance générale au réchauffement.

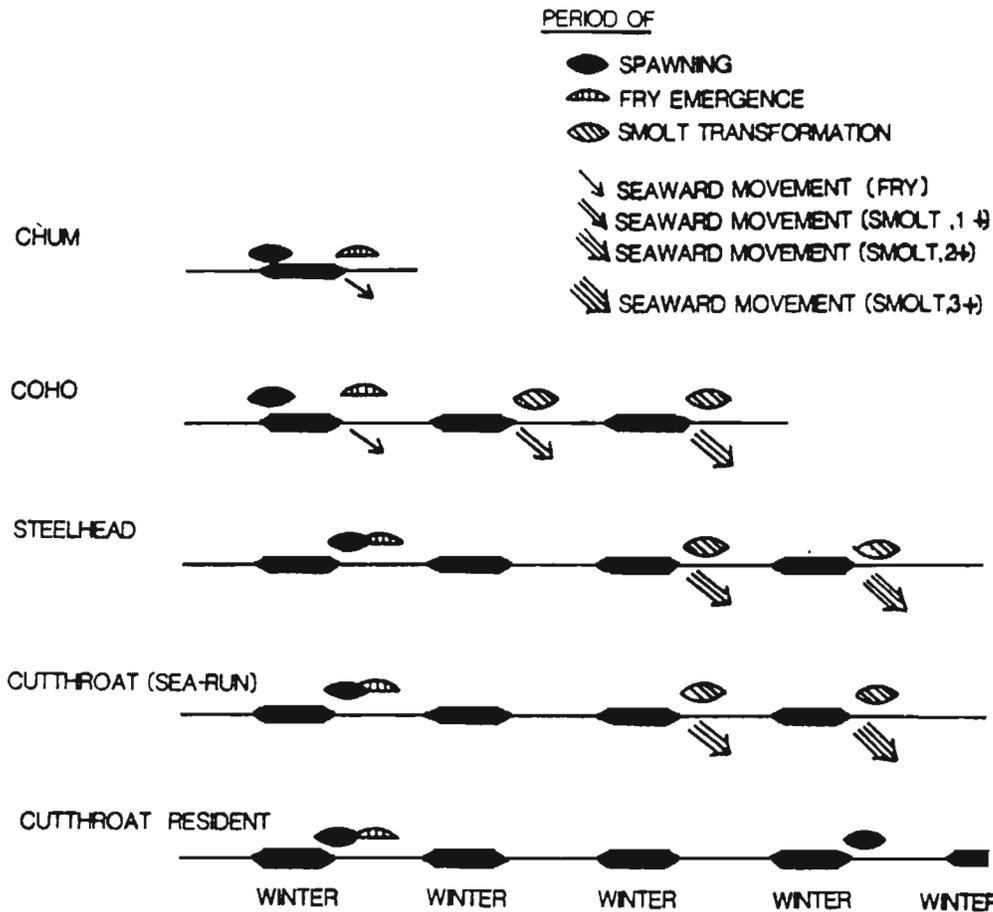


Figure 1. Représentation schématique du cycle évolutif des quatre principales espèces de salmonidés du ruisseau Carnation.

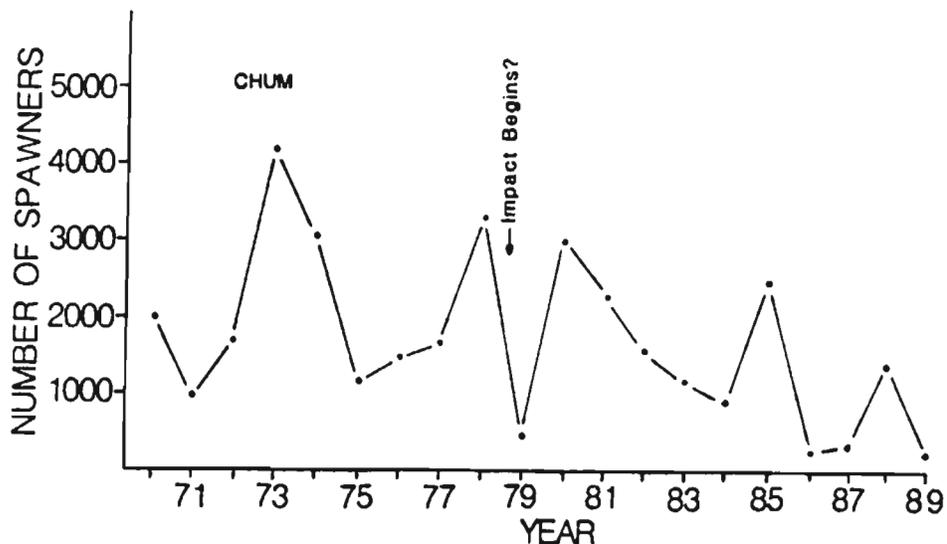


Figure 2. Nombre de reproducteurs kétas qui entrent dans le ruisseau Carnation chaque automne. La première année au cours de laquelle les effets de la coupe de bois ont été observés a été 1979 (1976 + 3 ans de séjour en océan).

La somme thermique est aussi directement reliée au moment de l'émergence du fretin du lit du cours d'eau (fig. 8). Ainsi, le saumon kéta migre vers l'océan plus tôt depuis que les coupes ont commencé (Scrivener, 1988b), ce qui a contribué à réduire son taux de survie en mer (fig. 9) et, ainsi, le nombre d'adultes qui reviennent frayer (fig. 2) ou qui sont accessibles à la pêche.

La sommation thermique est aussi directement reliée au moment de l'émergence des alevins coho (fig. 8), mais ceux-ci demeurent dans le cours d'eau pendant au moins un an. L'émergence précoce permet donc aux alevins d'avoir une plus grande période de croissance estivale, de sorte qu'ils étaient plus gros après les coupes (fig. 10). Étant donné que la survie pendant l'hiver est directement fonction de la taille à l'automne (fig. 11), une plus grande proportion de saumons cohos a survécu le premier hiver après le début des coupes, ce qui a amélioré la production de saumoneaux cohos entre 1978 et 1983 (fig. 3). Ainsi, le nombre de saumoneaux était généralement plus grand après le début des coupes, mais il s'agissait presque tous de poissons de 1+ an (fig. 4). Les grands saumoneaux de 2+ ans étaient devenus rares.

Les températures chaudes de l'été ont profité aux alevins cohos, mais ont nuit aux saumons cohos de 1+ an qui se trouvaient dans le cours d'eau. La croissance pendant l'été et les taux de croissance des alevins étaient, sans équivoque, reliés à la hausse des températures (Holtby, 1988), mais le rythme de croissance des poissons plus âgés n'était pas lié aux températures du cours d'eau (fig. 12). L'utilisation de différents habitats du cours d'eau, les sources alimentaires et les méthodes d'alimentation ont probablement produit ces différences entre les classes d'années (Hartman et Scrivener, sous presse). Cette situation a contribué à la réduction des saumoneaux de 2+ ans, pendant le printemps qui a suivi (fig. 4). La taille moyenne du saumon coho en migration vers l'océan et sa survie en mer ont aussi diminué quand les saumoneaux de 2+ ans sont devenus rares (Holtby et Scrivener, 1989).

Le réchauffement des températures au printemps a amené les saumoneaux à se diriger vers l'océan plus tôt après la coupe du bois. Cette situation a entraîné une réduction de la survie en mer, car le moment de l'arrivée en mer et la taille à ce stade ont une grande influence sur le taux de survie (Bilton et coll., 1982, Holtby et coll. 1989). Par conséquent, le nombre d'adultes remontant le cours d'eau a augmenté en 1978, 1979 et 1980, mais a diminué par la suite (fig. 5). Cette combinaison d'effets positifs et négatifs peut être résumée dans un diagramme de l'écoulement du cours d'eau (fig. 13). Il ne faut pas oublier que le diagramme ne présente les effets que d'un seul processus physique. Il devient beaucoup plus complexe quand on y ajoute l'influence des processus hydrologiques, fluviaux et biologiques. Le saumon coho a pu profiter du réchauffement des températures parce qu'il pouvait ajuster son temps de séjour dans le cours d'eau à une année seulement. La variation annuelle a augmenté parce que la production de saumoneaux ne provient plus que d'une seule classe d'année au lieu de deux.

Le réchauffement des températures au printemps a aussi favorisé l'émergence précoce des alevins de truites et contribué, de cette façon, à rallonger la période de croissance estivale. C'est ce que montre la comparaison des relations directes entre la sommation thermique et la taille des alevins à l'automne dans le tributaire C où il n'y a pas eu de coupe de bois et dans une section à coupe

du ruisseau Carnation (fig. 14). On a remarqué dans le cours d'eau sur les rives duquel il y a eu exploitation une plus augmentation de la taille par rapport à une plus large gamme de température. Cet accroissement de la taille des alevins, relié à la coupe, n'existait plus chez les groupes d'âges subséquents parce que la croissance était inversement reliée à la sommation thermique (fig. 15). Les truites plus âgées ne pouvaient trouver suffisamment de nourriture pour maintenir leur croissance et satisfaire leur plus grand rythme métabolique à des températures plus élevées. Comme le saumon coho, les avantages pour les alevins de truite disparaissaient quand ils séjournèrent dans le cours d'eau pendant plus d'un an (fig. 13).

Peu de truites sont passées au stade de saumoneaux à l'âge de 1+ an après les débuts de l'exploitation forestière, à l'inverse du saumon coho. La plupart des truites ont continué de migrer vers l'océan à l'âge de 2+ ou 3+ ans, dans le ruisseau Carnation (Hartman et Scrivener, sous presse). La taille des saumoneaux de truites fardées a diminué après le début de l'exploitation, mais la taille des saumoneaux de truites arc-en-ciel anadromes n'a pas changé de façon notable (fig. 16). La diminution de la taille chez les truites fardées était probablement attribuable à une légère baisse de l'âge des saumoneaux, de 3+ à 2+ ans, et à la diminution de la croissance au cours de leur deuxième été (fig. 15). Le réchauffement des températures au printemps a aussi amené les truites à migrer plus tôt après la coupe du bois (Hartman et Scrivener, sous presse). Ces facteurs ont entraîné une réduction du taux de survie en mer et, ainsi, du nombre d'adultes remontant le cours d'eau (fig. 6). Les truites n'ont pu bénéficier du réchauffement des températures parce qu'elles n'ont pu ajuster leur temps de séjour en cours d'eau à juste une année.

Le réchauffement de la température causé par l'exploitation forestière a donc eu des effets positifs et négatifs sur les salmonidés du ruisseau Carnation. Les effets diffèrent selon les espèces et le stade du cycle évolutif de chacune. Ils ont commencé à se manifester moins d'un an après le début de l'exploitation des rives et devraient cesser quand le couvert se refermera au-dessus du cours d'eau, ce qui devrait se produire environ vingt ans après la fin de l'exploitation forestière (Hartman et Scrivener, sous presse).

Processus fluviaux et mouvement des sédiments

Les sédiments sont transportés dans le cours d'eau soit en suspension, soit par charriage de fond. La turbulence (> 1 mm) maintient les petites particules (< 1 mm de diamètre) en suspension, tandis que les grosses particules (> 1 mm) rebondissent le long du lit du cours d'eau, créant le charriage pendant les périodes de grand débit (crues soudaines). Dans le ruisseau Carnation, le débit solide était proportionnel au nombre de crues soudaines chaque année (fig. 17). Il n'a augmenté que de 6,7 t/km/an (+22 %) entre les années d'avant et après l'exploitation. D'autres études ont permis d'observer des augmentations du débit solide en suspension de 50 à 200 t/km/an (> 300 %) après le début de l'exploitation forestière (Beschta, 1978; Cederholm et Reid, 1987). Dans le ruisseau Carnation, toutefois, la plupart des sédiments se déplacent par charriage du fond (Tassone, 1988). Celui-ci est d'ailleurs passé de > 251 t/an à > 290 t/an après le début de l'exploitation forestière.

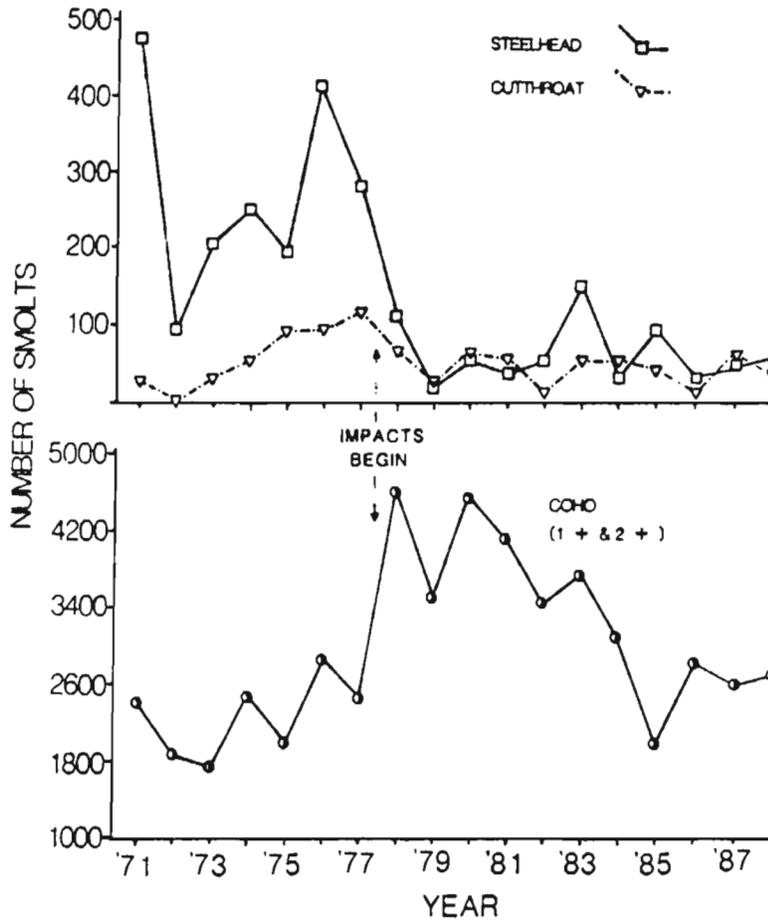


Figure 3. Nombre de truites arc-en-ciel anadromes et de truites fardées et nombre total de saumoneaux cohos en migration vers l'océan au cours du printemps. La première année au cours de laquelle la coupe du bois aurait eu des effets a été 1978 (1976 + 1,5 an de séjour en cours d'eau).

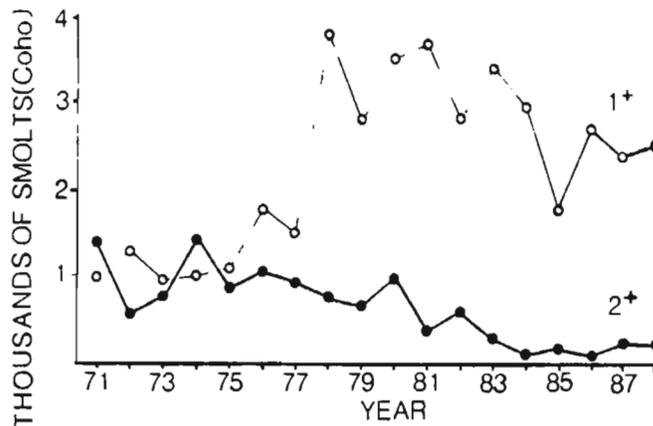


Figure 4. Nombre de saumoneaux cohos de 1+ et 2+ ans en migration du ruisseau Carnation pendant les printemps de 1971 à 1978. La première année au cours de laquelle la coupe du bois aurait eu des effets a été 1978 (1976 + 1,5 an de séjour en cours d'eau).

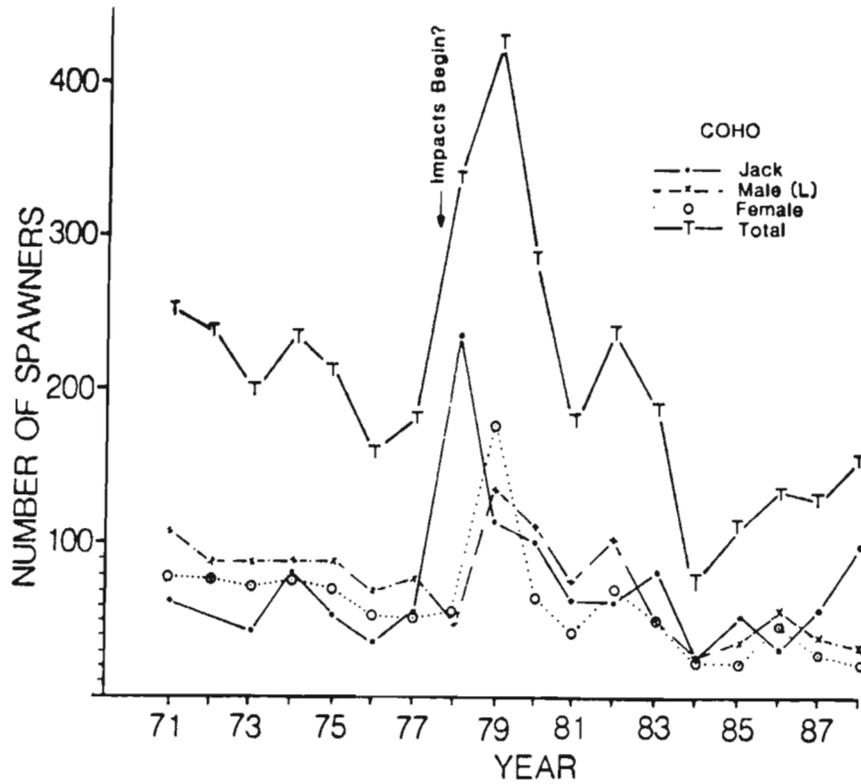


Figure 5. Nombre annuel de mâles précoces (jacks), de gros mâles et de femelles et nombre total de reproducteurs cohos remontant dans le ruisseau Carnation à l'automne. Les effets de la coupe du bois apparaîtraient aussi tôt que 1978 (1876 +1,5 an de séjour en cours d'eau + 6 mois de séjour en mer).

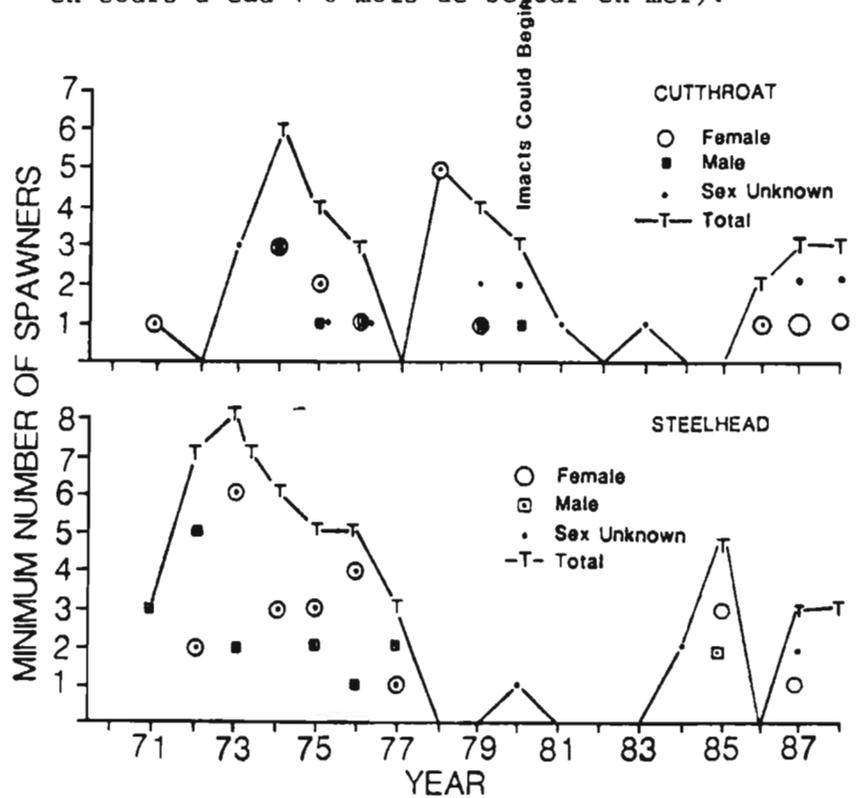


Figure 6. Nombre minimum de truites fardées et de truites arc-en-ciel anadromes remontant le ruisseau Carnation pour y frayer au printemps. Les totaux qui incluent les mâles, les femelles et les poissons de sexe indéterminé, sont basés sur le nombre de poissons qui entrent ou qui quittent le cours d'eau. Les effets de la coupe du bois serait apparu aussi tôt qu'en 1980

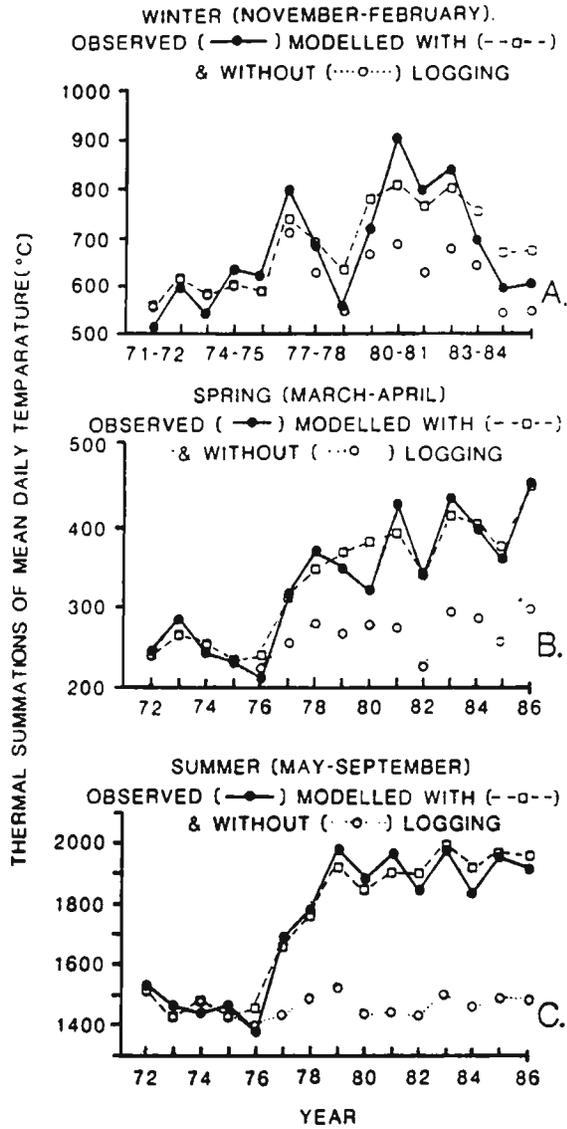


Figure 7. Sommatation thermique totalisation des températures de l'eau du ruisseau Carnation pendant trois périodes de l'année, de 1971 à 1986. Les graphiques indiquent les sommatations basées sur un modèle, avec et sans coupe de bois (tiré de Holtby, 1988).

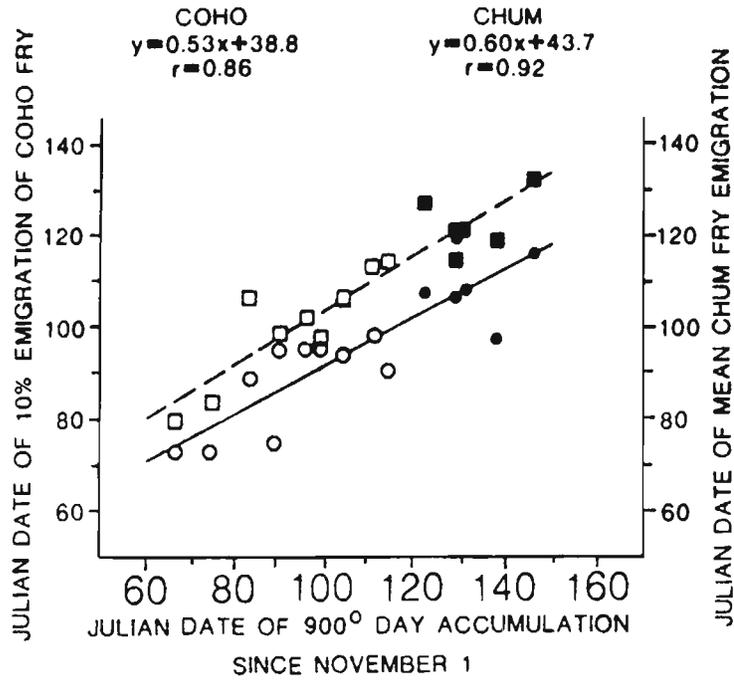


Figure 8. Relations entre les températures de l'eau en hiver (c.-à-d. le jour de l'année où la somme de température quotidienne moyenne était de 900 degrés Celcius) et les jours de l'année de l'émigration moyenne des alevins du saumon kéta et les jours de l'année du premier décile du rendement en alevins du saumon coho au ruisseau Carnation (de 1971 à 1986). Les points (coho) et les carrés (kéta) noircis représentent les années précédant la coupe du bois tandis que les points et les carrés transparents représentent les années de la coupe et les années subséquentes.

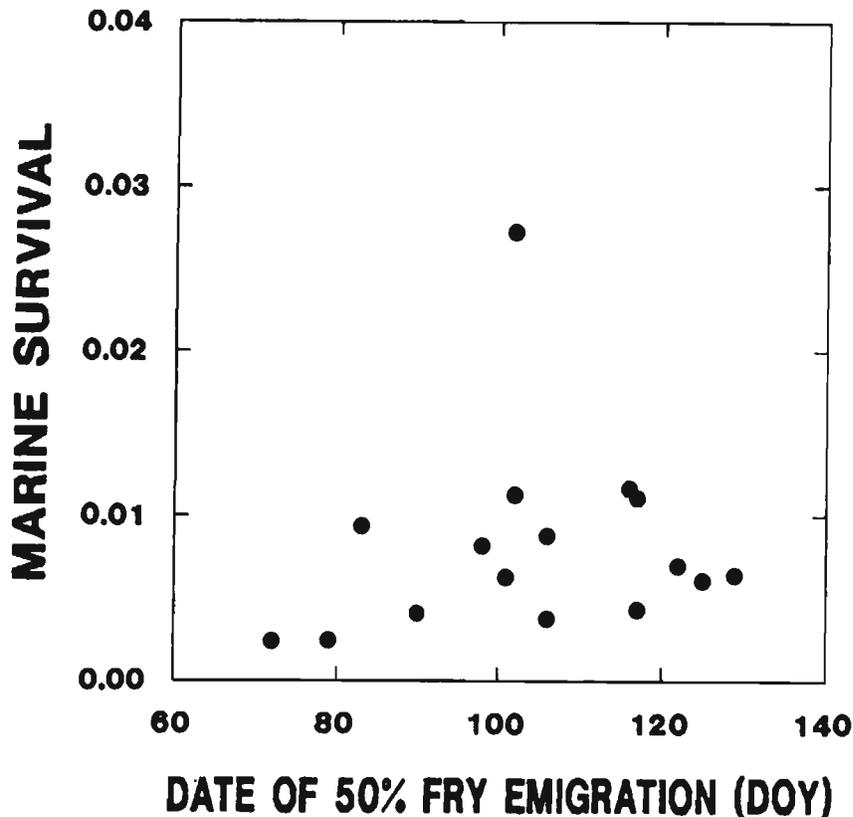


Figure 9. Période annuelle (jour de l'année) de l'émigration des alevins de saumon coho du ruisseau Carnation et son influence sur le taux de survie des adultes qui reviennent, par année de frai.

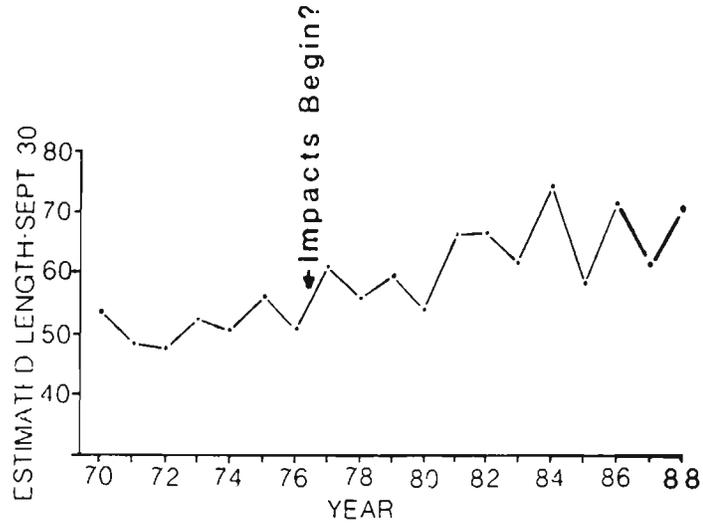


Figure 10. Longueur moyenne (à la fourche) des saumons coho de 0+ dans le ruisseau Carnation à l'automne. Les effets de la coupe de bois pourraient être observés aussi tôt qu'en 1977 (1976 + 6 mois d'incubation des oeufs et 6 mois de séjour en cours d'eau).

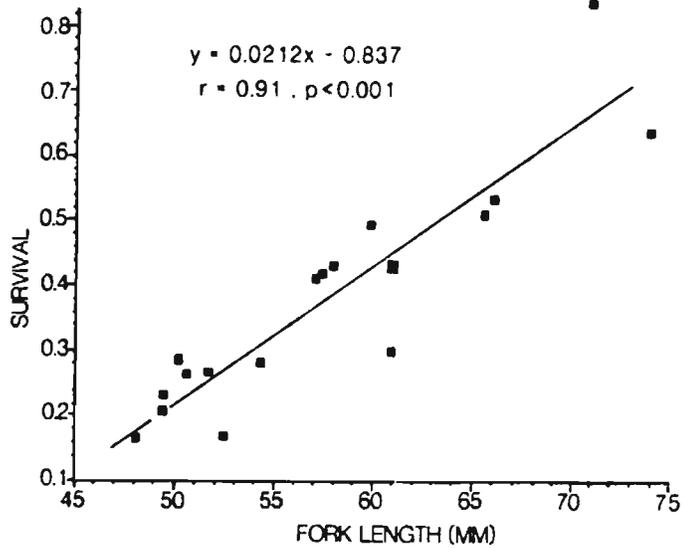


Figure 11. Relation observée entre la longueur des saumons cohos de 0+ à l'automne et le taux de survie au cours de l'hiver suivant, de 1971 à 1987.

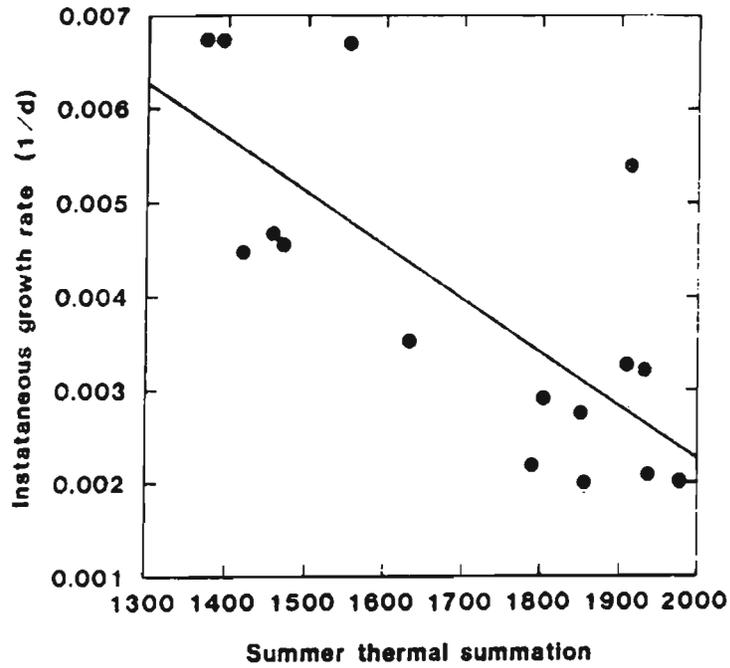


Figure 12. Relation observée entre la température du cours d'eau (somme des températures quotidiennes moyennes) et le taux de croissance pendant l'été des saumons cohos de 1+ an dans le ruisseau Carnation, de 1971 à 1986.

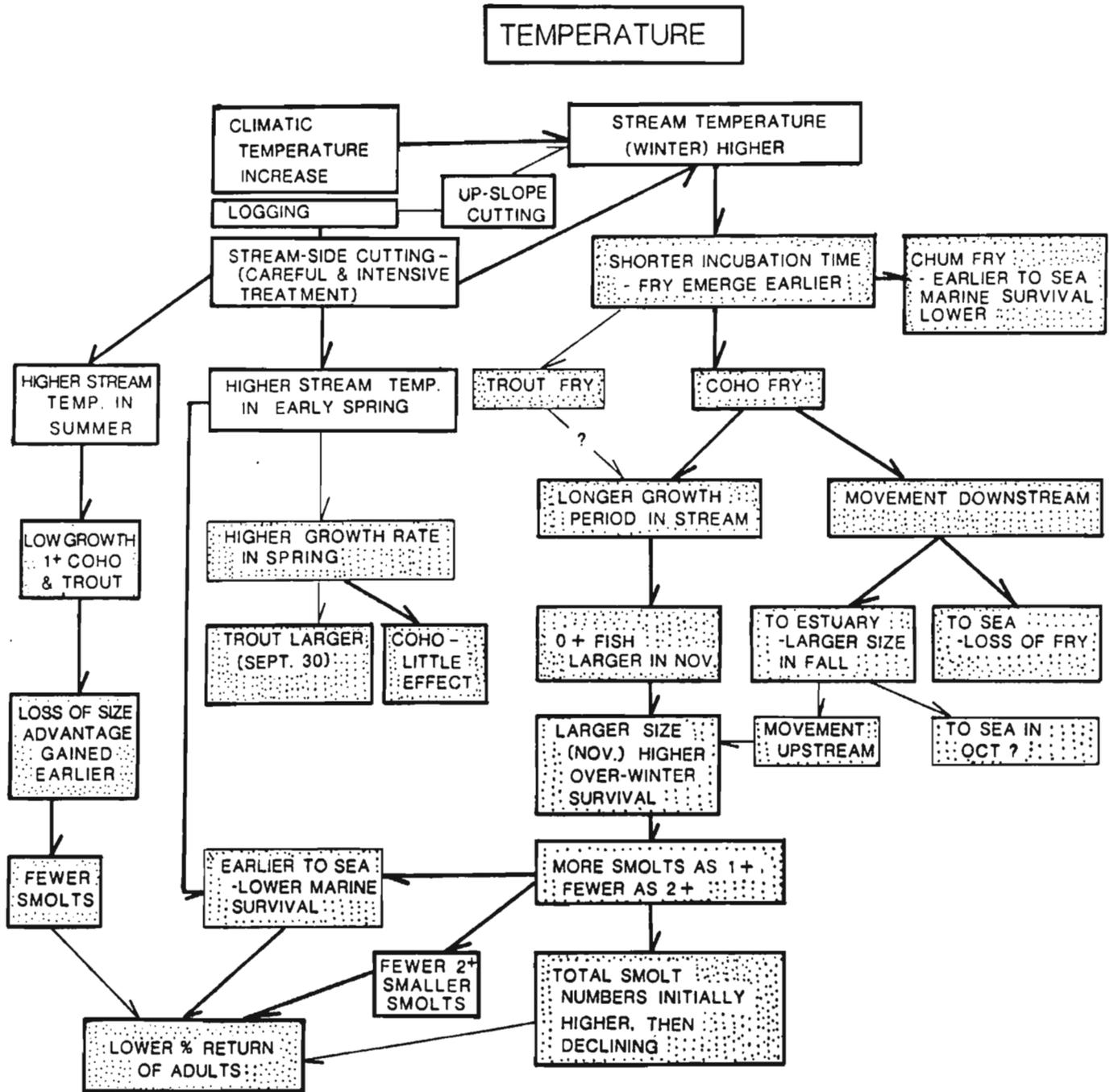


Figure 13. Diagramme schématique indiquant les causes et les saisons des changements au niveau de la température de l'eau, et quelques réactions du saumon coho du saumon kéta et de la truite.

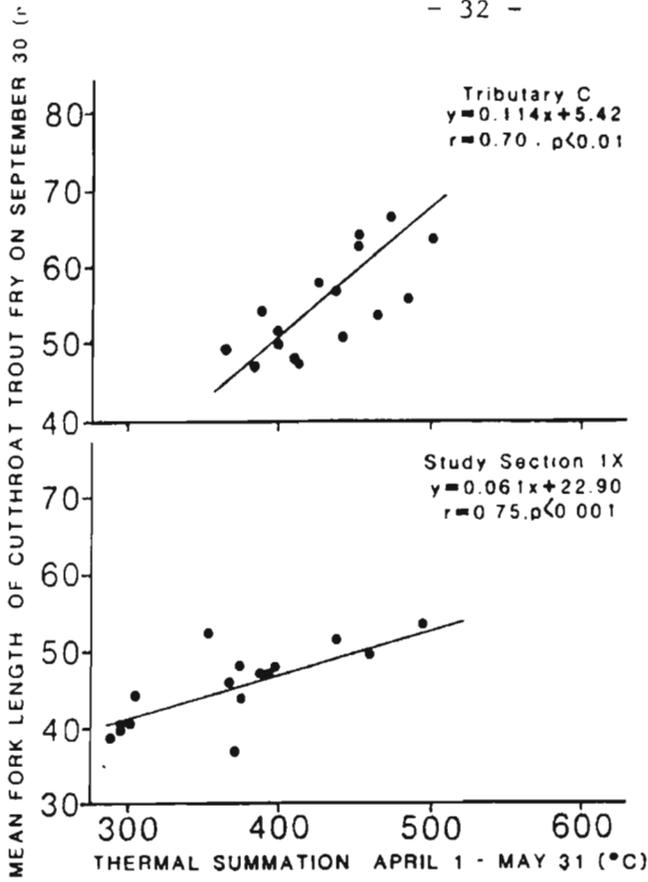


Figure 14. Relation entre la sommation des températures quotidiennes moyennes de l'eau pendant l'incubation des oeufs et la longueur moyenne des truites fardées de 0+ an au 30 Septembre.

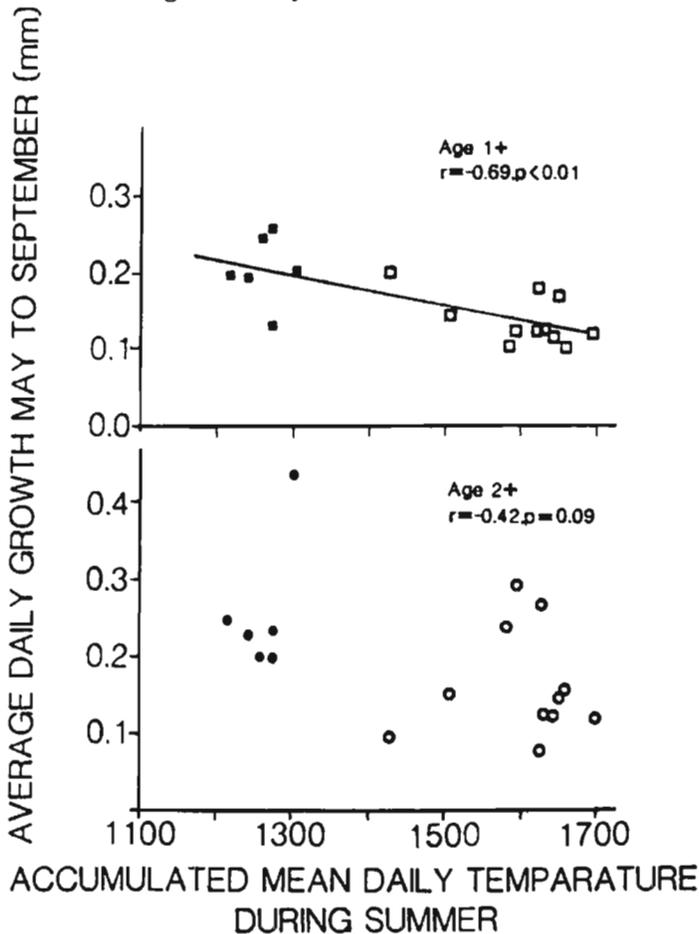


Figure 15. Relation des classes d'années entre la sommation des températures quotidiennes moyennes du cours d'eau, du 1er juin au 30 septembre,

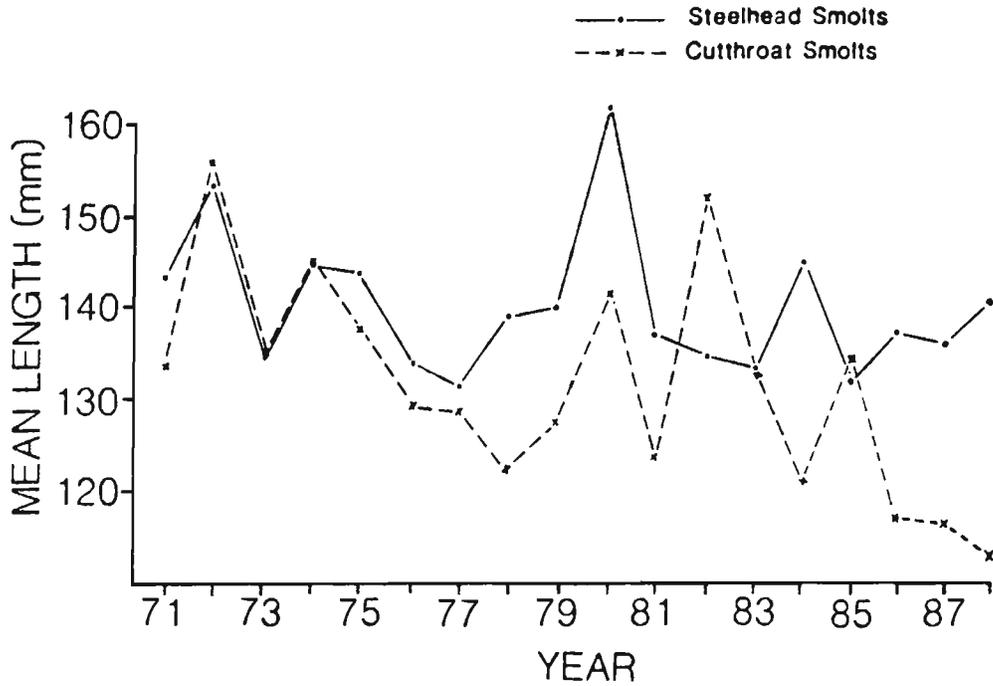


Figure 16. Longueurs moyennes (à la fourche) des truites fardées et des arc-en-ciel anadromes quittant le ruisseau Carnation au printemps. Les effets de la coupe du bois peuvent être observés aussi tôt qu'en 1978 (1976 + 2 années de séjour en cours d'eau).

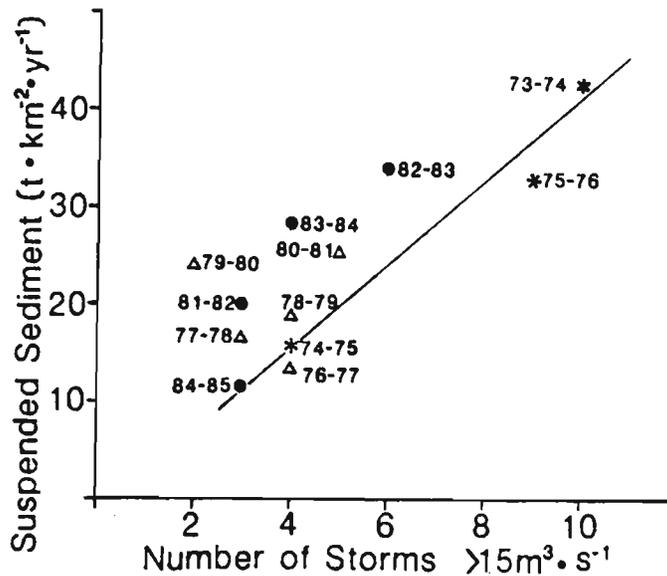


Figure 17. Relation observée entre le débit solide en suspension et le débit du ruisseau Carnation, pendant les années précédant la coupe du bois (astérisques), les années de coupe (triangles) et les années d'exploitation forestière (points).

Ces sédiments sont produits par l'érosion des rives du ruisseau Carnation, alors que dans le cas des autres études ils provenaient des chemins forestiers. L'érosion des rives (fig. 18) et le charriage (fig. 19) ont augmenté radicalement environ trois ans après l'exploitation des environs du ruisseau Carnation jusqu'à la rive. L'érosion a entraîné une diminution de la taille moyenne des particules de gravier du lit du cours d'eau pendant les sept années qui ont suivi (fig. 20). Le sable (0,3 à 2,38 mm de diamètre) et le gravier (3 à 10 mm) qui compose une partie du lit du ruisseau ont augmenté de 28 à 39 % de 1979 à 1986 (Scrivener et Brownlee, 1989). Des sédiments fins (< 0,85 mm), provenant des chemins forestiers, se sont accumulés dans le lit de la rivière Clearwater (Washington) (Cederholm et Reid, 1987). On a aussi observé l'accumulation de sédiments fins de la même source dans le lit de la rivière Alsea (Oregon) (Beschta, 1978; Moring, 1975). Des sédiments fins se sont aussi accumulés dans le gravier des frayères, mais les sources et les modes de transport variaient d'un bassin hydrographique à l'autre.

Le succès de l'incubation des oeufs chez les salmonidés a diminué avec l'accumulation des sédiments fins dans le gravier du lit du cours d'eau. Le taux de survie entre le moment du dépôt des oeufs et l'émergence des alevins a baissé de 50 % chez les saumons kétas et cohos du ruisseau Carnation (fig. 20). La taille des alevins a aussi diminué à cause des sédiments fins (fig. 21). La truite a probablement aussi été victime d'effets semblables (Hartman et Scrivener, sous presse). Les saumons kétas plus petit au moment de l'entrée en mer, ont connu un taux plus élevé de mortalité à ce stade. (Holtby, 1989). Les effets sur la taille du saumon coho étaient beaucoup moins prononcés à cause de son émergence précoce, lui permettant de prolonger sa période de croissance estivale (Holtby, 1988). La même situation vaut probablement pour la truite. Le succès de l'incubation des oeufs de saumon a aussi diminué dans d'autres bassins hydrographiques où il y a eu accumulation de sédiments fins (Moring, 1975; Cederholm and Reid, 1987).

Les changements au niveau de la température du cours d'eau et des processus fluviaux attribuables à l'exploitation forestière ont produit des effets différents sur des échelles de temps différentes. Les changements de température pourraient avoir des incidences positives ou négatives sur la production de saumons pendant un à vingt ans après l'exploitation. Les changements des processus fluviaux ont eu des effets strictement négatifs sur la production de saumons (Scrivener et Brownlee, 1989). Les répercussions n'ont pas commencé à se faire sentir immédiatement et se sont manifestées pleinement une décennie seulement après le début de l'exploitation forestière. Quant aux effets sur le gravier d'incubation, on n'en prévoit pas la disparition au ruisseau Carnation avant des décennies (Scrivener et Brownlee, 1989).

Répercussions de processus naturel et artificiel sur l'abondance du saumon

Nous avons utilisé ces données sur les processus de l'écosystème pour mettre au point des modèles de prévisions de l'abondance des saumons kétas et cohos à partir des corrélations entre le taux de survie et la croissance à divers moments du cycle évolutif et (1) les variables climatiques, hydrologiques et physiques, (2) les taux d'exploitation halieutique et (3) les indices des

caractéristiques de l'habitat du cours d'eau affectés par l'exploitation forestière (Holtby et Scrivener, 1989). Ces modèles ont été utilisés pour répartir la variation des remontes d'adultes en fonction de la variation climatique du cours d'eau et de l'océan, de la mortalité due aux diverses pêches et des changements dans les conditions du cours d'eau causés par l'exploitation forestière. Dans le cas des deux espèces, la plupart des variations du nombre d'adultes résultait des changements climatiques du cours d'eau et de l'océan (fig. 2 et 5). Les modèles ont aussi démontré que la variation de la mortalité due à la pêche par rapport aux échelles réalistes n'avait pas contribué à diminuer le nombre d'adultes, sauf dans les cas où les taux d'exploitation sont très élevés. Dans ce cas, la variation annuelle a augmenté. Le saumon coho a manifesté peu de réactions aux activités d'exploitation forestière observées et simulées (-6 %), tandis que le saumon keta en a largement souffert (-26 %). La variation chez les deux espèces a augmenté quand on a combiné l'influence des trois catégories. Les populations ont diminué en deçà des niveaux qui permettraient de soutenir une exploitation halieutique ultérieure quand l'exploitation forestière était accompagnée par des niveaux élevés d'exploitation halieutique et de mauvaises conditions environnementales. Les stocks de saumons ketas ne se sont pas rétablis avant que reviennent des conditions environnementales favorables, même sans exploitation halieutique. Par conséquent, les répercussions sur le stock de saumons après la coupe du bois seraient très différentes dans le temps et dépendraient des conditions environnementales favorables ou défavorables qui les accompagneraient.

J'aimerais conclure en donnant quelques mises en garde aux gestionnaires et aux utilisateurs des ressources. Soyez toujours sceptiques devant les résultats d'études forestières et halieutiques à court terme, à moins que l'auteur ne puisse placer ses résultats dans une gamme naturelle de conditions environnementales. Cette mise en garde s'applique également aux résultats d'études d'une étape particulière du cycle évolutif du saumon. Par ailleurs, n'utilisez pas ces données ou ne les retirez pas de leur contexte pour justifier un point de vue politique. Ce faisant, non seulement vous n'aideriez pas la gestion des ressources de l'écosystème, mais vous pourriez ouvrir la porte aux critiques scientifiques et techniques.

REMERCIEMENTS

Le Projet du bassin du ruisseau Carnation n'a pas été possible sans la collaboration d'un grand nombre de personnes, d'organismes et d'entreprises. Cet article n'aurait d'ailleurs pu être réalisé sans leur contribution. Nous tenons à remercier tout particulièrement B.C. Anderson, T.G. Brown, T.W. Chamberlin, J.G. Dryburgh, G.F. Hartman, E.D. Hetherington, L.B. Holtby, D.W. Narver, et L. Powell pour leur participation à long terme.

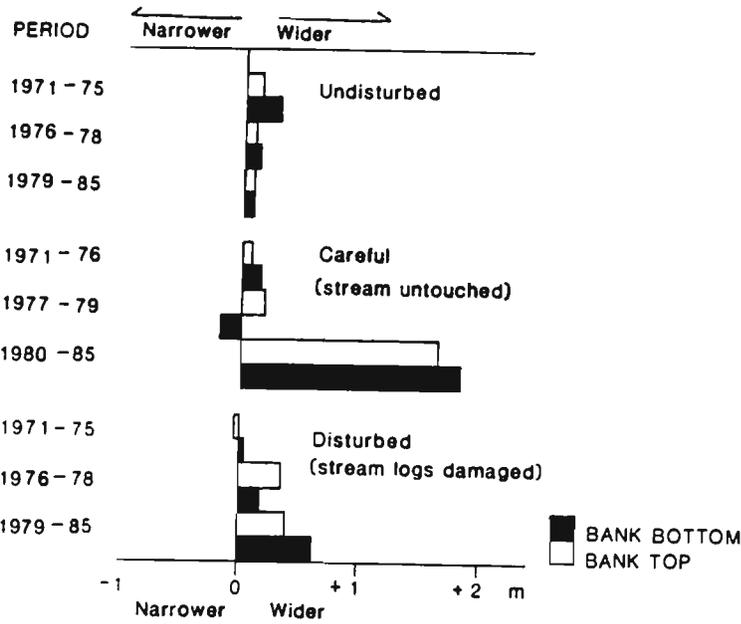


Figure 18. Changements annuels moyens observés au niveau de la largeur de cours d'eau, dans la partie supérieure (barre transparente) et inférieure (barre noircie) de la berge du cours d'eau, dans trois différentes sections du littoral: section non touchée, section ayant fait l'objet d'une coupe sélective et section touchée par la coupe.

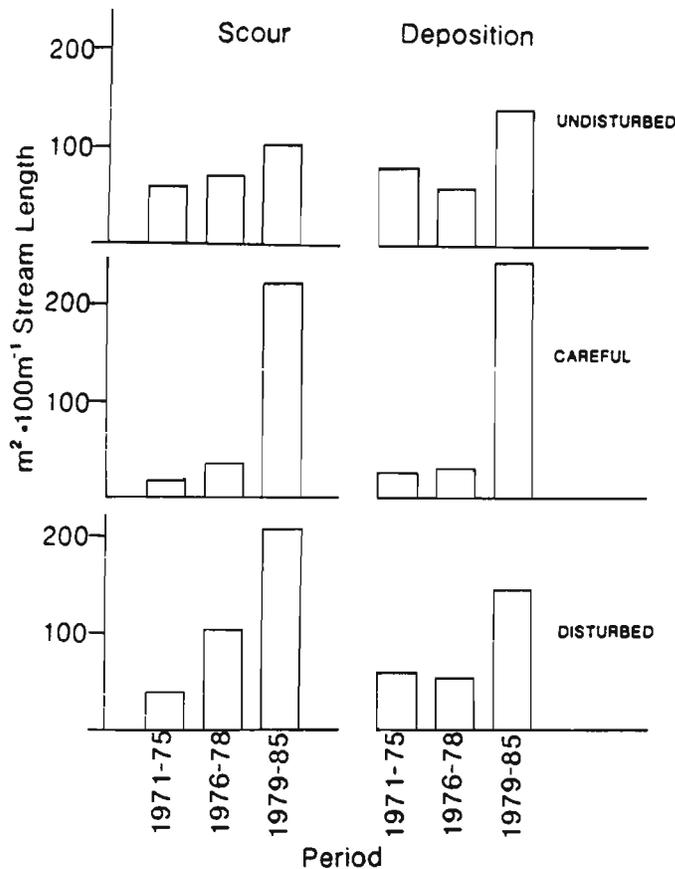


Figure 19. Sections d'envasement et de dépôts au fond du cours d'eau, dans les sections non touchées, les sections ayant fait l'objet d'une coupe sélective et les sections touchées par la coupe. Les intervalles comprennent la période précédant la coupe (de 1971 à 1975), le début de la coupe, la fin de la coupe et la période après la coupe.

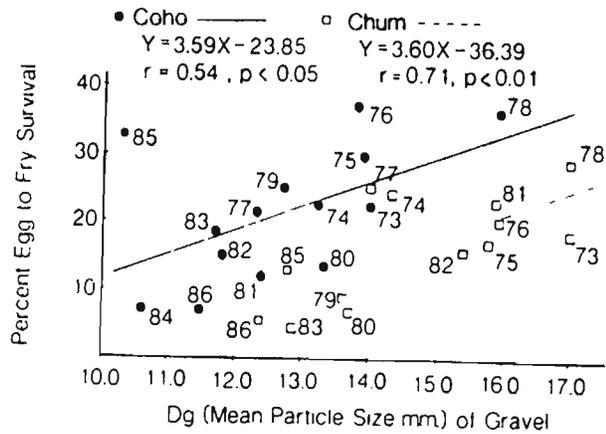


Figure 20. Relation entre le taux de survie de l'oeuf à l'alevin kéta et coho du ruisseau Carnation et taille moyenne des particules du lit du cours d'eau dans lequel les oeufs sont incubés.

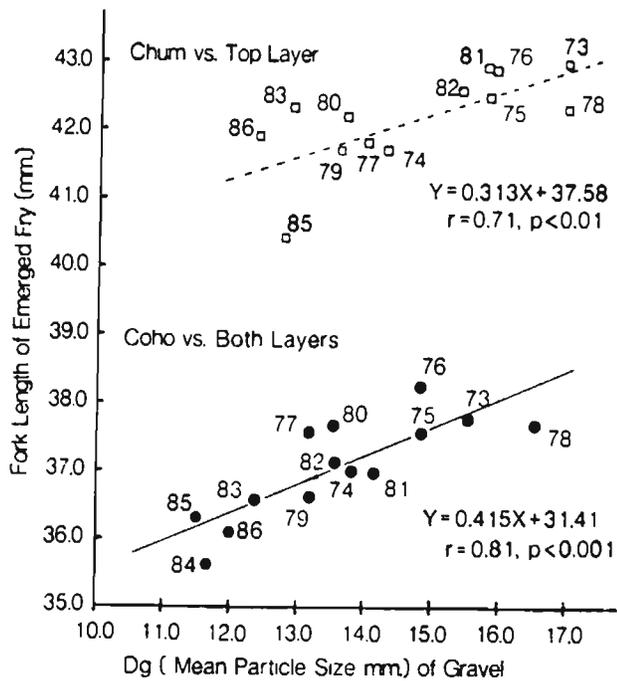


Figure 21. Relation entre la taille (à la fourche) des alevins kétas et cohos à l'émergence et taille moyenne des particules du lit dans lequel les oeufs sont incubés.

RÉFÉRENCES

- BCMFL (Ministère des Terres et Forêts de la Colombie-Britannique), Ministère de l'Environnement et des Parcs de la C.-B., Pêches et Océans Canada, et Conseil des industries forestières de la C.-B. 1987. British Columbia coastal fisheries and forestry guidelines. 101 p. S'adresser au Ministère des Terres et Forêts de la C.-B., Édifices du Parlement.
- Beschta, R.L. 1978. Long-term patterns of sediment production following road construction and logging in the Oregon coast range. *Water Resour. Res.* 14: 1011-1016.
- Bilton, H.T., D.F. Alderdice, et J.T. Schnute. 1982. Influence of time and size at release of juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) on returns at maturity. *J. can. sc. hal. aquat.* 39: 426-447.
- Cederholm, C.J., et L.M. Reid. 1987. Impacts of forest management on coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) populations of the Clearwater River, Washington: a project summary, p. 373-398. V.: Salo, E.O. et T.W. Cundy [réd. chef]. *Streamside Management: forestry and fishery interactions*. College of Forest Resources, AR-10, University of Washington, Seattle, WA.
- Hartman, G.F., et J.C. Scrivener. Sous presse. Impacts of forestry practises on a coastal stream ecosystem, Carnation Creek, British Columbia. Accepté par le *Bull. can. sc. hal. aquat.*
- Holtby, L.B. 1988. Effects of logging on stream temperature in Carnation Creek, British Columbia, and associated impacts on the coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *J. can. sc. hal. aquat.* 45: 502-515.
- Holtby, L.B., et J.C. Scrivener. 1989. Observed and simulated effects of climatic variability, clear-cut logging, and fishing on the numbers of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) and coho salmon (*O. kisutch*) returning to Carnation Creek, British Columbia, p. 62-81. V.: C.D. Levings, L.B. Holtby, et M.A. Henderson [réd. chef]. *Proceedings of the National Workshop on effects of habitat alteration on salmonid stocks*. Publ. sp. can. sc. hal. aquat. 105.
- Holtby, L.B., T.E. McMahon, et J.C. Scrivener. 1989. Stream temperatures and inter-annual variability in the emigration timing of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) smolts and fry and chum salmon (*O. keta*) fry from Carnation Creek, British Columbia. *J. can. sc. hal. aquat.* 46: 1396-1405.
- Moring, J.R. 1975. The Alsea watershed study: Effects of logging on the aquatic resources of three headwater streams of the Alsea River, Oregon. Part III - discussion and recommendations. *Fish. Res. Rep.* 9c. Oregon Department of Fish and Wildlife, Corvallis, OR.

- Scrivener, J.C. 1988a. The Carnation Creek experimental watershed project: A description and history from 1970 to 1986, p. 1-10. In: T.W. Chamberlin [éd. chef]. Proceedings of the Workshop: Applying 15 years of Carnation Creek results. S'adresser à la Station de biologie du Pacifique, Nanaimo, (Columbia-Britannique).
- Scrivener, J.C. 1988b. A summary of population responses of chum salmon to logging in Carnation Creek, British Columbia, between 1970 and 1986, p. 150-158. V.: T.W. Chamberlin [éd. chef]. Proceedings of the Workshop: Applying 15 years of Carnation Creek results. S'adresser à la Station de biologie du Pacifique, Nanaimo, (Columbia-Britannique).
- Scrivener, J.C. et M.J. Brownlee. 1989. Effects of forest harvesting on spawning gravel and incubation survival of chum (Oncorhynchus keta) and coho salmon (O. kisutch) in Carnation Creek, British Columbia. J. can. sc. hal. aquat. 46: 681-696.
- Tassone, B.L. 1988. Sediment loads from 1973 to 1984 08HB048 Carnation Creek at the mouth, p. 46-58. V.: T.W. Chamberlin [éd. chef]. Proceedings of the Workshop: Applying 15 years of Carnation Creek results. S'adresser à la Station de biologie du Pacifique, Nanaimo, (Columbia-Britannique).

2.3 RECHERCHE SUR L'HABITAT DU POISSON EN LIMNOLOGIE EXPÉRIMENTALE

par

Raymond H. Hesslein
Division de la recherche sur l'habitat du poisson
Pêches et Océans Canada
Institut des eaux douces
Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6

Les recherches sur l'habitat du poisson dans la Région des lacs expérimentaux (RLE) se poursuivent depuis un peu plus de vingt ans (16). Il s'agissait pour la plupart d'études sur l'eutrophisation et les effets des polluants atmosphériques tels que l'acide sulfurique. Toutes les principales expériences à la RLE ont porté sur l'ensemble de l'écosystème aquatique. La capacité unique à la RLE, de réaliser de nombreuses études sur l'ensemble de l'écosystème de réseaux hydrographiques semblables ont permis de faire un grand pas vers la compréhension des interactions des écosystèmes aquatiques.

Le succès du projet de la RLE (plus de 400 publications) ne tient pas de la chance ou simplement de ses possibilités uniques. Le personnel de base permanent a été choisi en fonction de ses compétences techniques, de façon à toucher toute la gamme des composantes de l'écosystème, à partir des aspects chimiques jusqu'aux poissons en passant par le plancton. Ainsi, l'équipe est en mesure de s'attaquer à la plupart des problèmes et, mieux encore, garantit au projet la validité technique nécessaire pour obtenir l'aide nécessaire de l'extérieur. Cet aspect a été des plus important pour le succès de la RLE. Les composantes de base des écosystèmes demeurent constantes d'une expérience à l'autre, mais chaque expérience exige des compétences particulières dans différents domaines. Un grand nombre d'associations avec les universités, les entrepreneurs et d'autres ministères ont apporté les solutions à la plupart des besoins. De plus, un des éléments vitaux du succès de la RLE a été la direction assurée par un scientifique tenace, audacieux, et tourné vers l'avenir, aux intérêts et à la formation multiples en sciences environnementales; il s'agit de Dr David W. Schindler. Enfin, le RLE a réussi grâce à l'engagement de tous les membres du projet. En effet, un projet ne peut réussir à long terme sans engagement. Le roulement de personnel est très faible, ce qui assure la continuité des études à long terme.

Les perturbations expérimentales (16) étudiées à la RLE se divisent en trois catégories fondamentales : (1) celles qui modifient l'importance du mouvement de l'énergie dans tout l'écosystème biologique, (2) celles qui modifient le cheminement du mouvement d'énergie, sans en altérer nécessairement l'importance, (3) celles qui contaminent la biomasse, sans pour autant affecter le flux d'énergie. Bien qu'on ait recueilli à la RLE des quantités considérables de renseignements sur le point (3), celui-ci ne constituait pas le but principal des expériences.

La première catégorie de perturbations est bien représentée dans les études d'eutrophisation du lac 226 et du lac 227 dans les années 1970 (15). Au cours de ces expériences, les substances nutritives des algues, le phosphore, l'azote

et le carbone, ont été ajoutées à différents lacs en proportions différentes, pour évaluer leur efficacité au niveau de l'amélioration de la croissance des algues. Ce travail visait principalement les problèmes d'eutrophisation des Grands lacs de la région Laurentienne. La deuxième catégorie de perturbations est décrite dans les études d'acidification portant sur le lac 223 (14, 18, 19). Dans ce cas, l'addition d'acide sulfurique a réduit le pH qui est passé de sa valeur naturelle de 6,8 à 5,0 entre 1976 et 1980; cette situation a eu des répercussions graves sur de nombreux organismes de la chaîne alimentaire, mais aucun changement important n'a été observé sur le plan de la productivité globale du système. Bien que les résultats de certaines des expériences de la RLE aient été remarquables, il ne s'agissait pas nécessairement simplement de déverser des produits chimiques dans un lac et de photographier les résultats. Il faut tenir compte de bien des facteurs pour réussir une expérience qui touche l'ensemble de l'écosystème, dont certains sont énumérés au tableau 1. Les trois premières catégories (I, II, III) du tableau englobent des critères que les chercheurs ne peuvent pas toujours choisir ni contrôler. Dans le cas des expériences d'eutrophisation, nous aurions voulu enrichir un grand lac, mais bien sûr il nous a fallu extrapoler les résultats à partir de réseaux restreints. La durée est optionnelle et on peut même faire le choix de certaines chaînes alimentaires dans les petits lacs. D'autres caractéristiques doivent être extrapolées quand on comprend les relations entre les petits et les grands réseaux, domaine de recherche qui a reçu beaucoup d'attention d'autres chercheurs sur l'habitat du poisson à l'Institut des eaux douces. Le climat impose de grandes variations à toutes expériences et l'interprétation des résultats doit en tenir compte. La variation biologique apparaît dans les caractéristiques telles que la structure d'âge de la population au début de l'expérience ou les cycles naturels de reproduction. Il peut y avoir adaptation des organismes au cours de l'expérience et, bien qu'il faille s'y attendre au niveau des conséquences, ces changements peuvent être influencés par la conception de l'expérience, par exemple par la durée ou l'intensité du traitement. Les catégories IV, V, et VI (tableau 1) définissent des moyens de régler certains des problèmes de variation et d'échelle. Comme pour toutes expériences, les comparaisons sont importantes. Pour les expériences globales sur des lacs, la RLE a utilisé des évaluations avant et après les perturbations, des lacs témoins surveillés pendant l'application des perturbations et des lacs à double bassin artificiellement divisés par des rideaux de vinyle ou de toile. On peut vérifier les possibilités de reproduire les résultats en répétant les expériences dans différents lacs, en observant les résultats au cours de plusieurs années successives ou en utilisant des mésocosmes, quand la situation s'y prête. Lors de la conception des expériences, les efforts déployés tant au niveau des perturbations que de l'échantillonnage doivent être proportionnels aux réactions prévues. Les analyses de rentabilité sont des facteurs déterminants. Le niveau de sophistication technique doit être déterminé en fonction des résultats prévus. La RLE est d'ailleurs fière d'avoir trouvé des solutions peu coûteuses à des problèmes que d'autres jugeaient impossibles à résoudre ou trop coûteux. La question de la souplesse est très importante dans la conception des expériences visant l'ensemble de l'écosystème. Enfin dans toute recherche il faut examiner les possibilités d'application ou l'utilité des résultats de l'expérience, en dehors des objectifs principaux. La plupart des expériences visant l'ensemble d'un écosystème exige des frais fixes importants pour l'infrastructure nécessaire à la réalisation des perturbations et de l'échantillonnage. On peut bien souvent

ajouter des mesures supplémentaires à un prix bien raisonnable. La RLE a souvent fait appel à des universités ou à des gens de l'extérieur en vue de les intéresser à des travaux qui s'ajouteraient à une expérience particulière de la RLE. A l'occasion, les fonds ont même été réaffectés à l'interne parce que l'occasion était trop intéressante pour la laisser passer, même s'il ne s'agissait pas d'une grande priorité pour le MPO.

Réalisations: Eutrophisation et Acidification

Le lac 226, un bassin double, a été divisé par un rideau en 1972 (17). Le rideau empêchait le mélange des eaux et le mouvement des organismes entre les bassins, mais permettait l'écoulement naturel de l'eau dans un sens à partir du bassin sud vers la décharge dans le bassin nord. Phosphore (acide phosphorique), azote (nitrate de sodium) et carbone (sucrose) ont été ajoutés au bassin nord, mais seulement azote et carbone au bassin sud. La charge de phosphore était environ le triple de la charge naturelle du bassin nord, le rapport P/N/C étant de 1/5/10, tandis que le bassin sud a reçu la même charge d'azote et de carbone (la taille des deux bassins est presque la même). Les différences observées étaient remarquables. Comme on peut le constater dans la grande photographie parue dans la revue Science, en 1974 (13), le bassin nord a été transformé en une véritable "soupe aux pois", tandis que l'eau du bassin sud est demeurée claire. Non seulement la biomasse et la productivité des algues ont-elles réagi positivement au phosphore (3), mais on a observé aussi une augmentation de la production de zooplancton (8), de l'émergence d'insectes et du corégone (9). Les augmentations étaient à peu près du triple la normale, par rapport à l'addition de phosphore. Il y a eu également un important changement au niveau de la répartition des espèces d'algues, les cyanophycées dominant en réaction au rapport relativement faible (comme des eaux usées) N/P (3). Parmi les résultats chimiques observés, citons les variations diurnes de la pression partielle du bioxyde de carbone (malgré l'addition de carbone) entraînant d'importantes fluctuations du ph (6,7 à 11) (2) et l'augmentation de la zone d'anoxie due à l'accroissement de la respiration. Après 1980, on a mis fin à l'engraissement des deux bassins et surveillé le retour aux conditions naturelles. La composition des espèces et la biomasse d'algues sont revenues aux valeurs d'avant engraissement en 1981 (3). Les paramètres chimiques se sont aussi rétablis rapidement. L'évaluation du corégone n'est pas encore terminée.

L'acidification du lac 223 a commencé en 1976 (17, 19). Le ph a été abaissé de 0,25 unité par année à partir de son niveau naturel de 6,8 jusqu'à une valeur minimum de 5,0, à laquelle il a été maintenu pendant toute l'année 1984. Depuis 1985, on a permis au ph de s'élever lentement. En 1989, il était de 5,8. La composition des espèces d'algues est passée d'une dominance des chrysophytes à celle des cyanophytes et des dinophytes à mesure que s'abaissait le ph (4). En 1989, la composition des espèces d'algues n'était pas encore revenue aux valeurs d'avant acidification. La production primaire n'a pas varié de façon importante pendant toute la période, quand on la compare à celle des lacs témoins (20, 21). Les principaux effets de l'acidification sur d'autres espèces ont été la disparition de Mysis relicta (12), de l'écrevisse (1, 5), du mené à tête plate (10) quand le ph était entre 5,8 et 5,6. Les pertes sont principalement attribuables à une difficulté de reproduction. Dans la même gamme de ph, la

Tableau 1. Catégories de critères à envisager lors de la conception et de la mise en oeuvre de manipulations expérimentales. (Tiré de Hesslein, R.H. Twenty years of Experimental Manipulation at the Experimental Lakes Area. Présenté à la conférence sur les échanges de technologies du ministère de l'Environnement de l'Ontario, Toronto, 20 novembre 1989).

- I. Échelle
 - A. Taille
 - B. Temps
 - C. Chaîne alimentaire
 - D. Caractères manquants (par ex. hypolimnion)
 - E. Autre facteurs d'influence
 - 1. Vent (fetch)
 - 2. Cours d'eau
 - 3. Courants
 - II. Variations
 - A. Climatiques
 - 1. Précipitations
 - 2. Température
 - 3. Nuages
 - 4. Vents
 - B. Biologiques
 - 1. Dynamique des populations (par ex. structure d'âge)
 - 2. Invasion
 - 3. Croissance - chaîne alimentaire
 - III. Adaptation
 - A. Longueur et intensité du traitement
 - B. Composition des espèces
 - C. Physiologique
 - IV. Comparaisons
 - A. Systèmes semblables
 - B. Division de systèmes
 - C. Avant/après
 - V. Possibilités de reproduction
 - A. Répétitions
 - B. Essais sur d'autres échelles
 - VI. Intensité de l'effort
 - A. Programme de perturbation
 - B. Fréquence d'échantillonnage
 - C. Précision et nouvelles méthodes par rapport à la stabilité dans le temps
 - D. Fermeture (bilan massique)
 - E. Raffinement technologique
 - VII. Possibilités d'application ou utilité en dehors de l'objectif principal
 - A. Coûts/avantages
 - B. Engagement envers la recherche et le développement.
-

population de mullet perlé a connu une augmentation marquée, non pas parce que la baisse du ph était avantageuse, mais plutôt parce que la disparition du mené à tête plate lui était favorable (17, 10). Le mené à tête plate a maintenant recommencé à se reproduire, la population ayant été réintroduite à partir du lac d'amont 224. Par ailleurs, le catostome noir et le touladi ont aussi cessé de se reproduire quand le ph était bas et ont maintenant recommencé, au niveau de ph 5,8. Tout le réseau est maintenant déséquilibré, les espèces connaissant de grandes variations à cause des poussées de croissance en réaction à un environnement changeant, à la concurrence et aux ressources alimentaires. Les fluctuations devraient se stabiliser d'ici quelques années quand le ph sera revenu à ses niveaux naturels. Les changements physiologiques observés étaient le très mauvais état du touladi, des changements au niveau de la chimie sanguine (7) chez plusieurs espèces et l'observation d'hyperplasie des branchies chez le mullet perlé (6).

Bien sûr il n'est pas suffisant de connaître les réactions dans de petits lacs pour comprendre les écosystèmes aquatiques. Au cours des dernières années, beaucoup d'efforts ont été déployés par la Division de la recherche sur l'habitat du poisson afin d'arriver à une meilleure compréhension en vue d'extrapoler les résultats de la RLE pour les appliquer à d'autres systèmes. Il a donc fallu étudier une série de lacs de plus en plus grands allant jusqu'aux Grands lacs. Aussi, on a mis au point des méthodes permettant de catégoriser les systèmes en fonction de leur façon de transformer l'énergie alimentaire, afin de pouvoir appliquer les études à des chaînes alimentaires différentes ou plus complexes que celles de la RLE. Une des méthodes les plus prometteuses consiste à utiliser des isotopes stables de carbone, d'azote et de soufre pour dissocier les habitudes alimentaires et migratoires du poisson, particulièrement dans les habitats d'estuaire. On peut définir les sources alimentaires grâce aux isotopes de carbone et de soufre et le niveau de prédation grâce aux isotopes d'azote. On peut aussi étudier l'influence des sources alimentaires provenant de la terre en utilisant des isotopes stables. Ces techniques sont d'une grande valeur dans les Régions côtières telles que le golfe Saint-Laurent.

REFERENCES

1. Davies, I.J. 1989. Population collapse of the crayfish, Orconectes virilis, in response to experimental whole-lake acidification. J. can. sc. hal. aquat. 46(6): 910-922.
2. Emerson, S. 1975. Chemically enhanced CO₂ gas exchange in a eutrophic lake: a general model. Limnol. Oceanogr. 29(5): 743-753.
3. Findlay, D.L., et S.E.M. Kasian. 1987. Phytoplankton community responses to nutrient addition in Lake 226, Experimental Lakes Area northwestern Ontario. J. can. sc. hal. aquat. 44 Supl: 35-46.
4. Findlay, D.L., et S.E.M. Kasian. 1987. Phytoplankton community responses to acidification of Lake 223, Experimental Lakes Area, Ontario. Water Air Soil Pollut. 39(3/4): 719-726.

5. France, R.L. 1987. Reproductive impairment of the crayfish, Orconectes virilis, in response to acidification of Lake 223. J. can. sc. hal. 44 Supl: 97-106.
6. Leino, R.L., P. Wilkinson, et J.G. Anderson. 1987. Histopathological changes in the gills of pearl dace, Semotilus margarita, and fathead minnows, Pimephales promelas, from experimentally acidified Canadian Lakes. J. can. sc. hal. aquat. 44 Supl: 126-134.
7. Lockhart, W.L., et A. Lutz. 1976. Preliminary biochemical observations of fishes inhabiting an acidified lake in Ontario. Proc. 1st Int. Sym. on Acid Precip. and the Forest Ecosystem (USDA Forest Serv., Gen. Tech. Rep., NE-23) : 545-569.
8. Malley, D.F., P.S.S. Chang, D.L., Findlay, et G.A. Linsey. 1988. Extreme perturbation of the zooplankton community of a small Precambrian Shield lake by the addition of nutrients. Int. Ver. theor. angew. Limnol. Verh. 23(4): 2237-2247.
9. Mills, K.H. 1985. Responses of lake whitefish (Coregonus clupeaformis) to fertilization of Lake 226, the Experimental Lakes Area. J. can. sc. hal. aquat. 42(1): 129-138.
10. Mills, K.H., S.M. Chalanchuck, L.C. Mohr, et I.J. Davies. 1987. Responses of fish populations in Lake 223 to 8 years of experimental acidification. J. can. sc. hal. aquat. 44 Supl: 114-124.
11. Mills, K.H., et D.W. Schindler. 1986. Biological indicators of lake acidification. Water Air Soil Pollut. 30(3/4): 779-789.
12. Nero, R.W., et D.W. Schindler. 1983. Decline of Mysis relicta during the acidification of Lake 223. J. can. sc. hal. aquat. 40(11): 1905-1911.
13. Schindler, D.W. 1974. Eutrophication and recovery in experimental lakes: implications for lake management. Science (4139) 184: 897-899.
14. Schindler, D.W. 1977. Evolution of phosphorus limitation in lakes: natural mechanisms compensate for deficiencies of nitrogen and carbon in eutrophied lakes. Science (Wash., DC) 195: 260-262.
15. Schindler, D.W. 1980. The effects of fertilization with phosphorus alone on eutrophication of experimental lakes. Limnol. Oceanogr. 25(6): 1149-1152.
16. Schindler, D.W. 1988. Experimental studies of chemical stressors on whole lake ecosystems. Int. Ver. theor. angew. Limnol. Verh. 23(1): 11-41.
17. Schindler, D.W., K.H. Mills, D.F. Malley, D.L. Linsey, J.A. Shearer, I.J. Davies, M.A. Turner, et G.A. Linsey. 1985. Longterm ecosystem stress: the effects of years of experimental acidification on small lake. Science (Wash., DC) 228(4706) : 1395-1401.

18. Schindler, D.W., et M.A. Turner. 1982. Biological, chemical and physical responses of lakes to experimental acidification. *Water Air Soil Pollut.* 18(1/3): 259-271.
19. Schindler, D.W., R. Wagemann, R.B. Cook, T. Ruzsyczynski, et J. Prokopowich. 1980. Experimental acidification of Lake 223, Experimental Lakes Area: background data and the first three years of acidification. *J. can. sc. hal. aquat.* 37(3): 342-354.
20. Shearer, J.A., et E.R. DeBruyn. 1986. Phytoplankton productivity responses to direct addition of sulphuric and nitric acids to the waters of a double-basin lake. *Water Air Soil Pollut.* 30(3/4): 695-702.
21. Shearer, J.A., E.J. Fee, E.R. DeBruyn, et D.R. DeClerq. 1987. Phytoplankton primary production and light attenuation responses to the experimental acidification of a small Canadian Shield lake. *J. can. sc. hal. aquat.* 44 Supl: 83-90.

Commentaires sur l'avenir de la recherche sur l'habitat dans la Région du Golfe

La recherche sur l'habitat exige stabilité et continuité du soutien et des objectifs. Dans la Région du Golfe, elle ne pourra réussir à long terme si on tente de répondre aux "clients" à court terme. Comme l'indiquait avec justesse Charlie Scrivener, la recherche au MPO a un client de par son mandat; le grand public et les ressources que celui-ci "possède", et au service duquel est le MPO. Comme tout autre organisme gouvernemental, le MPO doit interpréter les demandes des groupes d'intérêt, et non pas résoudre directement leurs problèmes pour faire cesser les pressions. Le MPO est censé être un expert de la recherche sur l'habitat et il devrait tenir compte des conseils, mais ne pas se laisser influencer. Les groupes d'intérêt devraient comprendre qu'une recherche bien menée sur l'habitat ne donnera pas nécessairement des résultats dans un avenir rapproché; sans elle, toutefois, il n'y aurait pas de base de connaissances pour nous aider à résoudre les situations pressantes qui pourraient se présenter d'ici plusieurs années.

Je pense qu'il existe un certain nombre de possibilités de recherche dans la Région du Golfe. Des excursions régulières pour l'évaluation des stocks pourraient être utilisées dans le cadre d'un programme de recherche sur l'habitat. C'est le genre de situation dont il faudra tirer parti pour économiser les fonds. Les projets d'aménagement futurs pourraient servir de perturbation au plan expérimental avec la collaboration de l'industrie et une bonne conception de "l'expérience". Par le passé nous n'avons pas suffisamment appris de toutes les perturbations qui se sont manifestées, principalement parce qu'il n'y a pas eu suffisamment de données recueillies avant et pendant les situations. Il faudra donc une bonne planification.

2.4 EXPÉRIENCE DE LA BAIE FUNDY ET RECOMMANDATIONS POUR LA RÉGION DU GOLFE

par

Donald C. Gordon, fils
Division de l'écologie de l'habitat
Direction des sciences biologiques
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Océanographique de Bedford
Dartmouth, (Nouvelle-Écosse) B2Y 4A2

Programme de la baie de Fundy

L'intérêt renouvelé des gouvernements vers le milieu des années 1970 pour la production d'énergie marémotrice dans la baie de Fundy a mené à l'élaboration d'un important programme d'études environnementales. Dirigé par le MPO, ce programme met à contribution un grand nombre de laboratoires gouvernementaux (par ex. St. Andrews, Institut océanographique de Bedford, Service canadien de la faune, Conseil national de recherches du Canada), d'universités (par ex. Université du Nouveau-Brunswick, Université de Moncton, Université Acadia, Université Dalhousie, Université McMaster), d'organismes de réglementation fédéraux et provinciaux et de la compagnie d'énergie marémotrice de la Nouvelle-Ecosse.

L'objectif principal consistait à faire des recherches de base sur des processus environnementaux mal connus, mais qu'on soupçonnait de jouer un rôle dans le fonctionnement des écosystèmes des sections d'amont de la baie de Fundy. Les études englobaient une large gamme de disciplines scientifiques, y compris l'océanographie physique, les glaces, la sédimentologie, la chimie marine, la production primaire, la production secondaire, l'écologie halieutique, l'écologie des oiseaux de rivage, la microbiologie et la modélisation des systèmes. Les programmes étaient coordonnés par une série d'ateliers et de colloques annuels organisés par le Conseil des sciences des provinces de l'Atlantique. En outre, à plusieurs occasions, les résultats des recherches de base ont été appliqués à la prédiction des répercussions environnementales de la production d'énergie marémotrice.

Un grand nombre de publications ont résulté du programme. Elles ont été incorporées à une série de bibliographies, la plus récente préparée par Plant (1985). On trouve d'ailleurs une vue d'ensemble générale de cette science et des perceptions des effets possibles chez Daborn et Dadswell, 1988, Dadswell et coll., 1986 et Gordon et Dadswell, 1984.

A la suite des recherches réalisées au cours de la dernière décennie, la baie de Fundy est maintenant l'un des environnements marins les mieux connus de l'Est du Canada. L'information recueillie constitue une importante base de renseignements qui peut servir à prévoir les effets environnementaux de grands projets de production d'énergie marémotrice dans les sections d'amont de la baie. Les répercussions les plus évidentes seraient dans la Région du bassin d'amont, derrière un barrage, à cause des changements prononcés du niveau d'eau. Il y

aurait des effets négatifs, mais aussi positifs. La compréhension que nous avons des effets dans la Région du bassin d'amont porte à croire qu'ils ne seraient pas suffisamment graves pour empêcher la mise en oeuvre du projet. Les deux principaux empêchements seraient probablement la mortalité du poisson dans les turbines et l'augmentation de l'amplitude de la marée le long de la côte de la Nouvelle-Angleterre. Il faudrait faire une évaluation officielle des effets environnementaux avant d'approuver tout projet, et les résultats ainsi obtenus seraient utilisés pour la conception et le fonctionnement du projet.

La société d'énergie marémotrice de Nouvelle-Ecosse a mis en oeuvre un projet pilote à Annapolis Royal. La centrale marémotrice de 17,8 MW fonctionne depuis 1983. Il y a eu des répercussions environnementales au niveau des pêches et de l'agriculture, dont parlent Daborn et coll. (1984). Cependant, les plans d'un grand projet dans le bassin d'amont, tel que le bassin de Cumberland ou la baie Cobequid sont en suspens pour le moment.

Même si le grand projet de centrale marémotrice dans les bassins d'amont de la baie de Fundy ne s'est jamais matérialisé, les efforts consacrés aux études environnementales ne sont pas perdus. Une grande partie des connaissances acquises ont déjà permis de résoudre d'autres problèmes d'habitat dans la baie de Fundy, par exemple le rejet de déchets en mer, les répercussions environnementales de l'aquiculture, la gestion des marais salants et les effets des jetés. Si l'intérêt pour les grands projets d'énergie marémotrice devait refaire surface, le MPO disposera d'une importante banque d'information et d'expérience sur laquelle baser son programme d'études des réactions. L'expérience de la baie de Fundy a aussi aidé le MPO à résoudre des problèmes d'habitat dans d'autres Régions, tels que le lien fixe de transport entre le Nouveau-Brunswick et l'Ile-du-Prince-Edouard.

Conclusions Générales

Le programme de la baie de Fundy a eu beaucoup de succès principalement pour les raisons suivantes :

- Il a été conçu et dirigé par des scientifiques de la Région avec le soutien des gestionnaires scientifiques du bureau Régional - soit une véritable entreprise menée "par le bas". Elle n'a pas été dictée "par le haut".
- L'objectif du programme était la recherche fondamentale. Les scientifiques étaient convaincus de contribuer à l'avancement général de leur domaine de spécialisation. Il était entendu que bon nombre des projets devaient être réalisés à long terme et qu'il était essentiel de comprendre les variations naturelles avant de pouvoir prévoir de façon précise les répercussions environnementales. Le programme s'est acquis une excellente réputation à l'échelle internationale. Le moral et la productivité y étaient très élevés.
- Malgré l'accent mis sur la recherche fondamentale sur les processus naturels, tous savaient que le problème pratique était celui des répercussions de la production d'énergie marémotrice et y ont contribué. Ce problème constituait le lien commun entre les scientifiques des différents organismes.

- L'accent a été mis sur la communication au sein du milieu scientifique et avec la compagnie d'énergie marémotrice, les représentants du domaine de la pêche, des groupes environnementaux et du grand public, par le biais de nombreux ateliers, réunions, articles de vulgarisation et entrevues dans les médias. Le programme de recherche a été expliqué et justifié. Bon nombre des grands projets réalisés sur le terrain, particulièrement ceux qui devaient avoir recours à des moyens coûteux comme les bateaux et les avions, étaient réalisés en collaboration, avec des scientifiques de différents organismes. Le partage des données a renforcé les projets de recherche individuels.
- Le programme a pris une orientation holistique ce qui a permis d'envisager tous les aspects importants de l'environnement naturel. Des efforts considérables ont été déployés pour faire la synthèse de tous les résultats au moyen d'un modèle informatique de simulation du bassin Cumberland, lieu d'aménagement proposé avec la meilleure base de données. Cet exercice a donné un certain nombre de résultats intéressants, puisqu'il a permis, par exemple, de stimuler les discussions pluridisciplinaires, de déceler les lacunes importantes au niveau de l'information et de mettre au point un outil quantitatif qui pourrait servir à examiner des hypothèses écologiques et à définir des processus environnementaux critiques. Ainsi, les scientifiques ont une bien meilleure compréhension de l'écosystème du bassin Cumberland et sont mieux en mesure de donner des conseils pertinents sur la gestion de l'habitat.
- Des études comparatives ont été réalisées, avec des scientifiques étudiant des environnements semblables dans d'autres parties du monde, en particulier l'estuaire de la Severn en Grande-Bretagne et l'estuaire Ems-Dollard dans les Pays-Bas. Ces liens ont accru considérablement les connaissances et l'expérience nécessaires à la compréhension des écosystèmes de la baie de Fundy, et cela à un coût minimal.

Recommandations pour la Région du Golfe

Me basant sur mon expérience de directeur du programme de la baie de Fundy et de chef de la Division de l'écologie de l'habitat dans la Région Scotia-Fundy, j'aimerais proposer quelques recommandations pour la conception des programmes scientifiques relatifs à l'habitat dans la Région du Golfe:

- L'exécution du Programme de gestion de l'habitat et du poisson du MPO relève conjointement du Secteur des sciences et de la Direction de la gestion de l'habitat et du poisson de chaque Région. Il importe que le personnel Régional ait une bonne compréhension de ses obligations respectives et de la nécessité de la collaboration. Établir et maintenir de bonnes relations de travail doit être une priorité. Il est heureux que, dans la Région du Golfe, le personnel des sciences et celui de la gestion de l'habitat et du poisson soient dans le même bâtiment, car la communication en est d'autant facilitée.
- Il est évidemment essentiel de donner des conseils sur l'habitat à la Direction de la gestion de l'habitat et du poisson et à d'autres clients, mais cette fonction doit quand même demeurer dans des limites raisonnables.

L'accent du programme des sciences de l'habitat doit être mis sur la recherche. Les scientifiques doivent avoir l'impression de contribuer à des programmes scientifiques qui contribuent à l'avancement de la science au niveau international. Il est évident que ces programmes doivent être reliés aux priorités générales du MPO, mais les détails des projets individuels doivent être laissés au scientifique. L'organisation doit créer un milieu dans lequel les scientifiques peuvent travailler à l'aise. Les meilleurs projets scientifiques sont réalisés par des chercheurs heureux. Aussi, ce sont les scientifiques qui travaillent activement et avec enthousiasme à des recherches qui donnent généralement les meilleurs conseils sur les problèmes d'habitat. Un programme scientifique ne peut progresser si les scientifiques passent la plupart de leur temps à assister à des réunions et à préparer des documents.

- Le programme scientifique relatif à l'habitat devrait avoir des objectifs à long terme et être préservé d'un changement rapide de priorités. La plupart des projets liés à l'habitat ne peuvent produire de résultats valables avant au moins cinq ans. Pour d'autres il faut encore plus longtemps. La recherche est une activité créatrice et les scientifiques ont besoin de temps pour concrétiser leurs idées, organiser les programmes en laboratoire et sur le terrain et produire des résultats valables. Il est difficile de faire une bonne recherche dans un milieu où les priorités ne sont pas claires ou changent rapidement.
- Le programme devrait tenir compte des points forts de la Région du Golfe au niveau scientifique, c'est-à-dire l'établissement et l'application de systèmes d'information géographique (SIG) à la gestion et à la recherche relative à l'habitat, les phycotoxines marines et l'écologie benthique en eau peu profonde. Il devrait aussi porter sur les habitats-clés de la Région du Golfe, tels que les écosystèmes des lagunes côtières et des marais salants abondants.
- Étant donné les ressources limitées, il est essentiel d'orienter la plupart des programmes à long terme vers peu d'habitats, tels un cours d'eau clé et un estuaire important. Bien connaître quelques Régions géographiques facilitera l'interprétation d'un nombre limité d'observations d'autres Régions. La base de données produite par le programme actuel de surveillance du phytoplancton sera inestimable pour le choix d'un estuaire type en vue d'une étude plus détaillée. Il faudrait aussi envisager la participation à un programme d'études d'estuaire de la Région de l'Atlantique.
- A cause de la nature limitée de la compétence scientifique dans la Région du Golfe, il est aussi important d'établir, chaque fois que c'est possible, une collaboration avec d'autres Régions du MPO (particulièrement dans les domaines de la chimie, de la physique, de l'océanographie et de la sédimentologie) et avec les universités locales, tels que l'Université de Moncton, l'Université du Nouveau-Brunswick et l'Université de l'Ile-du-Prince-Edouard.

REFERENCES

- Daborn, G.R., G.C. Baker, et M.J. Dadswell. 1984. Environmental consequences and ameliorative measures of the Annapolis tidal power project. *Wat. Sci. Tech.* 16: 297-306.
- Daborn, G.R. et M.J. Dadswell. 1988. Natural and anthropogenic changes in the Bay of Fundy - Gulf of Maine - Georges Bank system, pp. 547-560. In M.I. El-Sabh and T.S. Murty [réd. chef], *Natural and man-made hazards*.
- Dadswell, M.J., R.A. Rulifson, et G.R. Daborn. 1986. Potential impact of large-scale tidal power developments in the upper Bay of Fundy on fisheries resources for the northwest Atlantic. *Fisheries* 11: 26-35.
- Gordon, D.C., Jr., et M.J. Dadswell. 1984. Update on the marine environmental consequences of tidal power development in the upper reaches of the Bay of Fundy. *Rapp. techn. can. sc. hal. aquat.* 1256.
- Plant, S. 1985. Bay of Fundy environmental and tidal power bibliography. *Rapp. techn. can. sc. hal. aquat.* 1339.

2.5 ÉVALUATIONS PRÉLIMINAIRES DES RÉPERCUSSIONS ENVIRONNEMENTALES D'UN LIEN AVEC L'Î.-P.-E.

par

Geoffrey Hurley
Hurley Fisheries Consulting
45 Ch. Alderney
Dartmouth, (Nouvelle-Écosse)
B2Y 2N6

INTRODUCTION

Un lien fixe permettant de traverser de l'Ile-du-Prince-Edouard à la partie continentale du Canada, soit une distance de 13 km au-dessus ou au-dessous du détroit de Northumberland, entre le cap Tourmentin (Nouveau-Brunswick) et Borden (Ile-du-Prince-Edouard), serait l'un des plus long du monde. Cette structure serait construite et exploitée pendant 35 ans par un entrepreneur du secteur privé. Travaux Publics Canada (TPC) a étudié deux choix possibles : le pont ou le tunnel.

Ma présentation portera sur la participation de ma société à ce projet; je l'ai divisée en quatre parties : interactions pont - glace - pêches, étude de l'habitat, étude des frayères de hareng et espèces utiles pour la surveillance à long terme.

Interactions Pont - Glaces - Pêches

Comme un pont reliant l'Ile-du-Prince-Edouard à la partie continentale pourrait avoir des influences biologiques indirectes en retardant la débâcle, le projet décrit les effets connus sur les collectivités biologiques et les effets possibles d'un retard de la débâclement donné, la clé pour les pêches.

Même si nous vivons à une période de grande prise conscience écologique, il y a très peu de documentation sur les effets environnementaux de liens fixes. La littérature scientifique semble avoir totalement négligé les ponts en tant que structure pouvant avoir des effets sur les processus physiques ou biologiques.

Nous n'avons trouvé que des rapports évaluant les effets possibles de projets de ponts sur l'écosystème marin. Par exemple, on avait prévu qu'un pont projeté au Danemark, réduirait le débit, et de ce fait, causerait une baisse des débarquements de morues dans la mer Baltique.

La construction d'un nouveau pont dans l'inlet Burrard à Vancouver (C.-B.) ne semblait pas devoir nuire substantiellement aux pêches locales. En réalité, les ponts déjà construits semblent avoir facilité l'accès des pêcheurs sportifs à la pêche en mer.

Il ne semble pas y avoir, pour le moment, de rapport faisant état de répercussions négatives des ponts sur l'environnement marin, ce qui ne veut pas

dire pour autant qu'il n'y en ait pas eu, mais plutôt que les effets négatifs seraient tout simplement passés inaperçus.

Il y a eu plusieurs comptes rendus sur les jetées, qui créent beaucoup plus d'interférences que les ponts, mais même elles n'ont pas fait l'objet d'études exhaustives. On a quand même observé que les jetées nuisaient à la circulation, à la sédimentation et à la formation des glaces, mais les ramifications biologiques causées par les modifications apportées à l'habitat demeurent encore bien mal comprises. La jetée de Canso (N.-E.) aurait entraîné une baisse des débarquements de homards et des changements dans les habitudes migratoires du hareng, à cause de la fermeture du détroit de Canso. On a observé que les jetées dans les estuaires ont des effets sur la migration du poisson anadrome tel que le saumon de l'Atlantique.

Le pont proposé entre l'Ile-du-Prince-Edouard et le Nouveau-Brunswick pourrait retarder la disparition des glaces d'environ deux semaines, au maximum. Le dégagement du détroit de Northumberland est très variable, se produisant entre la mi-mars et la mi-mai. Si le retard augmentait l'imbrication des glaces, il pourrait s'ensuivre un accroissement de l'érosion, du transport des sédiments et de la mortalité des organismes intertidaux. Dans la zone semi-hauturière, l'affouillement causé par les glaces en hiver est présentement très prononcé, de sorte que les organismes de ces écosystèmes ont probablement dû s'adapter aux perturbations des glaces.

La présence de la glace pourrait aussi retarder le début de la saison de pêche dans le détroit de Northumberland et avoir ainsi des effets sur des espèces de poissons et d'invertébrés qui ont une grande importance sur le plan commercial. Le rapport a donc tenté de créer un modèle des effets possibles du retard de la débâcle sur les pêches en se servant d'une combinaison d'informations, soit des opinions de spécialistes, du modèle Bercha d'étude de pont et des glaces et des renseignements publiés sur les activités de pêche, ainsi que les données historiques sur les prises.

La présence prolongée des glaces pourrait retarder le début de la pêche du hareng au printemps, ce qui entraînerait un manque à gagner substantiel pour les pêcheurs. La commercialisation et les modifications aux règlements de pêche pourraient atténuer certains des problèmes causés par l'accessibilité tardive. L'accumulation localisée de glace autour du pont ne devrait pas causer de dommages à la plupart des frayères, étant donné la distance à laquelle elles se trouvent du pont. Cependant, si certaines frayères se trouvaient près du pont, elles pourraient être endommagées par l'enfoncement des glaces. Il faudrait surveiller de près, pendant et après la construction, les stocks de hareng et leurs frayères dans ce secteur.

Notre analyse révèle que la pêche du homard dans la partie ouest du détroit, qui commence en août, ne serait pas touchée par la disparition tardive des glaces. Cependant, celle-ci pourrait empêcher les pêcheurs de l'est du détroit de poser leurs casiers, puisque la saison dans cette Région commence le 1^{er} mai et se termine à la fin de juin. Quand cette pêche est retardée, elle est habituellement prolongée jusqu'en juillet. Bien que les prises ne semblent pas avoir diminué au cours des années où les glaces ont tardé à disparaître, la

qualité pourrait en être affectée pendant la période de prolongation de la pêche, puisque les prises de homard à carapace molle sont plus fréquentes en juillet.

Quant à la pêche du pétoncle dans le détroit de Northumberland, elle commence aussi tôt dans l'année (fin avril). Notre analyse n'établit cependant aucune corrélation entre la date de disparition des glaces et les débarquements. Les pêches semblent peu touchées par les glaces tardives, puisque les gisements de pétoncles sont souvent épuisés avant même la fin de la saison, en juillet.

Étant donné que les caractéristiques d'océanographie physique telles que la température ne devraient pas changer malgré la présence tardive des glaces, on ne croit pas que les processus biologiques en seront affectés non plus. Les espèces de grande importance dans le détroit, soit le homard, le hareng, et le pétoncle, sont toutes présentes dans des habitats plus froids de la Région de l'Atlantique. Ainsi, une légère réduction à court terme de la température ne semble pas cruciale.

Relevé de l'Habitat

Le ministère des Pêches et des Océans (MPO) a entrepris le projet du détroit de Northumberland à cause de la baisse record des prises de homards vers le milieu des années 1970 (Caddy et coll., 1977; Stasko et coll., 1977). Cette étude permettait d'obtenir une description de base de l'environnement physique et biologique du détroit, sur lequel on disposait de très peu d'information auparavant. Au cours de l'été de 1975, un bateau de recherche du MPO a recueilli des renseignements sur la profondeur, la température, la composition des sédiments, l'endofaune, l'épifaune, les poissons de fond et les algues marines à 96 stations d'échantillonnage le long de 13 lignes de coupe. Au moyen de bateaux de pêche affrétés, on a posé des casiers à homards à chaque station; huit des 96 stations échantillonnées en 1975 se trouvaient dans la Région du cap Tourmentin.

Le relevé de l'habitat marin de 1988, tout comme le projet du détroit de Northumberland, a fourni des données sur les caractéristiques physiques et la répartition des espèces marines dans la Région du cap Tourmentin. Cependant, en 1988, on a recueilli des données supplémentaires (salinité de surface et de fond, chlorophylle "A", composition du zooplancton, dénombrement de l'endofaune et de l'épifaune). Les données ainsi recueillies serviront de base à la mesure des changements positifs ou négatifs (s'il y en a) de l'environnement marin attribuables à la construction et au fonctionnement du lien fixe.

Au total, 50 stations ont été échantillonnées dans la zone d'étude, qui s'étendait sur 14 km de chaque côté de la ligne de traversée. Trente-sept stations ont été choisies au hasard, cinq ont été choisies au hasard le long de la ligne de traversée et huit autres étaient des stations déjà échantillonnées au cours du relevé précédent de 1975.

Dans la zone semi-hautière, les fonds étaient surtout sablonneux, tandis que les fonds de galets étaient prédominants aux stations d'eaux profondes, au milieu du chenal. L'absence de stratification substantielle de la température,

de la salinité ou de la chlorophylle "A" indique que la colonne d'eau était verticalement bien mélangée. Tout comme c'est le cas dans d'autres zones marines côtières, les copépodes de taille moyenne dominaient chez le zooplancton; par ailleurs les ptéropodes ont été observés en assez grandes quantités chez le zooplancton de diverses stations.

De nombreuses espèces de fond ont manifesté des préférences marquées pour des types de sédiments précis. Les sédiments étaient riches en diverses espèces de polychètes, de bivalves et d'amphipodes. Les oursins plats, les étoiles de mer, les crabes, les moules géantes et les crépidules étaient abondants. On a découvert deux gisements denses de moules dont l'un sur la ligne de traversée.

A part quelques accumulations d'algues dans les fonds de galets de la zone semi-hautière, la couverture végétale était plutôt rare dans la zone d'étude. Une espèce de varech, la laminaire Laminaria et l'algue rouge Phyllophora, étaient des espèces dominantes. La mousse d'Irlande, une plante marine d'importance commerciale, était assez rare.

Bien qu'ils aient été facilement attirés par les casiers appâtés, les homards n'ont été observés qu'à l'occasion au moyen de la caméra magnétoscopique et capturés dans les dragues à pétoncles. Le gisement de pétoncles du cap Tourmentin, en eau profonde à fond de galets, s'étendait à l'est et à l'ouest de la ligne de traversée. La répartition des pétoncles était assez clairsemée dans tout le gisement, mais il est vrai que les densités avaient été réduites par la pêche commerciale avant le début de l'échantillonnage. L'huître commune américaine a été rarement observée. Par ailleurs la plie grise, le poisson de fond le plus commun, a été observée dans toute la zone.

Des comparaisons directes entre cette étude et celle de 1975 sont difficiles puisque celle-ci n'indiquait pas le nombre des captures. Néanmoins, les mêmes espèces de faune et de flore étaient communes dans les deux études, ce qui porte à croire que la Région du détroit de Northumberland est demeurée relativement stable au cours d'une longue période.

Relevé des Frayères de Hareng

Il existe une pêche restreinte du hareng (Clupea harengus) dans la Région du cap Tourmentin, au large du Nouveau-Brunswick, soit là où on se propose de construire le lien fixe entre l'Ile-du-Prince-Edouard et la terre ferme. Les frayères de hareng seraient donc en danger s'il y avait construction d'un pont.

On a fait le relevé des frayères de hareng dans la Région du cap Tourmentin, dans le détroit de Northumberland, en juin 1988 au moyen d'une caméra sous-marine et d'une drague à pétoncles trainée ou d'un râteau à mousse d'Irlande. Les frayères étaient petites et parsemées et à plusieurs kilomètres à l'ouest de la ligne de traversée proposée.

On les a souvent trouvées là où les prises commerciales de hareng sont élevées. Seulement deux frayères ont été découvertes au cours d'un relevé à stations régulièrement espacées, et les deux se trouvaient dans le voisinage

immédiat de bonnes pêcheries.

La répartition de la roque de hareng était toujours associée à la végétation. La couverture végétale, rare et irrégulière, pourrait donc limiter la reproduction du hareng dans cette Région du détroit de Northumberland.

Espèces Utiles Pour la Mesure des Changements Environnementaux

Examiner les changements environnementaux des systèmes marins est une entreprise difficile car de nombreux organismes connaissent des cycles démographiques naturels (Nichols, 1985). Néanmoins, on peut observer les changements chez le nombre et la diversité d'espèces, puisque ces deux facteurs diminuent quand l'habitat devient défavorable. On s'est d'ailleurs servi avec succès de ces facteurs pour mesurer le rétablissement de la faune benthique dans un fjord après la fermeture d'une fabrique de pâtes et papiers (Rosenberg, 1973). Cette méthode est cependant coûteuse.

Une autre méthode consiste à choisir une espèce comme indicateur des changements environnementaux. Le choix serait d'abord dicté par des considérations pratiques. L'espèce serait choisie au niveau approprié de l'écosystème; par exemple les données sur le plancton sont d'une utilité limitée pour l'examen des effets d'un pont sur l'environnement puisque les changements chez le plancton seraient difficiles à relier aux changements à d'autres niveaux de l'écosystème. L'espèce doit aussi être suffisamment importante pour être facile à capturer, ne doit pas être assez rare pour être difficile à trouver, ni tellement commune dans l'environnement que son nombre seul serait suffisant pour masquer les changements. Les organismes sessiles sont préférables aux animaux mobiles qui peuvent se déplacer vers des zones moins perturbées. Une espèce qui vit dans un habitat marginal serait d'ailleurs un indicateur encore plus sensible puisqu'elle répondra plus rapidement aux changements environnementaux. Enfin, les espèces commerciales sont préférables aux espèces non commerciales car les premières offrent un plus grand intérêt sur le plan économique et qu'il existe donc déjà beaucoup de données sur les prises et les débarquements.

Le pétoncle de haute mer satisfait à tous ces critères, car le pétoncle adulte est principalement sessile, il habite les fonds de galets en eau profonde et il fait l'objet d'une importante pêche commerciale dans le détroit d'Abegweit, secteur considéré comme un habitat marginal du pétoncle. Les températures froides d'hiver (aussi basses que $-1,9^{\circ}\text{C}$) et chaudes d'été (atteignant 20°C) sont loin d'être des températures optimales pour le pétoncle de mer et peuvent entraîner des mortalités. Les pétoncles se nourrissent en filtrant l'eau et la grande charge de sédiments dans la zone d'Abegweit pourrait nuire à son alimentation. Le principal désavantage de l'utilisation du pétoncle comme mesure écologique est sa rareté dans l'échantillonnage après la pêche du printemps. On recommanderait donc l'échantillonnage avant ou pendant la saison de pêche.

La moule géante serait aussi une espèce satisfaisante car il existe un gisement dense de moules directement sur la ligne de traversée. Les moules sont sédentaires, se nourrissent en filtrant l'eau et, comme le pétoncle, se retrouvent principalement sur les gros sédiments de fond (gravier, mélange de

sable et de galets).

La crépidule (Crepidula), mollusque sédentaire communément observé attaché aux rochers, dans la partie ouest de la zone d'étude, est un autre candidat comme espèce de mesures. Comme le pétoncle et la moule, la crépidule se nourrit en filtrant l'eau et peut être sensible aux changements de qualité de l'eau et aux sédiments en suspension. La crépidule semble être abondante seulement dans la Région du cap Tourmentin du détroit de Northumberland et, par conséquent, il doit y avoir une combinaison particulière de conditions environnementales pour l'existence de l'espèce dans cette Région.

Le homard pourrait profiter de la construction d'un pont. Si le pont est construit entre le Nouveau-Brunswick et l'Ile-du-Prince-Edouard, les rejets de dragage, les résidus d'affouillement et les pierres de protection pourraient créer des récifs artificiels autour des piliers du pont et, de ce fait, améliorer l'habitat du homard dans ces endroits précis. Bien qu'il ait une existence plutôt secrète et soit très mobile, le homard peut être facilement recensé au moyen de casiers. Le contrôle de l'effort de pêche et les observations sous-marines autour des piliers constitueraient également des méthodes appropriées d'évaluation des changements dans la répartition du homard, causés par la construction du pont.

3. RÉSUMÉ DES GROUPES DE TRAVAIL

3.1 GROUPE 1

Président: J. Worms

Participants: L. Bourgeois E. Ferguson P. McLaughlin
 R. Comeau J. Haché
 M. Daigle F. Madelein

Les membres du groupe de travail ont pris quelques minutes pour passer en revue les questions posées et décider de la meilleure façon de les aborder. Plutôt que de suivre de manière rigide le cheminement proposé, le groupe a choisi de reformuler la problématique. Puisque la question de base est de déterminer de quelle façon la recherche scientifique peut contribuer à l'évaluation de l'habitat du poisson, à sa protection et à sa restauration le cas échéant.

I L'établissement d'un programme de recherche cohérent suppose l'existence de structures adéquates

Étant donné le grand nombre d'intervenants, gouvernementaux ou non, dans le domaine de l'environnement, il est essentiel de bien définir les rôles et mandats respectifs, de s'assurer que les différents clients sont bien informés de qui fait quoi et de prévoir des mécanismes d'intervention efficaces au niveau des problèmes très locaux d'aménagement.

II Il n'y a pas réellement de choix entre recherche à court terme et recherche à long terme

Il est évident que la recherche scientifique dans le domaine de l'écologie environnementale doit idéalement s'appuyer sur des programmes de plusieurs années et viser à accumuler des séries temporelles aussi longue que possible afin de pouvoir discriminer les effets réels de l'intervention humaine des bruits de fond et des variations "naturels". La demande est cependant bien souvent pour des interventions à court terme sur des problèmes localisés. Le dilemme est de réussir à combiner les deux approches et de déterminer leur parts respectives. À ce niveau, le recours aux données de la littérature et à l'expertise accumulée dans d'autres pays est indispensable puisqu'il permet souvent de gagner un temps précieux.

Un problème similaire se présente au niveau du choix d'un site expérimental. Faut-il aller du global au spécifique ou l'inverse? Étant donné que les moyens font souvent défaut pour des études à très grande échelle, on est généralement obligés de choisir un site particulier. La question se pose alors de savoir dans quelle mesure les résultats obtenus seront extrapolables à d'autres sites.

Notre capacité à évaluer un site donné, quelque soit son étendue et sa complexité, dépend de notre niveau de connaissance de l'écosystème global, des compartiments qui le composent et des interactions entre ces compartiments. À titre d'exemple, l'existence d'un bon schéma de circulation des eaux dans le Golfe du St. Laurent conditionne notre capacité à aborder les problèmes à l'échelle d'un estuaire ou d'une baie.

III Nécessité d'un bon point de départ

La plupart des intervenants ont mis l'accent sur la nécessité de disposer d'une base de départ solide, c'est-à-dire d'un bilan de santé du milieu aquatique et de la ressource vivante. Cet inventaire est une entreprise de taille, que certains pays ont déjà réalisée et mettent à jour régulièrement. Un tel document, pour lequel un bon nombre de données de base existent déjà mais demandent à être compilées, servirait d'outil de référence pour la recherche scientifique comme en cas d'intervention rapide sur un problème donné.

IV Stratégie de recherche

Les étapes suggérées sont les suivantes:

- faire le bilan des données existantes à l'échelle du Golfe et plus localement (cette phase peut être sous-traitée à des consultants), compiler et synthétiser l'information sous une forme facilement accessible;
- bien définir la question posée et le(s) processus à étudier; définir ensuite les composantes du programme à long et à court terme;
- choisir un ou quelques sites d'action (ceci peut demander une certaine dose de "courage scientifique") qui semblent offrir les meilleures garanties de résultats cohérents et, dans la mesure du possible, extrapolables;
- faire un "point-zéro" sur le(s) site(s) choisi(s); déterminer les connaissances et les lacunes et jeter les bases des projets de recherche à long terme (> 5 ans) avec, si possible, des étapes à plus court terme (< 2 ans).

Le groupe ne s'est pas attardé à identifier les sources de pollution qui présentent un danger particulier. Il a souligné que, dans notre région, les industries sont peu nombreuses mais très polluantes (mines et traitement du minerai, exploitation forestière, moulins à papier, etc...). Il existe également de nombreuses sources de pollution plus subtiles parce que plus locales. L'importance du rôle des communautés en terme de sensibilisation, d'information et d'éducation a été souligné par plusieurs participants.

3.2 GROUPE 2

Président: G. Conan

Participants:	D. Gordon	K. Montgomery	F. Wheaton
	R. Groves	I. Price	
	J. Loch	R. Rosenberg	

3.3 GROUPE 3

Président: R. Alexander

Participants:	M. Benedict	T. Pollock	B. Sundby
	A. Forsyth	G. Price	
	L. LeDrew	C. Scrivener	

Tous les groupes de travail devaient répondre à chacune des cinq questions ou problèmes mentionnés à l'ordre du jour. Cependant, les participants de ce groupe ont jugé qu'ils ne connaissaient suffisamment l'organisation Régionale pour continuer sans autre explication. Par conséquent, le président a fait une description de l'organisation, des programmes en cours, des changements récents dans l'organisation et de la compétence du personnel professionnel clé.

La Division de la mise en valeur et de l'habitat du poisson est l'une des trois divisions qui composent la Direction des sciences. Les deux autres groupes sont la Division des poissons de mer et des espèces anadromes et la Division des invertébrés. L'effectif total de la Direction en d'environ 100 années/personnes, dont 34 feront partie de la Division de la mise en valeur et de l'habitat du poisson au 1^{er} avril 1990, ce qui représente une augmentation à la suite de la réorganisation. Cependant, il faut noter que 13 postes sont consacrés presque exclusivement à la production dans les centres aquicoles et qu'il faut plusieurs postes pour le soutien administratif. La compétence de nos chercheurs, biologistes et hydrologistes est brièvement résumée. Les secteurs particuliers de compétence sont : l'élevage semi-naturel (salmonidés); la remise en état du charognard (saumon); l'amélioration de l'habitat des cours d'eau; la recherche sur les perturbations de l'habitat et la productivité de l'habitat; l'hydrologie des cours d'eau; la recherche sur les phycotoxines et la mise au point du Système d'information géographique. Le président a mentionné que nous n'avons aucune compétence dans le domaine des contaminants chimiques ou de l'océanographie. Les services dans ces secteurs sont fournis par les Régions du Québec ou Scotia-Fundy.

Le groupe de travail a jugé qu'il était très important d'établir une organisation stable, favorable à la recherche. L'accent devrait demeurer dans les domaines de compétence existants, car l'organisation doit établir sa crédibilité. Les participants ont réitéré la nécessité d'établir des priorités de recherche avec le minimum de tâches administratives. Il faut continuer de trouver des sources de financement innovatrices et encourager la recherche en collaboration avec d'autres organismes. Il faut que la recherche, et particulièrement la surveillance, ait des objectifs précis. Les bases de données doivent être normalisées pour répondre aux besoins d'utilisateurs multiples et permettre le partage des données. Les participants étaient d'avis qu'il est nécessaire de faire des recherches à long terme sur les exigences de l'habitat et les répercussions des changements sur l'habitat. Ici encore, la recherche doit avoir des objectifs précis de façon à répondre à des questions précises et éviter de trop généraliser. Il faut cependant éviter le contrôle pour le contrôle à long terme, sans raison valable. Un programme de contrôle mal conçu est fréquemment l'objet de réductions budgétaires.

Les bonnes stratégies de recherche (question 3) devraient inclure une combinaison équilibrée de recherches à court terme (sur des lieux précis), à long terme, et orientée vers des processus particuliers. Bien qu'on s'oppose aux études sur des lieux précis, ce point a été défini par les participants comme une "cercle vicieux" puisque la recherche, qu'on le veuille ou non, doit être orientée quelque part. Il faut utiliser les possibilités dont on dispose à son avantage. L'équipe a aussi noté que les scientifiques doivent participer étroitement à la conception et à la réalisation du travail sur le terrain.

Au cours de la discussion sur les menaces possibles à l'habitat du poisson, on a identifié le manque de réglementation ou de conformité aux règlements comme un point important. Les participants ont jugé que les grandes entreprises étaient généralement bien réglementées, tandis que les particuliers et les petits propriétaires fonciers ne le sont pas, même si les effets cumulatifs de leurs activités peuvent être importants.

On a énuméré de nombreuses menaces à l'habitat des eaux douces, qu'on peut regrouper de la façon suivante :

- (a) Quantité - les utilisateurs ont tendance à surestimer l'approvisionnement en eau et les retraits peuvent avoir des répercussions importantes, tant sur le débit de surface que sur les eaux de fond. Le retrait à des fins particulières, telles que l'exploitation d'une pente de ski peut se produire à des moments où le volume d'eau est un aspect crucial de l'habitat.
- (b) Qualité - les points-clés incluaient la contamination des eaux de fond et de surface, souvent à cause de la foresterie et de l'agriculture; les pluies détritiques en aval des zones agricoles ont également été mentionnées. Le président a noté qu'aucune partie du financement des études sur le Transport à distance des polluants atmosphériques n'avait été administrée par la Région du Golfe. La Région Scotia-Fundy a inclus des études concernant le Golfe dans son programme sur le Transport à distance des polluants atmosphériques.
- (c) Modifications physiques - c'est là un des secteurs les plus évidents de répercussions dans la Région. Les exemples mentionnés comprennent l'alluvionnement provenant de diverses activités, y compris l'agriculture et la foresterie. L'alluvionnement dans les cours d'eau de l'Ile-du-Prince-Edouard a été discuté de façon assez détaillée. Les obstructions au passage du poisson provenant de la création d'étangs ont aussi été mentionnées, le problème étant aussi marqué à l'Ile-du-Prince-Edouard.

Dans le cas des environnements marins et des estuaires, les menaces à l'habitat du poisson dans la Région comprennent l'exploitation minière des agrégats, le retrait de sable de la zone semi-hauturière, les panaches thermiques provenant de la production d'électricité, les rejets de chlore et la construction locale (par ex. les quais) qui peuvent tous entrer en conflit avec le principe du MPO d'aucune perte nette d'habitat. La vidange des ballasts dans le golfe par les navires internationaux qui entrent dans le Saint-Laurent a aussi été mentionnée comme menace possible à l'habitat.

Les discussions concernant les possibilités de recherche ont mené clairement à la conclusion que la Région du Golfe devrait se pencher sur quelques problèmes seulement et miser sur ses points forts actuels. Au sein de la Division de la mise en valeur et de l'habitat du poisson, ceci comprend la recherche sur les phycotoxines (Nitzschia, acide domoïque), les perturbations des environnements d'eau douce (ruisseau Catamaran) et l'établissement de bases de données et leur application aux questions environnementales (Systèmes d'information géographique). Les participants ont encore une fois mentionné la nécessité de la consultation régulière des clients et du travail en collaboration. Bon nombre de nos clients participent à ce genre de recherche et devraient être considérés comme des spécialistes. On a toutefois mentionné, ici et ailleurs, que certains clients ne souhaitaient pas participer, mais cherchaient plutôt à obtenir des conseils des spécialistes du MPO, ce qui exige un certain niveau de compétence en communications au MOP.

3.4 GROUPE 4

Président: M. Chadwick

Participants: W. Borland G. Hurley
 R. Eisner C. Spencer
 R. Hesselein

Question 1: Y a-t-il quelque chose à tirer des méthodes scientifiques utilisées dans d'autres parties du monde pour l'étude des problèmes environnementaux à grande échelle?

Oui, il y a certainement trois leçons évidentes à en tirer. D'abord, il est nécessaire de choisir au moins plusieurs stations de contrôle à long terme. La Suède et la France ont utilisé des stations de surveillance communes pour plusieurs projets. Des séries de données environnementales sur une longue période provenant de lacs sans perturbation ont aussi été cruciales pour le succès de la zone expérimentale des lacs. Les stations de contrôle doivent être pertinentes par rapport aux problèmes locaux importants; elles doivent aussi être intégrées à d'autres projets à court terme. La valeur d'une station de contrôle est accrue quand elle est reliée à un grand projet.

Deuxièmement, il est essentiel de comprendre les processus pour pouvoir prévoir des situations. En Suède, par exemple, il a été possible de sauver 20 000 tonnes de saumon d'une surproduction d'algues toxiques. Comme on savait que l'algue ne pouvait supporter un faible taux de salinité, les parcs ont été déplacés dans des eaux légèrement salées. Pour comprendre les processus, il est important de mettre l'accent de la recherche sur quelques lieux de contrôle seulement.

Troisièmement, une bonne communication est essentielle. Le projet doit être compris par le public. Généralement, les grands projets sont mieux compris que les petits, de sorte qu'il est parfois utile d'établir des liens de partenaires entre l'industrie et d'autres organismes pour un projet à long terme. Le projet ne survivra pas s'il est exécuté de façon isolée. Il est important de connaître les succès et les échecs dans d'autres pays, de sorte qu'il faut passer quelque temps à communiquer avec les membres de la scène internationale.

Question 2: La recherche à long terme est-elle nécessaire pour étudier les pertes ou les gains d'habitat dans les eaux canadiennes?

La recherche à long terme est essentielle car l'échelle de temps d'un projet est souvent limitée par le climat, les cycles de vie et les taux de renouvellement qui demandent du temps pour qu'on les comprennent. Elle est aussi nécessaire pour comprendre les préférences des espèces et les paramètres appropriés à mesurer. Les bases de données à long terme facilitent la compréhension d'un système. Par exemple, les possibilités de capture de langoustines dans la mer Baltique ont augmenté à court terme, mais la tendance à long terme était à la baisse à cause du manque d'oxygène. De plus, il y a eu

une augmentation à court terme de l'abondance du mullet perlé par suite de la réduction de la concurrence avec le mené à tête plate; mais à long terme, l'espèce a diminué à mesure qu'augmentait l'acidité de l'eau. Enfin, la recherche à long terme exige un engagement à long terme et une continuité des travaux. Les projets sporadiques sont généralement une perte d'argent.

Question 3: Qu'est-ce qui constitue une bonne recherche sur les problèmes environnementaux?

Voici les caractéristiques d'une bonne recherche sur les problèmes environnementaux :

- 1) Une recherche coordonnée avec d'autres organismes.
- 2) Une bonne communication avec le public, l'industrie et le milieu scientifique.
- 3) La question doit être claire de façon à pouvoir être évaluée.
- 4) La recherche doit porter sur un problème environnemental important.
- 5) Elle doit permettre de comprendre d'autres problèmes, par exemple la Région des lacs expérimentaux a d'abord été conçue pour étudier la question de la charge de carbone, mais elle a permis d'examiner la pollution par le phosphore et maintenant par les pluies acides.
- 6) Elle doit pouvoir permettre de donner une vue d'ensemble d'un problème environnemental tout en permettant le contrôle détaillé de ses effets.
- 7) Elle doit être scientifiquement valable.
- 8) Elle doit permettre de poursuivre des recherches sur les principales perturbations environnementales, par exemple, dans le cas d'une mine désaffectée.

Question 4: Que considérez-vous comme des menaces possibles à l'habitat du poisson dans la Région du Golfe?

- a) Eau douce
 - aménagement accru, expansion des villes et des collectivités
 - sédimentation
 - eaux usées et pollution par le chlore
- b) Estuaires
 - perte de rivage
 - érosion
 - contaminants
 - dragage
 - remplissage
 - aménagement continu
- c) Mer
 - dragage
 - rejet de déchets en mer

- Les pluies acides et les changements mondiaux de température auront des effets sur ces trois environnements.
- Les estuaires sont les plus vulnérables aux changements de l'habitat et exigent donc le plus grand effort de recherche.
- En général, dans le golfe Saint-Laurent, il y aura une augmentation des centrales électriques, du rejet de déchets en mer, du remplissage, de l'aquiculture et de la pêche sportive, ce qui accroîtra d'autant les pressions sur l'habitat aquatique. On ne croit pas qu'il y aura expansion de la coupe du bois ou de l'industrie des pâtes et papiers.

Question 5: Quelles sont les priorités de recherche dans la Région du Golfe?

Le groupe de travail est d'avis que la Région du Golfe devrait mettre l'accent sur :

- 1) Les études de suivi aux centrales électriques, sur les lieux de rejets de déchets en mer, les lieux de coupe rase, et
- 2) le contrôle de l'environnement marin côtier dans la baie Cardigan, le détroit du Northumberland, la baie Miramichi et Belledune (baie des Chaleurs).

Le groupe de travail a tenu à mentionner que les projets de recherche devaient ajouter aux relevés et aux programmes existants, par exemple aux relevés des bateaux de recherche. Ils doivent aussi devenir des engagements à long terme, car les principales recherches ne sont pas faciles à interrompre ou à réorienter. Il doit y avoir un comité directeur des projets, comprenant les représentants de l'industrie et de ceux qui subissent les effets des perturbations environnementales. Enfin, la recherche doit être menée en équipe pour assurer une continuité à long terme.

4. MOT DE LA FIN

par Iola Price

On a pu retenir des entretiens variés d'hier, je crois, deux messages : le premier, qu'il y a beaucoup à retirer de la recherche fondamentale à long terme sur les écosystèmes. Si on n'arrive pas à comprendre comment fonctionne un cours d'eau, un lac, une forêt ou un étang, il nous sera impossible de comprendre les répercussions de projets d'aménagement, de la pollution ou, dans l'avenir, des changements climatiques. Toutes les propositions des porte-parole d'hier étaient basées, dans une large mesure, sur un échantillonnage répété de l'environnement.

Le deuxième message est sous-jacent au premier : il faut tenir compte des effets à retardement sur les écosystèmes marins et d'eau douce. Mais ces effets diffèrent selon qu'il s'agit d'un système ou de l'autre et ne peuvent être observés que si l'on prolonge la période d'échantillonnage. La façon de poser la question détermine le genre de question aussi bien que la question elle-même.

Rutgar Rosenberg et Charles Scrivener nous ont tous deux démontré qu'il pouvait y avoir augmentation des prises et de la productivité. Dr Rosenberg a décrit les interactions très complexes en eau de mer, les effets de l'accroissement de l'hypoxie (manque d'oxygène dans les eaux de fond) et le lien probable entre l'eutrophisation accrue et la surproduction des algues toxiques.

Dr Madelain a décrit un programme exhaustif de surveillance d'un écosystème côtier. Nous avons vu à un niveau très détaillé, les variations Régionales de divers paramètres, de même que les changements dans le temps. Comme ailleurs, la France a connu des problèmes de surproduction d'algues toxiques, mais il semble n'y avoir aucun lien entre l'apport du cours d'eau et ces situations.

Charles Scrivener et Ray Hesselein ont décrit des perturbations dans l'ensemble d'un écosystème, qui avait été planifiées dès le départ. Ce genre de données fondamentales est évidemment, quant on peut les obtenir, la meilleure base à utiliser pour mesurer les changements environnementaux. Les espèces de poisson réagissent différemment aux changements et, dans ces deux études, nous avons pu constater que les répercussions se produisent à différents moments du cycle évolutif et ont même des effets à retardement.

L'utilisation par Bjorn Sundby du manganèse comme traceur nous a montré comment les sédiments de fond du Saint-Laurent sont bien vivants et dynamiques. Il n'y a pas là que de la boue. Le manganèse, dans ce cas, est un modèle utile pour connaître le débit des substances nutritives dans un écosystème. Ici encore, la façon de poser la question et le métal utilisé détermine la réponse. Celle-ci est tout à fait différente si l'on utilise comme traceur, par exemple, le cadmium.

L'étude à efficacité multiple des répercussions possibles, présentée par Don Gordon et Charles Scrivener, est un véritable modèle à suivre. Si les communications ne se font pas dans un sens, elles ne se feront pas dans l'autre non plus. Sur le plan scientifique, Don nous a montré que les répercussions possibles d'un grand programme de ce genre peuvent être à la fois positives et

négligentes et peuvent se produire même loin des lieux visés. Les modèles de l'écosystème de la baie de Fundy seront donc utilisés ici et ailleurs dans l'avenir pour prévoir les répercussions sur l'écosystème.

L'expérience de Geoff Hurley est celle d'un expert-conseil auprès des pêcheurs. Le lien fixe suscite des craintes bien justifiées dans l'esprit de ceux dont le mode de vie dépend de l'eau. Les études scientifiques sur l'habitat marin et les glaces, aussi rapides qu'elles aient été, montrent : que nous ne pouvons utiliser le moment de la disparition des glaces pour prédire la température de l'eau à la fin de l'été; que les répercussions des glaces ne seront peut être pas aussi graves qu'on l'avait d'abord cru; que peut-être la création de lits d'algues ailleurs réduirait les pertes certaines de frayères de hareng; que les pêcheurs constituent une importante source de connaissances; qu'ils ont une certaine influence sur les décisionnaires.

Le message qui ressort des résumés de l'atelier et des commentaires des représentants de nos invités est sans nulle doute l'importance de la communication. Nous devrions décider des priorités, définir ce que nous savons et ne savons pas et déterminer comment combler les lacunes. Il nous faudra prendre certaines décisions sur l'ampleur de la recherche : à court terme, à moyen terme ou à long terme (ou une combinaison de ceux-ci), puis orienter nos activités bien attentivement en fonction de ces objectifs.

Nous devons bien sur nous assurer que les efforts sont toujours orientés vers les objectifs visés, définis dans la Politique de l'habitat, puisque ce document constitue le cadre des activités du MPO concernant l'habitat.

Sur une carte comme celle qui est épinglée au mur, le golfe Saint-Laurent n'apparaît pas particulièrement grand, mais quand on se trouve sur la rive ou qu'on le survole c'est un écosystème énorme et, de toute évidence, complexe. Définir les lacunes au niveau des connaissances et concevoir les programmes de recherche visant à les combler ne sera pas facile.

Les groupes de travail ont proposé deux méthodes pour aborder la recherche scientifique sur l'habitat dans la Région du Golfe. L'une consiste à choisir de petits écosystèmes représentatifs, tels que la baie Miramichi ou la baie Cardigan et les étudier, puis d'extrapoler les résultats. Une recherche de ce genre pourrait être réalisée en grande partie par le MPO, l'équipe de recherche comprenant néanmoins des représentants d'autres organismes.

L'autre méthode consiste à recueillir des données de base sur un secteur où est prévu un projet d'aménagement quelconque. Selon cette méthode, le MPO travaillerait avec les proposeurs et tous les autres intervenants pour définir les objectifs de l'étude et chaque membre d'une équipe ou d'un consortium apporterait sa compétence à l'étude.

La Région du Golfe étudiera ces méthodes et d'autres façons possibles d'aborder la question avec les Régions du Québec et Scotia-Fundy, puisque celles-ci apporteront un certain soutien logistique aux travaux scientifiques réalisés ici relativement à l'habitat.

Voilà qui termine mon allocution. J'aimerais remercier la Région du Golfe de m'avoir invitée à participer à son premier atelier scientifique sur l'habitat au cours duquel j'ai beaucoup appris. Je tiens aussi à remercier les trois traducteurs de leur travail et de leur excellente traduction, en français et en anglais, de nos délibérations.

5. ORDRE DU JOUR DE L'ATELIER SUR LES SCIENCES DE L'HABITAT DU GOLFE
(1^{er} ET 2 NOVEMBRE 1989)

1. OBJECTIFS:

Établir l'orientation à long terme du programme de recherche sur l'habitat qui satisfera aux besoins des clients de la Région du Golfe.

Établir un mécanisme de consultation permettant de réviser les plans de travail et les résultats du programme de recherche sur l'habitat.

2. INTRODUCTION:

- 1) Principe d'aucune perte nette de l'habitat du poisson
- 2) Défi de la mesure des changements de l'habitat
- 3) Points forts de la recherche dans la Région du Golfe, incluant les maladies du poisson, les toxines marines, l'habitat physique, l'hydrologie, la biologie des populations
- 4) Limites de la recherche dans la Région du Golfe, incluant l'océanographie physique et chimique et les contaminants.

3. DONNÉES DE BASE:

3.1 Pouvons-nous tirer parti des méthodes scientifiques utilisées dans d'autres parties du monde pour le contrôle des problèmes environnementaux sur une grande échelle?

- a) Mer Baltique : contrôle environnemental de l'eutrophisation, pluies acides, surproductions d'algues incontrôlées.
- b) Côte française : prévention des effets de l'exploitation minière des agrégats, des métaux lourds, des nappes de pétrole et des eaux chauffées sur les collectivités aquatiques.

3.2 Faut-il entreprendre des recherches à long terme pour étudier les pertes de l'habitat dans les eaux canadiennes?

- a) Ruisseau Carnation : effets imprévisibles de la coupe du bois.
- b) Région des lacs expérimentaux : phosphore, carbone et pluies acides.

3.3 Comment définir une bonne recherche sur les problèmes environnementaux?

- a) Problèmes de l'échantillonnage d'un objectif mobile : le cas des sédiments marins dans le golfe Saint-Laurent.

- b) Projet d'énergie marémotrice de la baie de Fundy : petites causes à grands effets.
- c) Lien avec l'I.-P.-E. : leçons tirées des premières évaluations des répercussions environnementales.

4. GROUPES DE TRAVAIL:

- 1) Pouvons-nous tirer parti des méthodes scientifiques utilisées dans d'autres parties du monde pour le contrôle des problèmes environnementaux sur une grande échelle?
- 2) La recherche à long terme est-elle nécessaire pour étudier les pertes ou les gains d'habitat dans les eaux canadiennes?
- 3) Comment définir une bonne recherche sur les problèmes environnementaux? Quelle est la meilleure méthode pour étudier les problèmes environnementaux?
 - Cas antérieurs
 - contrôle
- 4) Quelles sont d'après vous les menaces possibles de l'habitat du poisson dans la Région du Golfe:
 - a) Eau douce :
 - b) Estuaire (environnements marins semi-hautiriens) :
 - c) Mer :
- 5) Quelles sont les priorités de la recherche dans la Région du Golfe?

6. PARTICIPANTS

R. Alexander	MPO, MONCTON, (N.-B.)
M.B. Benedict	N.S. Power Corporation, HALIFAX, (N.É.)
W.J. Borland	Irving, Div. Woodland, SAINT JEAN, (N.-B.)
L. Bourgeois	Verger Belliveau, BELLIVEAU VILLAGE, (N.-B.)
E.M.P. Chadwick	MPO, MONCTON, (N.-B.)
R. Comeau	Union des pêcheurs des Maritimes, SHEILA, (N.-B.)
G. Conan	MPO, MONCTON, (N.-B.)
R.A. Cunjak	MPO, MONCTON, (N.-B.)
M. Daigle	Assoc. des mytiliculteurs du N.-B., LAMEQUE, (N.-B.)
R.A. Eisner	MPO, MONCTON, (N.-B.)
E. Ferguson	MPO, TRACADIE, (N.-B.)
A. Forsyth	Association des éleveurs de truites de l'Î.-P.-É., CHARLOTTETOWN, (Î.-P.É.)
D. Gordon	MPO, HALIFAX, (N.-É.)
R. Groves	Min. de l'Environnement et des Terres de T.-N., ST. JOHN'S, (T.-N.)
J. Haché	Bureau de la ville de Lamèque, LAMEQUE, (N.-B.)
R. Hesselein	MPO, WINNIPEG, (MANITOBA)
G. Hurley	Hurley Fisheries Consulting, DARIMOUTH, (N.-É.)
L. LeDrew	Hydro Terre-Neuve et Labrador, Min. de l'Environnement, ST. JOHN'S, (T.-N.)
J.S. Loch	MPO, MONCTON, (N.-B.)
F. Madelain	Inst. Français de Recherche et D'Exploration de la Mer, PARIS, FRANCE
P. McLaughlin	Min. de l'Environnement du N.-B., FREDERICTON, (N.-B.)
K. Montgomery	Maritime Electric Company Ltd., CHARLOTTETOWN, (Î.-P.É.)
T. Pollock	C & P, Environment Canada, MONCTON, (N.-B.)
G. Price	Two By Four Lumber Sales Ltd., MONCTON, (N.-B.)
I. Price	MPO, OTTAWA
R. Rosenberg	Station de biologie marine de Kristineberg, SUÈDE
C. Scrivener	MPO, NANAIMO, (C.-B.)
C. Spencer	Environnement Canada, DARIMOUTH, (N.É.)
B. Sundby	MPO, MONT JOLI, (QUÉBEC)
F. Wheaton	Fédération de la faune du N.-B., MONCTON, (N.-B.)
J. Worms	MPO, MONCTON, (N.-B.)