



## ÉVALUATION DE LA PISCICULTURE EN CAGES DANS LE MILIEU MARIN



Figure 1 : Carte des six régions administratives du ministère des Pêches et des Océans (MPO).

### Contexte

*La pisciculture en cages suppose le maintien d'un grand nombre de poissons dans un espace restreint. Les cages sont des endroits où sont introduits la moulée et d'autres éléments nutritifs de même que des déchets métaboliques et où l'oxygène est retiré de la colonne d'eau, directement par la respiration des poissons et indirectement en raison de la décomposition de la moulée et des déchets métaboliques par les micro-organismes marins. Ces changements peuvent se produire tout près des cages (à proximité) et à quelque distance de celles-ci (à distance). Les effets possibles de ces processus sur les écosystèmes marins côtiers soulèvent certaines préoccupations.*

*L'emplacement des cages de pisciculture et leur capacité maximale sont actuellement réglementés notamment pour protéger la santé des écosystèmes marins. Toutefois, les cadres réglementaires sont plutôt conçus en fonction de sites spécifiques, ayant été élaborés à l'échelle locale ou régionale, et n'ont pas été uniformisés dans tout le pays. De plus, le fondement scientifique des régimes de réglementation a rarement été lié explicitement aux dispositions des régimes de gestion.*

*Une réunion a été organisée à Sidney (C.-B.), en février 2005, en vue d'examiner un certain nombre de documents de travail scientifiques; elle a permis de rassembler l'information publiée et les résultats de recherches nouvelles au sujet des effets de la pisciculture en cages sur les composantes des écosystèmes marins. L'information contenue dans les documents de travail était complétée par les connaissances des participants issus du milieu des sciences, de celui de la gestion, de l'industrie de l'aquaculture et de groupes d'intérêt public. Les participants ont cerné un grand nombre de lacunes dans les connaissances, qui nécessiteraient d'autres recherches. Ces lacunes ont été mentionnées dans le procès-verbal de la réunion (2005-2006). Toutefois, à partir des connaissances actuelles, un certain nombre de conclusions ont quand même pu être tirées à propos de la preuve des effets de la pisciculture en cages sur l'environnement et des pratiques de gestion de l'aquaculture permettant d'assurer le développement d'une industrie durable dans un écosystème marin sain.*

## SOMMAIRE

- Le fondement scientifique de la gestion des effets de l'aquaculture sur les écosystèmes est actuellement incomplet. Cependant, les outils et les démarches utilisés par la Gestion de l'habitat du MPO pour la gestion par site sont conformes à l'information scientifique existante.
- Bien que des seuils opérationnels uniformes établis pour l'ensemble de l'industrie soient inappropriés à cause des trop grandes variations du niveau de fond des indicateurs des effets sur plusieurs échelles spatiales et temporelles, il est tout de même possible de définir des *approches* réglementaires uniformes avec des seuils quantitatifs régionaux ou locaux.
- Les méthodes et outils de gestion actuellement utilisés sont principalement conçus pour des applications réglementaires propres à un endroit et dans un champ proche. Il peut y avoir des effets cumulatifs et à distance; leur quantification et leur gestion exigeront des méthodes nouvelles ou modifiées.
- Les méthodes de surveillance du milieu benthique visant à évaluer les effets environnementaux de la pisciculture marine comprennent notamment : l'analyse traditionnelle de la communauté macrofaunique, les concentrations de sulfures libres totaux et de zinc-cuivre (Zn-Cu) dans les sédiments de surface, la photographie et la vidéographie sous-marine et l'oxygène dissous. Toutes les méthodes proposées de surveillance du milieu benthique ont leurs forces et leurs faiblesses. Toutes sont utiles pour la surveillance à proximité, mais elles pourraient être moins appropriées pour la surveillance à distance.
- Le modèle de suivi des déchets de l'aquaculture, DEPOMOD, a été appliqué à de nombreux sites de pisciculture du monde. Les essais réalisés en Colombie-Britannique (C.-B.) étaient généralement encourageants et plusieurs possibilités pratiques de développement du modèle ont été identifiées. Il est particulièrement important de réduire les incertitudes relatives aux paramètres du modèle par d'autres recherches. DEPOMOD ne devrait pas être utilisé isolément et les prévisions obtenues à l'aide du modèle ne remplacent pas les observations réelles et les données tirées de la surveillance.
- L'oxygène dissous n'est pas encore un outil réglementaire facilement applicable au cas par cas et les opinions étaient mitigées quant à sa valeur comme candidat pour la surveillance de la qualité de l'environnement dans la zone côtière. Toutefois, il est l'une des rares options offertes pour la surveillance sur les fonds durs. Il a aussi son utilité pour prédire et évaluer les effets à distance dans les milieux où le niveau d'oxygène peut susciter certaines préoccupations.
- Dans certaines circonstances, la pisciculture peut modifier l'état trophique des baies à distance. Les éléments nutritifs peuvent être plus ou moins limités dans différentes régions côtières, de sorte que la réaction de l'environnement à l'enrichissement en substances nutritives par les exploitations piscicoles ne sera pas la même partout. La différence de densité des exploitations et leur répartition de même que celle d'autres sources auront aussi une incidence sur la probabilité des effets d'eutrophisation à distance de toutes sources.
- Le calcul du bilan massique peut servir à estimer le fractionnement des déchets d'aquaculture et à comparer l'apport d'éléments nutritifs provenant de l'élevage des poissons avec celui d'autres voies d'entrée. La fiabilité de ces estimations dépendra de la

qualité des paramètres du modèle et de l'exactitude de la description des activités aquacoles et des processus écosystémiques.

- La sensibilité d'un habitat marin donné peut être mesurée de la façon suivante :
  - l'énumération des facteurs physiques, chimiques et biologiques qui peuvent avoir un effet sur l'habitat;
  - la quantification de ces effets en fonction des résultats (p. ex. perte d'une partie de l'habitat, réduction de l'intégrité fonctionnelle de l'habitat). Parmi les habitats examinés, la zostère est plus sensible aux effets de l'aquaculture que la laminaire.

## DESCRIPTION DE L'ENJEU

L'emplacement des cages de pisciculture et leur capacité maximale sont actuellement réglementés notamment pour protéger la santé des écosystèmes marins. Toutefois, les cadres réglementaires ont été élaborés à l'échelle locale ou régionale, et n'ont pas été uniformisés dans tout le pays. De plus, le fondement scientifique des régimes de réglementation a rarement été lié explicitement aux dispositions des régimes de gestion. Le présent rapport scientifique utilise l'information tirée d'un certain nombre de documents de travail (voir la liste des documents de recherche du SCCS dans la section Sources d'information) et d'entretiens entre experts afin de consolider partiellement l'information scientifique mentionnée ci-dessus, et établit un lien avec les méthodes de gestion existantes.

## ÉVALUATION DE L'ENJEU, CONCLUSIONS ET AVIS

Un certain nombre de thèmes communs ont été notés dans la discussion des différents documents de travail. Ils ont été réunis dans un ensemble de conclusions générales.

### Méthodes de surveillance du milieu benthique

#### Évaluation

La pisciculture en cages risque d'avoir des répercussions sur les communautés benthiques et la composition des sédiments autour des installations d'élevage, qui se manifesteront de plusieurs façons. On sait que ces effets varient selon de nombreux autres facteurs liés à l'écosystème particulier et aux pratiques de culture. Un débat important existe présentement au sujet des facteurs à surveiller dans le milieu benthique marin entourant les installations piscicoles et de la manière d'utiliser l'information fournie par la surveillance du milieu benthique pour réglementer les installations. À partir d'un examen de la documentation, de la présentation des résultats de recherches nouvelles et de discussions, on a pu tirer les conclusions qui suivent à propos des méthodes de surveillance des propriétés biologiques et chimiques du benthos et des sédiments de surface dans la zone entourant les cages d'aquaculture.

#### Conclusions et avis

1. Les méthodes qui suivent, présentées dans le document de travail, sont appropriées pour évaluer les effets sur l'environnement de l'élevage du poisson en mer : une analyse conventionnelle de la communauté macrofaunique, une analyse des sulfures libres

totaux et de la concentration de zinc-cuivre (Zn/Cu) dans les sédiments de surface, la photographie et la vidéographie sous-marines et l'analyse de l'oxygène dissous. Les possibilités d'application et de mise en pratique de chaque méthode dépend du milieu surveillé, des forces et des faiblesses de la méthode, ainsi que de la gravité des effets évalués.

2. Le choix des méthodes de surveillance utilisées à un endroit donné est déterminé par la nature du substrat existant et l'hétérogénéité spatiale (voir la fig. 2).
3. Les forces et les faiblesses de chaque méthode de surveillance du milieu benthique sont résumées au tableau 1. Il existe des seuils pour l'analyse conventionnelle de la communauté macrofaunique, celle des sulfures libres totaux et de l'oxygène dissous (décrits dans le document de travail et les tableaux 1 et 2). Les seuils relatifs à la macrofaune et aux sulfures totaux, applicables uniquement dans les sédiments fins, sont liés au gradient d'enrichissement organique de Pearson et Rosenberg (1978) et, par conséquent, pourraient se révéler plus utiles aux fins de la gestion de l'habitat que d'autres méthodes disponibles.
4. On recommande une démarche par étape afin de déterminer les sites pour lesquels il convient d'obtenir des renseignements plus détaillés. On peut recourir à des méthodes plus précises si les méthodes initiales rentables et relativement rapides indiquent la possibilité de dépassement des seuils. L'arbre décisionnel, à la figure 2, peut être utilisé comme guide dans le choix d'autres méthodes.
5. Par rapport aux méthodes géochimiques d'analyse des sédiments, l'analyse de la communauté macrofaunique est relativement coûteuse et fastidieuse. Toutefois, elle fournit des données intégrées dans le temps et dans l'espace à propos des réactions biologiques du milieu benthique. Aucune donnée comparative n'est disponible pour les autres méthodes mentionnées au tableau 1.
6. Une analyse taxinomique (spécifique à l'espèce) complète n'est pas toujours nécessaire pour la comparaison des sites (exploitation / témoin), parce qu'il est souvent possible d'effectuer l'analyse de communauté macrofaunique à l'aide d'une identification des taxons supérieurs (genre, famille, classe) seulement. Cette méthode abrégée n'est cependant pas applicable lorsque le seuil du gradient d'enrichissement n'a pas encore été établi.
7. La vidéographie et la photographie sont utiles pour tous les genres de substrats (mous, mixtes, durs), mais ne permettent parfois qu'une évaluation qualitative (semi-quantitative) des changements survenant dans l'épifaune et la couche de bactéries du soufre (c.-à-d. une évaluation visuelle).
8. Les mesures du Zn-Cu, même si elles sont normalisées selon l'effet granulométrique et la minéralogie (à l'aide de corrélations avec le lithium (Li)), ne peuvent être directement liées à la toxicité des sédiments, parce que les mesures ne tiennent pas compte de la biodisponibilité des métaux.
9. Le Zn, avec ou sans normalisation à l'aide du Li, peut être un traceur utile de l'étendue spatiale des effets (bien que cette méthode ne permette pas de déterminer l'importance écologique de l'effet). L'interprétation de la répartition dépend de la quantité et de la nature du Zn ajouté à la nourriture par le fabricant et aux conditions redox des sédiments.

10. Il est reconnu que la stratégie d'échantillonnage est un élément crucial de toutes les méthodes benthiques, mais cet aspect ne faisait pas partie de l'examen des méthodes présenté dans le document de travail. Malgré cela, il y a eu consensus à savoir que l'application de toute méthode de surveillance du milieu benthique devait tenir compte des effets saisonniers.
11. Les sites témoins devraient être échantillonnés – comme échantillon initial dans une analyse chronologique et à la fin du gradient d'enrichissement organique dans une étude spatiale. Les sites témoins doivent être choisis avec soin au cours de la période précédant l'étude.
12. Toutes les méthodes benthiques proposées sont plus utiles pour la surveillance à proximité des installations, et peuvent ne pas être aussi utiles à distance en raison de la résolution spatiale différente. Ces méthodes compteront probablement parmi les outils utilisés pour l'évaluation à distance, mais le niveau de résolution sera différent. L'oxygène dissous (et les particules en suspension) peuvent être mesurées sur des substrats durs lorsqu'il n'est pas possible de recueillir de sédiments de fond.
13. Les méthodes jugées importantes pour les recherches futures comprennent les méthodes acoustiques, la photographie ou la vidéographie sous-marine et l'imagerie sédimentaire, les méthodes géochimiques, l'usage d'outils bioindicateurs (comme la distinction taxinomique) et les méthodes de surveillance de la macrofaune d'interstice.

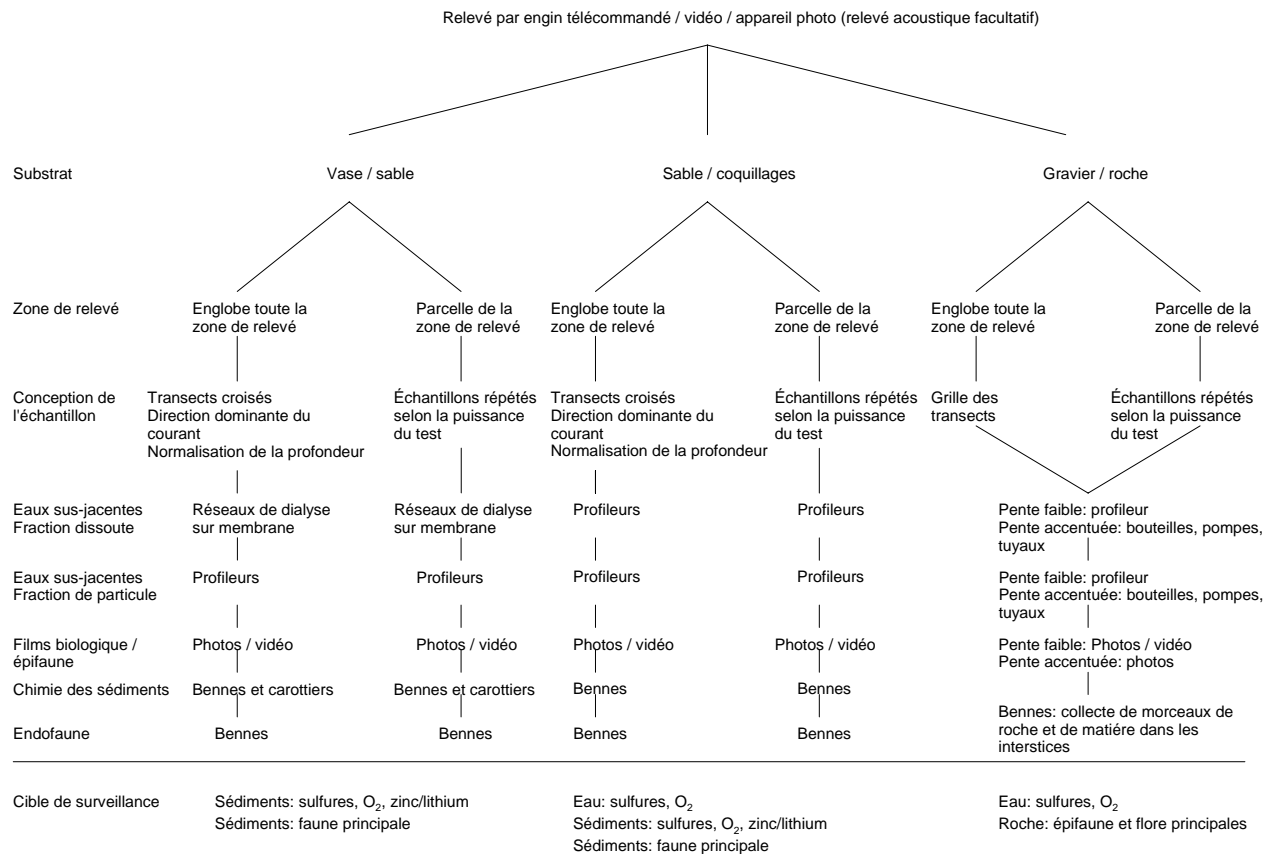


Figure 2 : Arbre décisionnel aidant à guider le choix des méthodes d'échantillonnage benthique recommandées (Sutherland, 2004).

Tableau 1 : Forces / faiblesses des méthodes de surveillance de l'enrichissement organique, fondées sur l'échantillonnage des sédiments et regroupées selon les objectifs applicables (les numéros renvoient au tableau 1A).

Fort = \*\*\*, Faible = \*, 0 = sans objet, ? = inconnu

CRITÈRE OPÉRATIONNEL	MÉTHODE DE SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT									
	Analyse conventionnelle de macrofaune		Sulfures totaux <sup>2-</sup>		Zinc-cuivre		Photo/vidéo sous-marine		Oxygène dissous	
Objectifs	1-3	4	1-3	4	1-3	4	1-3	4	1-3	4
Substrat mou	***	*	***	*	**	*	**	*	***	*
Substrat mixte	0	0	0	0	0	0	**	*	***	*
Substrat dur	0	0	0	0	0	0	**	*	***	*
Scientifiquement défendable	***	*	***	*	**	*	**	*	***	*
Testabilité statistique	***	*	***	*	**	*	**	*	***	*
Disponibilité des seuils	***	*	***	0	?	?	?	?	**	*
Rentabilité	*	0	***	0	?	?	?	?	?	?

Tableau 1A : Objectifs de surveillance utilisés pour détecter et mesurer les effets de l'enrichissement organique résultant de la pisciculture.

OBJECTIF	EFFET MESURÉ	HYPOTHÈSE
1. Pratique	Détermine un certain degré de changement	Aucune, il déclenche la remise en état ou autre activité de gestion si le seuil précis (point de repère) d'une variable est dépassé
2. Comparaison de sites	Différence entre les sites traité / témoin	Site témoin $H_0$ = Site traité Site témoin $H_1 \neq$ Site traité
3. Temporel	Avant / après	Site témoin $H_0$ = Site traité à $t_0$ Site témoin $H_1 \neq$ Site traité à $t_1$
4. Géographique	Limites des effets	État du site témoin $H_0$ dans toute l'aire d'étude Site témoin $H_1$ et aire touchée délimitées dans la zone d'étude

Tableau 2 : Le gradient d'enrichissement organique (selon divers auteurs). Le taux de sédimentation du carbone organique augmente de gauche à droite. Adapté de MPO, 2004.

MESURE	STADES DE SUCCESSION				RÉFÉRENCE
	III	II	I	0	
Microbienne	Normal	Oxique	Hypoxique	Anoxique	Poole et coll. (1978)
Macrofaunique	Normal	Transition	Pollué	Gravement pollué	Pearson et Rosenberg (1978)
Geochimique $S^{2-}$ , $\mu M$	Normal <300	Oxique 300-1300	Hypoxique 1300-6000	Anoxique >6000	Wildish et coll. (2001)

## DEPOMOD

### Évaluation

DEPOMOD est un modèle informatique mis au point en Écosse, mais utilisé maintenant dans de nombreux secteurs de compétence, notamment dans certaines parties du Canada, pour prédire les tendances de sédimentation des déchets d'aquaculture autour des sites piscicoles. Le modèle fournit certains renseignements sur les effets écologiques potentiels de changements survenus dans la composition de la communauté benthique. Un aperçu du modèle et des résultats d'essais d'application en C.-B. a été présenté à la réunion. L'information figurant dans le document de travail, la présentation et les discussions entre experts ont mené aux conclusions suivantes.

### Conclusions et avis

1. Le modèle de suivi des déchets d'aquaculture DEPOMOD a été appliqué à de nombreux centres piscicoles à travers le monde. Il s'est révélé un excellent indicateur prévisionnel général du flux de carbone et de certaines mesures de la géochimie des sédiments ainsi que de la réaction de la communauté benthique.
2. Le modèle a été mis à l'essai avec une exploitation raisonnablement énergétique de la C.-B. Les prévisions du flux de carbone correspondaient très bien aux observations sur le terrain des caractéristiques chimiques des sédiments et de la structure de la communauté benthique, ce qui semble en faire un outil prometteur.
3. Les valeurs absolues définissant le flux de carbone n'ont pu être établies à ce stade à cause de l'incertitude entourant certains paramètres du modèle et de l'inapplicabilité des technologies pour mesurer le flux de carbone. Il n'y a pas eu de consensus quant aux valeurs à utiliser pour ces paramètres, généralement en raison de lacunes dans l'information et du manque de données défendables.
4. Les paramètres incertains du modèle étaient entre autres :
  - la concentration en carbone des particules de nourriture (valeurs mesurées 44, 55 et 65 %);
  - la concentration en carbone des matières fécales (valeurs mesurées 30, 40 et 50 %);
  - la proportion de perte de nourriture (valeurs mesurées 0, 5, 10 %; selon les discussions, les valeurs pourraient se situer entre 2 et 15 %).

Les recherches se poursuivent en vue d'éliminer ces incertitudes.

5. Il était entendu que le module de remise en suspension ne devrait pas être appliqué avant que nous comprenions mieux les conditions dans lesquelles il serait approprié pour évaluer les effets sur le milieu benthique dans les conditions du site de C.-B. examiné. Pour acquérir cette compréhension, il faudra faire des recherches sur les seuils critiques de remise en suspension des déchets d'aquaculture ainsi que sur l'importance relative des processus de remise en suspension selon la nature et l'échelle des effets du flux de carbone prévu sur la géochimie et la composition de la communauté.
6. Le modèle est actuellement utilisé comme outil décisionnel en C.-B. Il ne devrait pas être employé isolément et les prévisions qu'on en tire ne devraient pas remplacer les observations réelles et les données de surveillance. Les résultats du modèle peuvent

néanmoins être utilisés pour la conception de l'échantillon sur le terrain et pour les décisions quant à la configuration des exploitations piscicoles. DEPOMOD est un outil de planification utile.

7. Pour améliorer le niveau de confiance accordé à l'application du modèle, il est essentiel de valider les résultats du modèle concernant les dépôts à l'aide des taux du flux mesurés sur le terrain. De plus, le modèle doit être évalué à d'autres endroits qui sont de bons exemples des différentes conditions de milieu que l'on trouve au Canada.

## Oxygène dissous

### Évaluation

L'oxygène dissous (OD) dans la colonne d'eau est utilisé directement par le poisson d'élevage pour respirer et indirectement au cours de la décomposition des déchets qui peuvent s'accumuler autour des installations. Il y a eu un débat substantiel à propos des conditions dans lesquelles la demande accrue d'OD pourrait avoir des conséquences dans l'écosystème marin, et si ces conditions se produisent effectivement là où se trouvent les installations. À partir d'un examen de la documentation, de la présentation des résultats de recherches nouvelles et de discussions, on a pu tirer les conclusions qui suivent à propos du potentiel de l'OD d'être un indicateur utile pour l'évaluation des effets de la pisciculture en cages (à proximité et à distance) autour des installations.

### Conclusions et avis

1. L'oxygène dissous n'est pas encore un outil réglementaire facilement appliqué au cas par cas, mais il représente un candidat prometteur pour la surveillance de la qualité de l'environnement dans la zone côtière.
2. Les effets de l'aquaculture sur l'OD ne sont pas aussi facilement quantifiables que ceux d'autres activités comportant des sources ponctuelles.
3. La quantification des niveaux de fond ou naturels d'OD et la surveillance des emplacements exigera une étude de conditions d'OD localisées à différentes échelles spatiales et temporelles appropriées à la zone côtière donnée. Les fiords et les systèmes de remontée des eaux, comme ceux qu'on trouve en C.-B. et à T.-N.-L., ont des concentrations d'OD très variables.
4. Étant donné l'effort et les ressources considérables nécessaires pour surveiller les concentrations d'OD et déterminer les niveaux de fond, il faudrait utiliser des méthodes et des technologies rentables. Les lieux de contrôle devraient être représentatifs de la zone ou situés dans des endroits où les conditions d'OD sont connues ou réputées être faibles.
5. L'expérience à ce jour montre que certaines juridictions n'ont pas réussi à appliquer l'OD comme outil réglementaire dans la zone de mélange (à proximité). Les opinions sont partagées quant à savoir si cette application est prometteuse. Cependant, c'est l'une des rares options disponibles pour la surveillance sur fond dur. C'est aussi un outil utile pour prédire et évaluer les effets à distance dans des environnements où les niveaux d'oxygène peuvent susciter des préoccupations (p. ex. fiords, systèmes de remontée des eaux).



6. Tandis que l'OD a déjà été utilisé pour la planification et la gestion de modèles réglementaires, des travaux seront nécessaires pour mettre au point et évaluer les modèles de bilan massique.

## **Eutrophisation**

### Évaluation

L'eutrophisation est définie comme une augmentation du flux énergétique et du cycle des éléments nutritifs dans un écosystème. La nature de l'eutrophisation et ses causes aussi bien que ses conséquences à des endroits précis ont été débattues relativement à la réglementation de nombreuses industries marines qui ont des répercussions sur les écosystèmes des côtes et des estuaires. Récemment, le débat s'est étendu à la possibilité d'une contribution de la pisciculture intensive en cages à l'eutrophisation, dans certaines conditions, dans des zones allant de quelques mètres jusqu'à quelques kilomètres des concentrations d'installations d'élevage. À partir d'un examen de la documentation, de la présentation des résultats de recherches nouvelles et de discussions, on a pu tirer les conclusions qui suivent à propos de l'eutrophisation comme conséquence possible de la pisciculture en cages.

### Conclusions et avis

1. Le mot « eutrophisation » peut décrire un processus (changement de l'apport d'éléments nutritifs ou de matières organiques) ou un état (niveau d'éléments nutritifs ou de matières organiques dans un écosystème). L'état trophique est fonction de l'apport cumulatif de substances nutritives et de matières organiques de toutes sources et de la transformation de ces matières par l'écosystème.
2. Le calcul des bilans élémentaire et massique peut être utilisé pour estimer l'ampleur relative des multiples processus qui ajoutent ou enlèvent des éléments nutritifs ou des matières organiques dans les écosystèmes côtiers. Si l'on veut estimer l'ampleur absolue de ces processus, il faut quantifier toutes les sources et puits avec précision.
3. L'estimation du cycle ou des concentrations de substances nutritives et de matières organiques dissoutes fournit des indicateurs à grande échelle de l'état trophique des écosystèmes côtiers marins.
4. Dans certaines circonstances, la pisciculture peut modifier l'état trophique des baies à distance. Selon les régions côtières, les éléments nutritifs sont plus ou moins limités et les réactions du milieu à l'enrichissement en nutriments ne seront donc pas les mêmes partout. La variation de la densité des exploitations et de leur répartition ainsi que d'autres sources aura aussi une incidence sur la probabilité des effets eutrophisants à distance de toutes les sources.
5. Le calcul du bilan massique peut servir à estimer le fractionnement des déchets d'aquaculture et à comparer le traitement des substances nutritives par les poissons avec celui d'autres voies de pénétration dans l'environnement. La fiabilité de ces estimations dépendra de la qualité des paramètres du modèle et de la précision des descriptions des activités aquacoles, des autres sources d'éléments nutritifs et des processus de l'écosystème.

6. Ces calculs de l'ampleur des processus fournissent de l'information sur le potentiel d'enrichissement en éléments nutritifs et en matières organiques à l'échelle d'une baie, information qui peut être utilisée pour prendre des décisions à propos des effets possibles à distance; ils devraient donc être mis à l'essai comme outil de première évaluation des effets des grandes exploitations aquacoles et des effets cumulatifs d'exploitations multiples.
7. À cause des multiples sources naturelles et anthropiques, il sera difficile d'établir des liens directs entre la quantité de substances nutritives et de matières organiques dissoute, et les intrants localisés de l'aquaculture.
8. Les variations saisonnières peuvent être représentées à l'aide de ces calculs, de sorte qu'il est alors possible de cibler la période de l'année où les conséquences biologiques sont les plus grandes.
9. Les sites où les fines particules s'accumulent peuvent être des zones où les effets écologiques de l'enrichissement en substances nutritives et en matières organiques de toutes sources peuvent être observés. Les zones intertidales (et leurs communautés algales) et les puits d'eau profonde peuvent constituer de tels sites.
10. Les travaux futurs devraient comparer et harmoniser les données empiriques avec les estimations du bilan massique.

## **Sensibilité de l'habitat – zostère et laminaire**

### Évaluation

La végétation côtière intertidale et subtidale joue un rôle important dans les écosystèmes marins, servant d'habitat et parfois de nourriture à de nombreuses espèces de poissons et d'invertébrés, surtout aux premiers stades biologiques et, dans certains cas, aux oiseaux de mer. Ainsi, les répercussions de la pisciculture en cages sur ces plantes marines pourraient avoir des effets secondaires étendus sur les écosystèmes marins. Des travaux antérieurs avaient fait état de l'intérêt particulier que suscitent la zostère et la laminaire dans ce contexte. À partir d'un examen de la documentation, de la présentation des résultats de recherches nouvelles et de discussions, on a pu tirer les conclusions qui suivent à propos de la sensibilité de ces deux espèces de macroalgues aux effets de la pisciculture marine. Les discussions ont aussi porté sur certains aspects de la sensibilité aux activités d'aquaculture d'autres espèces servant d'habitat.

### Conclusions et avis

1. Il est possible de définir l'expression « sensibilité d'un habitat marin » et de l'appliquer à des fins de gestion. On peut définir la sensibilité de l'habitat selon l'ampleur et la durée des dommages causés par un facteur extérieur précis. La sensibilité peut désigner la fragilité structurale de tout l'habitat par rapport à un impact physique, ou l'intolérance de certaines espèces qui composent l'habitat à l'égard de facteurs environnementaux tels que l'exposition, les fluctuations de la salinité ou les variations de température (CIEM, 2002).
2. La sensibilité d'un habitat marin particulier peut être mesurée à l'aide des éléments suivants :

- les facteurs physiques, chimiques et biologiques qui peuvent avoir un effet sur l'habitat;
  - la quantification de ces effets en fonction des résultats (p. ex. perte d'une partie de l'habitat, réduction de l'intégrité fonctionnelle de l'habitat).
3. Il est important de décrire toutes les interactions possibles entre les facteurs susceptibles d'avoir des effets sur l'habitat.
  4. Les facteurs doivent être évalués à l'échelle spatiale et temporelle appropriée. Certains facteurs nécessiteront une évaluation à l'échelle de la baie ou de la masse d'eau, tandis que d'autres pourront être étudiés à une bien plus petite échelle (p. ex. au niveau de l'empreinte). Il peut être utile de décrire les effets sur une échelle de distance. Toutefois, certaines influences locales peuvent modifier les unités utilisées pour l'échelle (p. ex. des dizaines de mètres plutôt que des centaines de mètres pour le même genre de changement environnemental).
  5. Il faut des programmes de surveillance pour saisir les deux échelles, spatiale et temporelle, de même que les influences localisées sur la sensibilité de l'habitat. De plus, cette surveillance est particulièrement importante lorsque le cadre réglementaire est orienté vers la protection d'un habitat particulier.
  6. La zostère est un habitat plus sensible que la laminaire.
  7. Les habitats de zostères et de laminaires sont sensibles aux changements suivants (tableaux 3 et 4) :
    - augmentation du sulfure dans les eaux interstitielles (zostère seulement);
    - charge d'éléments nutritifs (surtout la zostère; les limites pour la laminaire sont inconnues);
    - formation de tapis de macroalgues, communément *Ulva* / *Enteromorpha* (surtout des zostères; les limites pour la laminaire sont inconnues);
    - faible teneur en oxygène dans la colonne d'eau (surtout pour la zostère; les limites pour la laminaire sont inconnues);
    - réduction de la lumière ambiante et de l'ombrage;
    - sédimentation.

Ces changements peuvent être associés à la pisciculture (entre autres activités).

8. Les lignes directrices relatives au choix des emplacements pour la pisciculture varient largement d'un bout à l'autre du pays, en ce qui a trait aux habitats de zostères et de laminaires. Les connaissances actuelles concernant les effets de l'aquaculture sur ces habitats sont insuffisantes pour démontrer sur un plan écologique si ces lignes directrices sont appropriées (c.-à-d. que les connaissances actuelles ne peuvent montrer si les lignes directrices assurent une protection appropriée).
9. L'approche utilisée dans le document de travail est utile et peut être appliquée à la détermination de la sensibilité d'autres genres d'habitats marins aux effets de l'aquaculture.

Tableau 3 : Facteurs portant atteinte à la zostère, y compris les niveaux seuils.

	ÉLÉMENT	SEUIL AUQUEL LES HERBIERS DE ZOSTÈRE PEUVENT ÊTRE ENDOMMAGÉS	RÉFÉRENCE
<b>Facteurs chimiques</b>			
charge en éléments nutritifs	nitrate - colonne d'eau	5 à 10 $\mu\text{M NO}_3^- \text{N d}^{-1}$ ( <i>Zostera marina</i> )	Burkholder et coll., 1994
	nitrate – eau interstitielle	20 mM (inhibition de la croissance chez <i>Z. marina</i> )	Peralta et coll., 2003
	sulfure– eau interstitielle <sup>1</sup>	> 70 $\mu\text{M H}_2\text{S}$ (réduction de la croissance chez <i>Z. marina</i> )	Terrados et coll., 1999
	sulfure– eau interstitielle <sup>1</sup>	> 800 $\mu\text{M H}_2\text{S}$ (réduction de la photosynthèse chez <i>Z. marina</i> )	Goodman et coll., 1995
	charge en éléments nutritifs <sup>1</sup>	30 kg N ha <sup>-1</sup> an <sup>-1</sup> (perte de superficie de 80 à 96 % des herbiers de <i>Z. marina</i> )	Hauxwell et coll., 2003
	charge en éléments nutritifs <sup>1</sup>	$\geq 60 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ (disparition des herbiers de <i>Z. marina</i> )	Short et Burdick, 1996; van Katwijk et coll., 1999; Hauxwell et coll., 2003
	voûte de macroalgues <sup>1</sup>	9 – 12 cm (déclin de <i>Z. marina</i> )	Hauxwell et coll., 2001
	tapis d' <i>Enteromorpha</i> <sup>1</sup>	poIDS humide $\sim 4,5 \text{ kg m}^{-2}$ (réduction de la biomasse par 50 % chez <i>Z. capricorni</i> )	Cummins et coll., 2004
faible teneur en oxygène	colonne d'eau [O <sub>2</sub> ] <sup>1</sup>	< 63 $\mu\text{M}$ (réduction de la croissance chez <i>Z. marina</i> )	Holmer et Bondgaard, 2001
	colonne d'eau [O <sub>2</sub> ] plus [H <sub>2</sub> S] <sup>1</sup>	< 63 $\mu\text{M O}_2$ plus $\geq 100 \mu\text{M H}_2\text{S}$ (cessation de la photosynthèse chez <i>Z. marina</i> )	Holmer et Bondgaard, 2001
	anoxie - colonne d'eau <sup>1</sup>	quelques jours (disparition des herbiers de <i>Z. marina</i> )	Plus et coll., 2003
<b>Facteurs biologiques</b>			
herbivorie	Rissoidae	> 30 individus par tige (déclin de la biomasse chez <i>Z. marina</i> )	Fredriksen et coll., 2004
	<i>Idotea</i>	$\sim 100$ individus m <sup>-2</sup> (perte de biomasse chez <i>Z. marina</i> )	Duffy et coll., 2001
	prédation des graines et des plantules par des invertébrés	aucun seuil établi	Wigand et Churchill, 1988
bioturbation	<i>Dendraster excentricus</i>	$\sim 20$ individus m <sup>-2</sup> (empêche la colonisation par <i>Z. marina</i> )	Backman, 1984

<sup>1</sup> Cet élément est associé aux effets de la pisciculture.

Tableau 3 : suite

	ÉLÉMENT	SEUIL AUQUEL LES HERBIERS DE ZOSTÈRE PEUVENT ÊTRE ENDOMMAGÉS	RÉFÉRENCE
	<i>Neotrypaea californiensis</i>	100 individus m <sup>-2</sup> (empêche la colonisation par <i>Z. marina</i> et <i>Z. japonica</i> )	Dumbauld et Wyllie-Echeverria, 2003; Harrison, 1987
	<i>Arenicola marina</i>	68 individus m <sup>-2</sup> (enfouissement de <i>Z. noltii</i> )	Philippart, 1994
	<i>Hediste [Nereis]</i>	400 – 700 individus m <sup>-2</sup> (à l'exclusion de <i>Z. noltii</i> )	Hughes et coll., 2000
espèces introduites	<i>Carcinus maenas</i>	≥ 4 individus m <sup>-2</sup> ( <i>Z. marina</i> )	Davis et al., 1998; David Garbary, données inédites
	<i>Musculista senhousia</i>	masse sèche de 800 g m <sup>-2</sup> (inhibition de la formation de rhizomes chez <i>Z. marina</i> )	Reusch et Williams, 1998
	<i>Codium fragile</i> ssp. <i>tomentosoides</i>	aucun seuil établi ( <i>Z. marina</i> )	Garbary et coll., 1997
agents pathogènes	<i>Labyrinthula zosterae</i>	> 50 % de la limbe des feuilles (production de feuilles cesse chez <i>Z. marina</i> )	Ralph et Short, 2002
<b>Facteurs physiques</b>			
intensité lumineuse <sup>1,2,3</sup>	% de lumière en surface	< 10 % ( <i>Z. marina</i> )	Short et coll., 1995
	μmol photons m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	< 10 à 20 ( <i>Z. marina</i> )	Marsh et coll., 1986; Peralta et coll., 2003
	aucune lumière	plusieurs semaines (disparition des herbiers de <i>Z. marina</i> )	Cabello-Pasini et coll., 2002
salinité et température	salinité	> 26 à 30 ‰ ( <i>Z. marina</i> )	van Katwijk et coll., 1999
	température	>25 à 30 °C ( <i>Z. marina</i> )	Greve et coll., 2003
courants et affouillement	cm s <sup>-1</sup>	< 16 (inhibition de la croissance de <i>Z. marina</i> )	Fonseca et Kenworthy, 1987; Koch, 2001
	cm s <sup>-1</sup>	~ 25 (point de transition pour <i>Z. marina</i> )	Fonseca et Bell, 1998
	cm s <sup>-1</sup>	> 50 (inhibition de la croissance chez <i>Z. marina</i> )	Fonseca et al., 1983; Fonseca et Kenworthy, 1987; Koch, 2001
	cm s <sup>-1</sup>	>120 à 180 (limite maximale pour <i>Z. marina</i> )	Fonseca et coll., 1983; Fonseca et Kenworthy, 1987; Koch, 2001
sédimentation <sup>1</sup>	profondeur d'enfouissement	≥ 25 % de hauteur des zostères (> 50 % mortalité chez <i>Z. marina</i> )	Mills et Fonseca, 2003

<sup>2</sup> Les calculs de l'intensité lumineuse devraient tenir compte de l'effet d'ombrage des épiphytes (c.-à-d. mesurer l'intensité lumineuse à la surface réelle des limbes).

<sup>3</sup> La salinité, la température et les charges en éléments nutritifs auront une incidence sur les niveaux de compensation de l'intensité lumineuse.

Tableau 4 : Facteurs portant atteinte aux laminaires, y compris les niveaux seuils.

	ÉLÉMENT	SEUIL AUQUEL LES GISEMENTS DE LAMINAIRES PEUVENT ÊTRE ENDOMMAGÉS	RÉFÉRENCE
<b>Facteurs chimiques</b>			
manque d'éléments nutritifs	azote - colonne d'eau	$\leq 1 \mu\text{M l}^{-1}$ ( <i>M. pyrifera</i> )	Dean et Jacobsen, 1986
charge en éléments nutritifs <sup>4</sup>	charge en éléments nutritifs	aucun seuil établi	
	voûte de macroalgues	aucun seuil établi	
faible teneur en oxygène <sup>4</sup>		aucun seuil établi	
<b>Facteurs biologiques</b>			
herbivorie	oursins	environ 20 - 30 individus $\text{m}^{-2}$ (dénudation, exclusion de <i>Laminaria</i> )	Chapman, 1981; Johnson et Mann, 1993
	<i>Lacuna vincta</i>	~ 300 individus par thalle de <i>Laminaria</i>	Fralik et coll., 1974
	<i>Tegula pulligo</i>	aucun seuil établi ( <i>M. pyrifera</i> et <i>integrifolia</i> )	Watanabe, 1984; Durante et Chia, 1991; Sala et Graham, 2002
	<i>Katharina tunicata</i>	aucun seuil établi ( <i>L. groenlandica</i> )	Duggins et Dethier, 1985
	<i>Peramphithoe stypotrupetes</i>	aucun seuil établi ( <i>L. setchellii</i> )	Chess, 1993
salissures / espèces introduites	<i>Membranipora membranacea</i>	couverture de 60-70 % (perte d'un tiers de la limbe chez <i>M. pyrifera</i> )	Dixon et coll., 1981
	<i>Membranipora membranacea</i>	couverture > 50 % (défoliation du gisement de <i>Laminaria</i> )	Lambert et coll., 1992
	<i>Membranipora membranacea</i>	% couverture du sore proportionnel à la perte de spores produits ( <i>L. longicuris</i> )	Saier et Chapman, 2004
	<i>Codium fragile</i> ssp. <i>tomentosoides</i>	aucun seuil établi ( <i>Laminaria</i> )	Chapman, 1999; Levin et coll., 2002
	<i>Sargassum muticum</i>	aucun seuil établi ( <i>L. groenlandica</i> )	Britton-Simmonds, 2004

<sup>4</sup> Cet élément est associé aux effets de la pisciculture.

Tableau 4 : suite

	ÉLÉMENT	SEUIL AUQUEL LES GISEMENTS DE LAMINAIRES PEUVENT ÊTRE ENDOMMAGÉS	RÉFÉRENCE
agents pathogènes	<i>Trichosphaerium sieboldi</i>	aucun seuil établi ( <i>Laminaria</i> )	Rogerson et coll., 1998
	bactérie de la pourriture	aucun seuil établi ( <i>Laminaria, Macrocystis</i> )	North, 1979; Meili, 1991
	<i>Streblonema</i>	aucun seuil établi ( <i>L. saccharina</i> )	Schaffelke et coll., 1996
<b>Facteurs physiques</b>			
intensité lumineuse <sup>4,5</sup>	$\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$	< 5 à 5 °C < 20 à 25 °C ( <i>L. saccharina</i> )	Davison et coll., 1991
	$\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$	< 3 à 15 °C ( <i>L. digitata</i> )	Rodrigues et coll., 2000
	$\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$	< 6 (gamétophytes de <i>M. pyrifera</i> )	Deysher et Dean, 1986
	$\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$	$\geq 700$ ( <i>L. saccharina</i> )	Bruhn et Gérard, 1996
	$\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$	> 800 ( <i>M. integrifolia, M. pyrifera</i> )	Graham, 1996
salinité et température	salinité	< 23 ‰ (limite pour <i>M. integrifolia</i> )	Druehl, 1978
	température	$\geq 20$ °C ( <i>Macrocystis</i> )	North, 1979; Druehl, 1978; Deysher et Dean, 1986
	température	> 25 °C ( <i>L. saccharina</i> )	Gerard et DuBois, 1988; Davison, 1987
courants et affouillement	$\text{cm s}^{-1}$	< 4 ( <i>M. integrifolia</i> )	Hurd et coll., 1996
	$\text{cm s}^{-1}$	> 300 (dégâts causés par les tempêtes, <i>M. pyrifera</i> )	Graham et coll., 1997
sédimentation <sup>4</sup>	$\text{mg sédiment cm}^{-2}$	$\geq 10$ (empêche la fixation des spores chez <i>M. pyrifera</i> ) $\geq 108$ (étouffement des plantules de <i>M. pyrifera</i> )	Devinny et Volse, 1978
	enfouissement	enfouissement du stipe parfois toléré, mais pas de la limbe ( <i>Macrocystis</i> )	North, 1979

<sup>5</sup> La salinité, la température et les charges en éléments nutritifs auront une incidence sur les niveaux de compensation de l'intensité lumineuse.

## CONCLUSIONS GÉNÉRALES ET ACTIVITÉS FUTURES

### Conclusions générales

1. Le fondement scientifique de la gestion des effets de l'aquaculture sur les écosystèmes est actuellement incomplet. Cependant, les outils et les démarches utilisés par la Gestion de l'habitat du MPO pour la gestion par installation sont conformes à l'information scientifique existante.
2. Il existe un certain nombre de méthodes de surveillance et de modélisation pour soutenir la gestion. Les principales forces et faiblesses des différents outils sont exposés dans les sections du document. Toutefois, pour qu'un outil puisse être un guide de gestion fiable, il faut appliquer de bonnes pratiques scientifiques à toutes les étapes.
  - a. Les programmes de surveillance devraient avoir recours à des normes d'assurance et de contrôle de la qualité pour l'échantillonnage, le traitement des échantillons et les analyses.
  - b. Les méthodes de modélisation devraient être calibrées et validées de manière appropriée pour les conditions auxquelles le modèle est appliqué.
3. Pour à peu près tous les indicateurs des effets qui ont été examinés, on note des variations substantielles des niveaux de fond à différentes échelles spatiales et temporelles. Ainsi, il n'est ni possible, ni approprié de fixer des seuils opérationnels uniformes pour toute l'industrie, seuils qui déclencheraient la prise de mesures de gestion. Cependant, il est possible d'utiliser des *approches* uniformes avec des seuils quantitatifs régionaux ou locaux.
4. L'utilisation de mesures multiples de l'état et du changement de l'écosystème sera généralement la stratégie la plus efficace pour la gestion des effets de l'aquaculture sur l'écosystème. Les mesures multiples sont recommandées parce qu'une seule mesure, tout comme une suite de mesures, subira probablement l'incidence de diverses sources de variation en plus des effets de l'aquaculture.
5. Les outils et les méthodes de gestion actuellement employés ciblent principalement la zone à proximité (jusqu'à <50 mètres d'un parc en filet) et les applications réglementaires propres à une installation. Notre examen a trouvé plusieurs indications d'effets cumulatifs à distance (>500 mètres jusqu'à l'échelle locale d'une baie), tels que l'augmentation des éléments nutritifs dissous, les changements possibles dans les communautés de macroalgues et l'accroissement de la sédimentation dans les zones où la densité des activités aquacoles est élevée. Bien que diverses initiatives régionales soient en cours, il n'existe actuellement pas de programme global pour gérer ces effets à distance. Pour les quantifier et les gérer de manière précise, il faudra des méthodes et des outils nouveaux ou modifiés, une utilisation intensive de la modélisation et de l'analyse spatiale (cartographie), une approche très pratique aux stades de planification d'une industrie en expansion et exigera une démarche intégrée de gestion.
6. Les nouveaux outils proposés pour la gestion des effets de l'aquaculture sur l'environnement devraient être adoptés seulement quand les caractéristiques du rendement, par exemple la sensibilité, la spécificité et la rentabilité, sont connus.
7. Une démarche coopérative de la part, notamment, des gouvernements, de l'industrie et d'autres intervenants, est privilégiée pour évaluer les caractéristiques de rendement des outils de gestion nouveaux et déjà établis et des mesures des effets de l'aquaculture sur



l'environnement. La démarche coopérative devrait s'étendre au partage complet de toute l'information nécessaire pour évaluer les effets sur l'écosystème des installations aquacoles dans un secteur.

8. Les analyses et les modèles dont il est question dans le présent rapport visent à décrire la nature et la probabilité des changements de propriétés de l'écosystème. L'interprétation des résultats peut mener à la détermination de préoccupations écologiques en matière de conservation, mais elle n'inclut pas, ni ne devrait le faire, de jugement de la valeur sociale de ces changements. C'est l'ensemble de la démarche de gestion qui devrait tenir compte des propriétés écosystémiques d'importance sociale, culturelle ou économique, ainsi que des conseils scientifiques sur les conséquences des activités humaines sur l'écosystème.

### **Activités futures**

Deux des conclusions générales servent de base aux activités futures entreprises avec les connaissances actuelles. Premièrement, bien que le fondement scientifique de la gestion des effets de l'aquaculture sur les écosystèmes soit incomplet, les outils et les démarches utilisés par la Gestion de l'habitat pour la gestion par installation sont conformes à l'information scientifique existante. Toutefois, compte tenu des incertitudes scientifiques mentionnées précédemment et de la grande proportion d'entre elles à l'égard desquelles des recherches supplémentaires, souvent menées en collaboration avec l'industrie, augmenteraient nos connaissances, les pratiques de gestion devront être adaptées à mesure que s'accumulent les connaissances. Ceci est particulièrement vrai pour la gestion des effets cumulatifs et à distance, si les preuves continuent de s'additionner, montrant que ce mode de gestion serait approprié.

Deuxièmement, pour à peu près tous les indicateurs des effets qui ont été examinés, on note des variations substantielles des niveaux de fond à différentes échelles spatiales et temporelles. Ainsi, il n'est ni possible, ni approprié de fixer des seuils opérationnels uniformes pour toute l'industrie, seuils qui déclencheraient la prise de mesures de gestion. Cependant, il est possible d'utiliser des *approches* uniformes avec des seuils quantitatifs régionaux ou locaux. Des recherches, des analyses, des activités de modélisation et de surveillance considérables seront nécessaires pour fixer les seuils quantitatifs régionaux et locaux et pour montrer que les seuils locaux et régionaux correspondent effectivement, à une approche nationale cohérente.

Pour ces deux raisons, il serait probablement opportun de tenir, périodiquement, des réunions d'examen et de consultation à l'échelle nationale, comme celle qui a donné lieu au présent rapport scientifique. Ces réunions devraient continuer d'inclure une combinaison équilibrée de chercheurs, de gestionnaires de divers niveaux de gouvernement, de participants de l'industrie et de membres de groupes d'intérêt public.

## **SOURCES DE RENSEIGNEMENTS**

ICES. 2002. Report of the ICES Advisory Committee on Ecosystems, 2002. ICES Cooperative Research Report, 254. 129 pp.

MPO. 2004. Revue de la littérature scientifique concernant les effets environnementaux potentiels de l'aquaculture sur les écosystèmes aquatiques. Volume III. Enrichissement organique à proximité des installations piscicoles en mer (D.J. Wildish, M. Dowd, T.F. Sutherland et C.D. Levings). Rapp. techn. can. sc. halieut. aquat. 2450: ix + 117 p.

MPO. 2005. Examen scientifique national par les pairs de la pisciculture marine en cage; 22-25 février 2005. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Compte rendu 2005/006.

Pearson, T.H., et R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 16: 229-311.

Sutherland, T.F. 2004. Framework for a Benthic Aquaculture Monitoring Program in the Pacific Region. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2004/056. pp.19.

## **Documents de recherche du SCCS**

Chamberlain, J., D. Stucchi, L. Lu and C. Levings. 2005. The suitability of DEPOMOD for use in the management of finfish aquaculture sites, with particular reference to Pacific Region. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2005/035.

Page, F. 2005. A preliminary perspective on dissolved oxygen standards and models in the marine coastal zone with particular consideration of finfish aquaculture in the southwest New Brunswick portion of the Bay of Fundy. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2005/038.

Strain, P. 2005. Eutrophication Impacts of Marine Finfish Aquaculture. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2005/034.

Vandermeulen, H. 2005. Assessing Marine Habitat Sensitivity: A case study with eelgrass (*Zostera marina* L.) and kelps (*Laminaria*, *Macrocystis*). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2005/032.

Wildish, D.W., G.W. Pohle, B.T. Hargrave, T.F. Sutherland and M.R. Anderson. 2005. Benthic monitoring methods for habitat management of finfish mariculture in Canada. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2005/039.

**POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS**

Contactez : Jake Rice ou Liisa Peramaki  
200, rue Kent  
Ottawa (Ontario)  
K1A 0E6

Téléphone : (613) 990-0288 / (613) 998-1446  
Télécopieur : (613) 954-0807  
Courriel : [RiceJ@dfo-mpo.gc.ca](mailto:RiceJ@dfo-mpo.gc.ca)  
[PeramakiL@dfo-mpo.gc.ca](mailto:PeramakiL@dfo-mpo.gc.ca)

Ce rapport est disponible auprès du :

Secrétariat canadien de consultation scientifique  
Région de la capitale nationale  
Pêches et Océans Canada  
200, rue Kent  
Ottawa (Ontario)  
K1A 0E6

Téléphone : (613) 990-0293  
Télécopieur : (613) 954-0807  
Courriel : [CSAS@dfo-mpo.gc.ca](mailto:CSAS@dfo-mpo.gc.ca)  
Adresse Internet : [www.dfo-mpo.gc.ca/csas](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas)

ISSN 1480-4921 (imprimé)  
© Sa Majesté la Reine, Chef du Canada, 2005

*An English version is available upon request at the above  
address.*

**LA PRÉSENTE PUBLICATION DOIT ÊTRE CITÉE COMME SUIT :**

MPO, 2005. Évaluation de la pisciculture en cages dans le milieu marin. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2005/034.