



EFFETS DES ACTIVITÉS DE PISCICULTURE SUR LES ÉCOSYSTÈMES DES FONDS MARINS DURS EN COLOMBIE- BRITANNIQUE ET AVIS SUR LES PROTOCOLES DE SURVEILLANCE



Parc en filet le long de la côte de la Colombie-Britannique (photo : MPO).

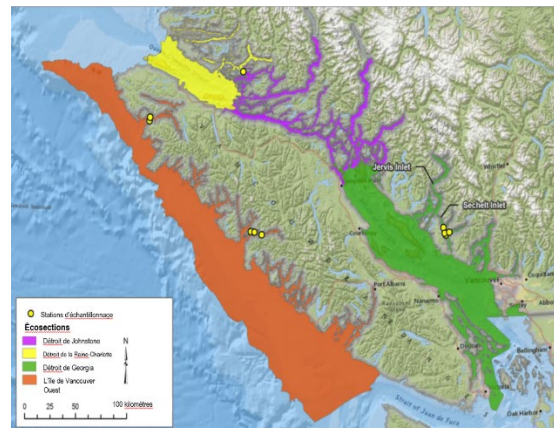


Figure 1. Emplacement des transects de relevés vidéo dans le détroit de la Reine-Charlotte (jaune), le détroit de Johnstone (mauve), le détroit de Georgia (vert) et l'île de Vancouver Ouest (orange).

Contexte :

Pêches et Océans Canada (MPO) est responsable de la réglementation et de la gestion de l'industrie de l'aquaculture en Colombie-Britannique et dans l'ensemble du Canada au titre du Règlement sur les activités d'aquaculture, qui définit les conditions dans lesquelles un exploitant aquacole peut déverser des matières organiques dans l'eau, suivant les articles 35 et 36 de la Loi sur les pêches. En vertu du Règlement sur les activités d'aquaculture, et précédemment à titre de condition de permis, l'industrie de l'aquaculture du Pacifique est tenue de surveiller le fond marin des sites de pisciculture. La mesure du potentiel redox et du sulfure à partir d'échantillons de sédiments est une pratique courante acceptée pour les fonds marins meubles. Cependant, les pratiques de surveillance antérieures basées sur l'échantillonnage ponctuel aux fins d'analyse des mesures du potentiel redox et du sulfure ont posé des défis aux sites de fermes d'élevage qui se trouvent au-dessus de substrats de fond marin dur. En vertu du paragraphe 10(2) du Règlement sur les activités d'aquaculture, il est permis d'effectuer une surveillance visuelle au lieu de prélever des échantillons ponctuels de sédiments, s'il est impossible d'obtenir des échantillons de substrat benthique. Les protocoles sont décrits dans le Règlement et dans la norme de surveillance connexe. Deux projets de recherche ont été lancés afin d'évaluer les méthodes actuelles de surveillance des fonds marins durs autour des installations d'aquaculture, de formuler des recommandations sur ces méthodes, et de fournir des conseils sur l'élaboration de nouvelles méthodes de gestion.

Tout autre document découlant de cette réunion sera publié, lorsqu'il sera disponible, dans le calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada (MPO).

SOMMAIRE

- Les données de relevés vidéo recueillies entre 2008 et 2011 par l'industrie de pisciculture en Colombie-Britannique (C.-B.) et par la gestion de l'aquaculture de Pêches et Océans Canada dans la région du Pacifique, dans le cadre de leur programme de vérification, ont été analysées afin de répondre aux questions relatives aux changements dans la répartition de l'épifaune benthique, d'évaluer les différences associées à la charge organique de la pisciculture de fournir des avis sur les éventuelles espèces indicatrices supplémentaires et le plan d'échantillonnage aux fins de la surveillance des sites. Des données vidéo ont été recueillies au moment où la production atteint son maximum sur des sites de pisciculture dans le bras Jervis, le bras Sechelt, le détroit de la Reine-Charlotte, le détroit de Johnstone et l'île de Vancouver Ouest. Ces sites représentent une variété de sédiments fins, de sédiments mixtes et de fonds marins durs. Les relevés de référence (avant l'exploitation) n'ont pas été utilisés dans cette analyse et les différences épifauniques avant et après l'exploitation n'ont donc pas été évaluées.
- Des bactéries de type *Beggiatoa* ont été observées dans 36 des 44 transects aquacoles (82 %) et des complexes de polychètes opportunistes (CPO) ont été observés dans 17 des 44 transects aquacoles (39 %). Aucun des transects de référence évalués ne présentait de bactéries de type *Beggiatoa* ou de CPO visibles.
- Dans certains cas, une relation inverse a été observée entre les bactéries de type *Beggiatoa* et les CPO à proximité de la zone de parc en filet, où la tendance du pourcentage de couverture pour les bactéries de type *Beggiatoa* comportait une crête décalée et montrait un faible pourcentage de couverture alors que les CPO étaient associés à un pourcentage de couverture élevé. La relation entre les CPO et les bactéries de type *Beggiatoa* est probablement complexe. Lorsque des bactéries de type *Beggiatoa* étaient visibles dans les transects de fermes, les tendances du pourcentage de couverture sur la longueur du transect vidéo (c'est-à-dire la distance par rapport à une ferme) étaient variables (constante, crête décalée ou tendance décroissante avec la distance de la ferme).
- Dans l'ensemble, les bactéries de type *Beggiatoa* réagissent aux changements de l'état oxique benthique associés à la charge organique. Cependant, il semble que les bactéries de type *Beggiatoa* puissent présenter un pic d'abondance en fonction des concentrations optimales de gradient oxique-anoxique et de sulfure, et donc, dans les zones à forte charge organique, elles devraient être utilisées en combinaison avec d'autres indicateurs visuels sensibles (par exemple, les CPO) pour la surveillance des fonds durs.
- Les organismes de type *Beggiatoa* et les CPO sont actuellement des indicateurs reconnus de l'enrichissement en matières organiques, bien que leurs relations respectives avec les changements dans l'épifaune ne soient pas établies.
- Il n'existe actuellement aucun indicateur ou mesure supplémentaire des changements dans les communautés benthiques associés aux sites de pisciculture sur fond dur en Colombie-Britannique qui puisse être utilisé dans le cadre d'une approche fondée sur le poids de la preuve.
- Les observations de l'épifaune provenant des relevés vidéo ont été comparées qualitativement aux transects de référence pour les fermes sans tenir compte du type de

substrat. De manière générale, des différences dans l'épifaune ont été observées entre les transects d'élevage et les transects de référence, mais il est impossible d'évaluer à ce stade si ces différences sont dues à la charge organique associée aux activités d'élevage ou à des différences dans le type de substrat ou les conditions océanographiques. Des analyses à une échelle plus fine, avec des substrats appariés, seraient nécessaires pour évaluer les différences de répartition ou d'abondance des espèces épifauniques entre les transects de référence et les transects d'élevage. L'utilisation de données de relevés de référence (avant l'exploitation) permettrait d'analyser l'évolution des communautés benthiques au fil du temps et des cycles de production.

- La possibilité d'utiliser d'autres indices propres aux espèces, à la biodiversité ou au substrat nécessiterait des recherches et des évaluations plus poussées. Étant donné que certaines espèces épifauniques présentent des préférences en matière de profondeur, toute recherche ultérieure sur l'utilisation des changements dans la répartition des espèces épifauniques comme indicateur devrait intégrer cet aspect dans la conception de l'enquête.
- La détection et l'estimation visuelle du pourcentage de couverture des bactéries de type *Beggiatoa* et des CPO à partir de segments vidéo deviennent moins exactes et précises à mesure que leur pourcentage de couverture diminue. Des segments vidéo continus ou l'augmentation du nombre d'images évaluées peuvent accroître l'exactitude et la précision.
- Bien que des améliorations technologiques aient été apportées ces dernières années, les avis sur les méthodes de surveillance visuelle de l'enrichissement en matières organiques provenant de la pisciculture résumés dans Wildish *et al.* (2005) restent applicables. Il est recommandé d'étudier davantage l'intégration des progrès technologiques, tels que des données de géoréférencement supplémentaires, pour améliorer la localisation de la position du véhicule télécommandé pendant les relevés.

INTRODUCTION

Un programme de surveillance environnementale benthique robuste et pratique consiste à saisir de manière fiable des renseignements quantitatifs sur les changements subis par une population naturelle existante. Les programmes de surveillance du fond meubles associés aux activités d'aquaculture déploient généralement un mécanisme ponctuel dans les milieux infratidaux pour évaluer les indicateurs géochimiques représentatifs de l'enrichissement en matières organiques benthique (p. ex., sulfure de l'eau interstitielle) ou les éléments traces qui peuvent indiquer des influences anthropiques (p. ex., zinc et cuivre dans les sédiments). Les réponses biologiques de l'endofaune à ces indicateurs abiotiques peuvent être établies et utilisées pour développer des seuils de gestion. Cependant, ces techniques conventionnelles propres aux fonds meubles ne sont pas réalisables avec les fonds durs qui sont caractérisés par des textures rocheuses, des pentes abruptes, qui ne présentent pas de sédiments fins ni d'endofaune. Bien que certaines études aient utilisé des images vidéo et des photos de fonds marins mixtes ou durs en association avec des sites d'aquaculture au Canada, il y a peu d'analyses de données sur ce sujet compte tenu de la diversité du littoral canadien.

En vue de mettre en œuvre un outil de suivi visuel rigoureux et pratique, il est important de tenir compte de la complexité du substrat et de la diversité de l'épifaune qui seront évalués. Le recrutement, le peuplement et l'établissement des biofilms et de l'épifaune dépendent de l'interaction entre l'hydrodynamique, la bathymétrie, les conditions du substrat et la production primaire.

Des outils de surveillance visuelle, tels que la vidéo par véhicule télécommandé, la vidéo remorquée et les photos prises par des appareils photo suspendus, ont été utilisés pour étudier les substrats mixtes et les fonds durs en eaux profondes autour de sites de pisciculture à Terre-Neuve-et-Labrador et en Colombie-Britannique. Ces outils ont été utilisés pour quantifier les indicateurs biologiques primaires de l'enrichissement en matières organiques benthiques sur divers substrats à la surface des fonds marins, tels que les bactéries de type *Beggiatoa* et les complexes de polychètes opportunistes (CPO). En général, ces espèces indicatrices peuvent tolérer les sédiments anoxiques caractérisés par des niveaux élevés de sulfure dans l'eau interstitielle, sont capables de réagir rapidement à des conditions environnementales changeantes et ont été précédemment associées à la charge organique résultant des activités d'aquaculture.

Étant donné que la structure des communautés épifauniques change en fonction de la profondeur, en particulier le passage de communautés dominées par les macrophytes dans la zone euphotique peu profonde à des communautés dominées par les invertébrés à une plus grande profondeur, en conséquence, les effets des activités d'aquaculture sur les écosystèmes des fonds marins durs varient également en fonction de la profondeur.

Dans le cadre de l'évaluation de la norme de surveillance environnementale associée au *Règlement sur les activités d'aquaculture*, la direction de la gestion de l'aquaculture de Pêches et Océans Canada a demandé des avis scientifiques concernant les outils de surveillance benthique et le plan d'échantillonnage pour évaluer les incidences associées aux dépôts biologiques exigeants de l'oxygène provenant des sites de pisciculture sur les fonds marins mixtes et durs.

Pour répondre à la demande d'avis, les questions suivantes ont été examinées :

1. Quelle est la structure des communautés benthiques habituellement présentes dans les environnements non touchés similaires aux sites de salmoniculture, où il est impossible d'obtenir des échantillons de substrat benthique en Colombie-Britannique?
2. Quels sont les changements apportés aux communautés benthiques et au substrat benthique par l'augmentation de la demande biochimique en oxygène (DBO) générée par les installations d'aquaculture des poissons d'élevage de la région du Pacifique? Les changements peuvent inclure des impacts biochimiques et biologiques et d'autres effets observables (p. ex., bulles de gaz, aliments non consommés, dépouillement, etc.)
3. Quelles sont les spécifications techniques et les spécifications en matière d'échantillonnage et de collecte de données requises pour permettre de différencier les substrats touchés et les substrats non touchés à l'aide d'outils de surveillance visuelle?
4. Y a-t-il d'autres indicateurs ou mesures des changements dans les communautés benthiques liés aux dépôts de matières exerçant une demande biochimique d'oxygène (DBO) découlant de l'aquaculture qui pourraient être utilisés dans le cadre d'une approche fondée sur le poids de la preuve pour évaluer les répercussions?

ÉVALUATION

L'évaluation des relevés vidéo effectués comprenait l'analyse du pourcentage de couverture des bactéries de type *Beggiatoa* et des CPO ainsi que l'apparition de dégagements gazeux, la stérilité et la présence d'espèces épifauniques. Les autres changements physiques ou chimiques n'ont pas été évalués, ni les autres interactions de l'écosystème telles que la prédation, la concurrence ou la structure de la communauté.

Répartition des taxons benthiques sur les sites de référence

Les données des enregistrements vidéo recueillis dans 22 sites de référence dans le bras Jervis, le bras Sechelt, le détroit de la Reine-Charlotte, le détroit de Johnstone et l'île de Vancouver Ouest de 2008 à 2011 ont été analysées. Des sites de référence situés à environ 1 000 m des sites de pisciculture et caractérisés par des fonds marins mixtes ou rocheux ont été utilisés pour résumer la répartition typique des espèces épifauniques benthiques trouvées dans des environnements non touchés présentant des caractéristiques physiques similaires à celles des sites de pisciculture situés dans ces régions. Aucune analyse communautaire n'a été effectuée.

Selon l'évaluation vidéo, trois catégories générales de substrats marins ont été définies (substrat fin, substrat mixte et substrat de paroi rocheuse). Dans un transect donné, il peut y avoir une variété de ces substrats et de la répartition associée des espèces. La présence de surfaces dures fournit des points d'attache pour de nombreuses espèces d'épifaune sédentaires (par exemple, l'anémone plumeuse géante *Metridium farcimen*, le corail coupe orange *Balanophyllia elegans*) et l'épifaune vagile.

L'épifaune observée pour les fonds marins à sédiments fins comprend des suspensivores à structure verticale et des dépositivores, tels que des polychètes marines (diverses espèces), des étoiles de vase (non identifiées) et des oursins verts (genre *Stronglyocentrotus*). Les autres taxons observés comprenaient les crevettes (non identifiées), la galathée (*Munida quadrispina*), les crabes (non identifiés), les nudibranches géants (*Dendronotus iris*), les nudibranches opalescents (*Hermisenda crassicornis*), les poissons plats (non identifiés), les stichées (non identifiées) et les ronquilles (non identifiées).

L'épifaune associée aux fonds marins à substrat mixte en Colombie-Britannique est diversifiée en raison de la complexité du substrat. L'épifaune qui a été observée dans le cadre de cette analyse s'est limitée aux espèces qui pouvaient être identifiées visuellement (c'est-à-dire, plus de 2 cm), y compris les anémones plumeuses géantes (*Metridium farcimen*), les cérianthes à franges (*Pachycerianthus fimbriatus*), les sabelles (non identifiés), les serpulidae (non identifiés), les concombres de mer géants (*Parastichopus californicus*), les ophiures (non identifiées), les étoiles de mer (*Mediaster aequalis*) et les oursins verts (genre).

Les substrats des parois rocheuses peuvent avoir des pentes allant jusqu'à 90°, offrent une grande surface pour la fixation des espèces et abritent généralement une communauté basée sur des éponges siliceuses, telles que l'éponge de Dawson (*Rhabdocalypus dawsoni*) et l'éponge moutonnée (*Aphrocallistes vastus*) (Leys et al. 2004), ainsi que des anémones plumeuses géantes, des anémones tachetées (*Urticina crassicornis*), des anémones vertes de mer (*Anemonia viridis*), des holothuries cuirassées (*Psolus chitinoides*), des concombres de mer géants, des serpulidae (genre), des oursins verts (genre) et des nudibranches (genre). Les galathées fréquentent les communautés d'éponges. La communauté de poissons associée aux sites de référence avec substrats de paroi rocheuse était composée de bar d'Amérique (non identifié), de sourcil (non identifié) et de morue-lingue (*Ophiodon elongatus*). Dans certains cas, les substrats des parois rocheuses présentent des bancs avec un autre type de substrat, notamment des coquillages concassés, des sédiments ou des matrices de squelettes d'éponges. Ce dernier est constitué de spicules d'éponges mortes et forme un maillage souple entre les crevasses du substrat rocheux ou sur les bancs de parois rocheuses.

Outre l'influence du type de substrat sur la répartition des taxons épifauniques, la profondeur et les conditions océanographiques, notamment les courants de marée, influencent également la

nature de la répartition de l'épifaune benthique, ce qui rend difficile toute généralisation pour l'ensemble de la côte de la Colombie-Britannique.

Quels sont les changements apportés à la répartition de l'épifaune benthique et au substrat benthique par l'augmentation de la matière exerçant une demande biochimique en oxygène générée par les installations de pisciculture de la région du Pacifique?

Les données des relevés vidéo utilisés pour cette analyse et, dans la mesure du possible, les échantillons benthiques prélevés au hasard par l'industrie et la gestion de l'aquaculture dans le cadre du programme de vérification ont généralement été recueillis autour de la période de pointe de la production dans les sites de pisciculture Jervis, du bras Sechelt, du détroit de la Reine-Charlotte, du détroit de Johnstone et de l'île de Vancouver Ouest. Bien que ces sites représentent une variété de fonds marins mixtes et durs, des échantillons ponctuels ont été obtenus sur certains sites à 0 m, 30 m ou 125 m du bord de la cage. Ces sites représentaient des types de sédiments mixtes et contenaient une combinaison de stations de conformité qui étaient à la fois à fond meuble et à fond dur. Les relevés de référence (avant l'exploitation) n'ont pas été analysés, de sorte qu'une comparaison des différences épifaunistiques avant et après l'exploitation n'a pas été effectuée.

Pour les installations de pisciculture, l'empreinte prévue de la matière exerçant une demande biochimique en oxygène générée par les modèles de dépôt a été utilisée comme prédicteur de la charge organique sur le site.

Les transects de référence sont idéalement choisis pour être à des profondeurs et des types de substrat comparables à ceux des sites de fermes d'élevage. Cependant, la variabilité (par exemple, le type de substrat, la pente du fond marin, l'océanographie, etc.) entre les sites de référence et les sites de fermes d'élevage a rendu difficile la comparaison directe de l'épifaune.

Ces relations comportent une incertitude inhérente, car les données relatives à la période précédant l'exploitation, en période de production maximale et de récupération, n'ont pas été analysées, ce qui aurait permis une évaluation complète des changements associés aux activités de fermes d'élevage.

Contrairement aux sites de référence où aucune bactérie de type *Beggiatoa* ou CPO n'a été détectée, 36 des 44 transects de fermes d'élevage évalués présentaient des bactéries visibles de type *Beggiatoa* et 17 des 44 transects de fermes d'élevage présentaient des CPO visibles. Lorsque des bactéries de type *Beggiatoa* étaient visibles, les tendances en pourcentage de couverture étaient variables (constantes sur toute la longueur du transect, pic décalé ou tendance à la baisse).

À l'instar de certaines études antérieures, les bactéries de type *Beggiatoa* n'étaient pas toujours visibles dans l'environnement du champ proche (jusqu'à 40 m du bord de la cage). Les bactéries de type *Beggiatoa* ont été observées et leur nombre a augmenté à une courte distance, suivi d'une diminution avec la distance du parc en filet (par exemple, Brooks *et al.* 2004; Hamoutene *et al.* 2014).

Dans certains cas, une relation inverse a été observée entre les bactéries de type *Beggiatoa* et les CPO dans le champ proche, jusqu'à 40 m du bord de la cage, où l'abondance des bactéries de type *Beggiatoa* était faible, tandis que l'abondance des CPO était élevée. La relation entre les CPO et les bactéries de type *Beggiatoa* est probablement complexe. Dans l'ensemble, si les bactéries de type *Beggiatoa* réagissent aux changements de l'état oxygène benthique associés à

la charge organique, il semble que les bactéries de type *Beggiatoa* puissent présenter un pic d'abondance en fonction du gradient oxique-anoxique optimal et des concentrations de sulfure, et qu'elles doivent donc être utilisées en combinaison avec d'autres indicateurs vulnérables (c'est-à-dire les CPO).

Les observations de l'épifaune provenant des relevés vidéo ont été comparées qualitativement aux transects de référence pour les fermes sans tenir compte du type de substrat. De manière générale, des différences dans l'épifaune ont été observées entre les transects de fermes d'élevage et les transects de référence, mais il est impossible d'évaluer à ce stade si ces différences sont dues à la charge organique associée aux activités d'élevage ou à des différences dans le type de substrat ou les conditions océanographiques. La moyenne de l'abondance de l'épifaune a été calculée pour le transect, sans tenir compte du gradient de charge organique que l'on peut prévoir du bord de la cage à environ 150 m du bord de la cage. Des analyses à une échelle plus fine, avec des substrats appariés, seraient nécessaires pour évaluer les différences de répartition ou d'abondance des espèces épifauniques entre les transects de référence et les transects de fermes d'élevage. L'utilisation de données de relevés de référence (avant l'exploitation) permettrait d'analyser l'évolution des communautés benthiques au fil du temps et des cycles de production.

Les comparaisons entre les sites de fermes d'élevage et les sites de référence ont été limitées en raison de la supposition que les sites de référence sont représentatifs de la répartition des espèces d'épifaune avant l'exploitation.

Exigences relatives au plan d'échantillonnage, à la collecte des données et aux spécifications techniques

Considérations relatives à la capture d'images

L'effet de l'orientation de la caméra [inclinaison verticale orientée vers l'avant (orientation traditionnelle) et orientée vers le bas] sur la capacité à détecter visuellement les indicateurs épifauniques primaires (bactéries de type *Beggiatoa* et CPO) ainsi que les organismes épibenthiques sessiles et vagiles pour différents types de substrat a été évalué. Les images des transects par véhicule télécommandé avec des caméras jumelées, le long d'une seule ligne de transect avec la caméra sur véhicule télécommandé orientée dans différentes directions, et à des stations distinctes à 30 m et 125 m du bord de la cage, ont également été comparées.

Les données présentées suggèrent que les relevés vidéo sur les substrats mixtes et substrats rocheux exigent de recenser quelles espèces sont évaluées pour déterminer l'angle approprié de la caméra. En général, il existe une assez bonne concordance dans la capacité de détecter les bactéries de type *Beggiatoa* entre les images captées, peu importe l'angle de la caméra et le type de substrat. Les bactéries de type *Beggiatoa* sont plus souvent détectées sur les substrats fins que sur les substrats mixtes ou substrats rocheux.

L'étalonnage des couleurs peut influencer sur l'image saisie, mais n'a pas été évalué. L'influence des différents éclairages ou de la qualité des caméras sur la capacité à détecter les bactéries de type *Beggiatoa* dans les images vidéo n'a pas été analysée, et demeure une lacune dans les connaissances.

Relevés dérivant par caméra lestée

Les relevés vidéo dérivants par caméra lestée nécessitent des périodes de déviation et une fréquence spatiale suffisantes pour décrire correctement la répartition des espèces le long des gradients d'impact et des sites de référence. Une analyse serait nécessaire pour déterminer ces

exigences. De plus, une analyse des images de la caméra lestée en comparaison avec les images de la caméra sur véhicule télécommandé prises le long du même transect permettrait de déterminer l'utilité de cette technologie pour différencier les communautés benthiques touchées et non touchées.

Positionnement du relevé

Pour les différentes stratégies de relevé rapportées, bien qu'un site de départ et un site d'arrivée cible aient été géoréférencés, les opérations réelles du véhicule télécommandé se sont déroulées selon des relèvements au compas définis. En l'absence de géoréférencement actif, l'étendue spatiale des segments vidéo qui ont été analysés par la suite (généralement par sections de 2 m ou 4 m) a été calculée par extrapolation de la distance parcourue par le véhicule télécommandé à partir du temps écoulé sur la vidéo à la vitesse actuelle du véhicule télécommandé au-dessus du sol.

Les protocoles opérationnels actuels de la Colombie-Britannique pour les relevés vidéo du fond marin par véhicule télécommandé n'exigent pas de géoréférencement actif de la trajectoire du véhicule de relevé. Il est recommandé de poursuivre l'examen de l'intégration d'un géoréférencement supplémentaire dans le but d'améliorer la localisation de la position du véhicule télécommandé pendant les relevés.

Plusieurs technologies de positionnement acoustique sont proposées pour être utilisées sur les véhicules télécommandés et sur d'autres approches de surveillance visuelle (vidéo déployée par les plongeurs, systèmes de largage et de dérive, véhicules remorqués) (examinées dans Wildish *et al.* 2005). Ces technologies sont relativement matures (c'est-à-dire qu'elles sont régulièrement utilisées pour les travaux de relevés maritimes par véhicule télécommandé depuis plus de dix ans) et permettent de positionner en temps réel le véhicule de relevé sur le terrain, à la fois par rapport au navire de support en surface et par rapport à la position géographique dérivée. Pour les opérations sur le terrain, ces systèmes peuvent donc fournir un guide supplémentaire aux pilotes de véhicule télécommandé pour l'exécution d'une opération de relevé particulière, et peuvent également être utilisés pour saisir des trajectoires de transects géoréférencés préplanifiés que le véhicule télécommandé doit suivre.

Pour le traitement ultérieur de l'imagerie vidéo, les positions dérivées du véhicule télécommandé peuvent être affichées dans des systèmes d'information géographique (SIG) à partir desquels des sections de transects définis peuvent être sélectionnées par référence au code temporel du système de positionnement global (GPS) enregistré avec les données de position. Certains systèmes de positionnement acoustique du commerce permettent également d'enregistrer les positions dérivées des véhicules sur le flux vidéo enregistré, soit en tant que superposition vidéo à l'écran, soit en tant que signal intégré (par exemple, sur la piste audio-vidéo ou en tant que flux de données de sous-titrage).

L'ajout de données de géoréférence améliorera les métadonnées déjà recueillies (p. ex., l'horodateur GMT, le timbre dateur, le relèvement au compas et la profondeur).

Questions relatives à la conception du relevé

Étant donné le caractère hétérogène des fonds marins, l'interprétation acoustique des caractéristiques des fonds marins par zone, en plus de l'imagerie continue des fonds marins le long de transects linéaires, comme cela est actuellement requis, continue d'être soutenue (Wildish *et al.* 2005).

La capacité de détecter et d'estimer visuellement avec précision les bactéries de type *Beggiatoa* et les CPO provenant de segments vidéo diminue avec une diminution du

Région de la capitale nationale

pourcentage de couverture et une augmentation de la microrépartition. Des segments vidéo continus ou l'augmentation du nombre d'images évaluées peuvent résoudre une partie de cette variabilité.

Étant donné que certaines espèces d'épifaune ont des préférences en matière de profondeur, les relevés par véhicule télécommandé qui maintiennent un seul contour de profondeur couvrant le réseau aquacole et s'étendant dans les directions des courants dominants et sous-dominants peuvent éviter ce facteur de confusion. Par conséquent, les relevés vidéo de référence qui maintiennent un contour de profondeur et qui, dans la mesure du possible, correspondent au type de substrat des transects de fermes d'élevage fourniront une meilleure comparaison avec les relevés vidéo en champ proche.

La collecte de données de référence qui caractérisent le site, représentant l'endroit où les transects de relevés seront effectués, permet des analyses directes du site avant et après l'exploitation.

Autres indicateurs des changements de répartition de l'épifaune benthique

Les études n'ont pas caractérisé les différences d'épifaune entre les transects appariés de fermes d'élevage et les transects de référence, et il y avait un manque de données présentées pour évaluer directement les changements dus à la charge organique des fermes d'élevage de pisciculture. Une première analyse des autres espèces indicatrices potentielles, des déchets alimentaires et des fèces de poissons d'élevage, des bulles de gaz, de la stérilité et de la couleur du substrat a été entreprise. D'après cette première analyse, des déchets alimentaires et des excréments de poissons d'élevage ont été détectés dans le champ proche (à moins de 40 m), et bien qu'ils soient visibles sur un substrat fin, la détection de ces déchets n'était pas facile, en particulier sur les sites à substrat mixte. La couleur du substrat n'était pas facile à caractériser, et les bulles de gaz et la stérilité n'étaient pas apparentes. Il subsiste de l'incertitude quant à l'applicabilité et à la robustesse de ces indicateurs supplémentaires en Colombie-Britannique.

D'autres recherches seraient nécessaires pour examiner l'applicabilité de tout indicateur supplémentaire potentiel qui pourrait contribuer à une approche fondée sur le poids de la preuve. L'anémone plumeuse géante (*Metridium farcimen*) est une espèce secondaire potentielle qui mériterait d'être examinée plus avant, car une première évaluation suggère qu'elle s'aligne sur les gradients de densité des indicateurs primaires ou sur les estimations des résidus. Cependant, les niveaux d'enrichissement organique que tolèrent les anémones plumeuses géantes devraient également être évalués. Les espèces qui peuvent être des indicateurs de la transition entre les états oxiques pourraient être étudiées (par exemple, les espèces d'oursins verts, d'ophiures, de cérianthes à franges, de nudibranches, de crevettes, etc.).

Sources d'incertitude

Bien que les premiers résultats suggèrent qu'il pourrait y avoir une tendance à l'augmentation de l'abondance et de la richesse de l'épifaune avec l'augmentation de la dureté des sédiments, une analyse plus approfondie est nécessaire pour confirmer cette tendance.

Le pourcentage de couverture ou la présence de bactéries de type *Beggiatoa* et de CPO en tant qu'indicateurs de l'enrichissement benthique menant à des impacts nocifs sur l'habitat ou leur relation avec l'épifaune n'ont pas été établis. Ce lien est essentiel à l'élaboration ou aux

Région de la capitale nationale

recommandations de plans d'échantillonnage visant à détecter des changements précis qui sont associés aux objectifs de gestion.

Les variations de couleur du substrat sous-jacent influent sur la capacité de détecter les bactéries de type *Beggiatoa* dans les images vidéo.

Plusieurs facteurs associés à la détection de bactéries de type *Beggiatoa* et de sulfures dans les eaux interstitielles doivent faire l'objet de recherches plus approfondies pour établir des limites supérieures et inférieures ou une relation, y compris la présence de bactéries de type *Beggiatoa* dans le temps.

Les processus de rétablissement sont mal compris. Les fermes d'élevage engendrent un effet d'impulsion, et l'effet du moment de la mise en jachère aura une incidence sur le rétablissement biologique. Le pourcentage de couverture ou la présence de bactéries de type *Beggiatoa* et de CPO peuvent varier au cours d'un cycle de production, et la relation entre ces indicateurs et le niveau de production actuel de l'exploitation, le cycle et les effets cumulatifs potentiels ne sont pas toujours clairs.

Les changements documentés dans les répartitions de l'épifaune benthique cités dans les deux documents de travail se produisent à des échelles allant de moins d'un mètre à plusieurs mètres et, par conséquent, les analyses nécessitent un examen attentif de la résolution spatiale.

Au fur et à mesure de l'avancement des recherches sur d'autres espèces indicatrices, il conviendrait d'envisager un modèle conceptuel pour la conception des relevés qui tiennent compte des habitats et des conditions dans lesquels on peut s'attendre à trouver ces taxons. Il existe peut-être d'autres modèles conceptuels qui pourraient servir de base aux plans d'échantillonnage pour évaluer les gradients d'impact (Vandermeulen 2005).

Les protocoles opérationnels actuels de la Colombie-Britannique pour les relevés vidéo du fond marin par véhicule télécommandé n'exigent pas de géoréférencement actif de la trajectoire du relevé. Cela a été considéré à la fois comme une source importante d'incertitude pour déterminer les tendances spatiales de la diversité benthique en relation avec l'emplacement des sites d'aquaculture, et comme une occasion d'améliorer les protocoles de relevé en général.

CONCLUSION

La répartition de l'épifaune benthique trouvée sur les fonds marins durs à proximité des sites d'aquaculture des poissons d'élevage de la Colombie-Britannique est très variable, mais il est possible de faire certaines généralisations au sein d'une écorégion, associées à la fois au type de substrat dans son ensemble (fin, mixte ou paroi rocheuse) et à la profondeur.

Au total, 36 des 44 transects de fermes d'élevage évalués présentaient des bactéries visibles de type *Beggiatoa* et 17 des 44 transects présentaient des CPO visibles. En revanche, aucun des transects de référence évalués ne présentait de bactéries de type *Beggiatoa* ou de CPO visibles.

Dans les sites où des bactéries de type *Beggiatoa* étaient visibles, les tendances en pourcentage de couverture étaient variables (constantes sur toute la longueur du transect, pic décalé ou tendance à la baisse selon la distance à partir du ferme d'élevage). La question de savoir si cette variabilité est liée à la variabilité du type de substrat (fin ou mixte, paroi rocheuse ou paroi rocheuse avec bancs, etc.) n'a pas été étudiée.

Région de la capitale nationale

Dans certains cas, une relation inverse a été observée entre les bactéries de type *Beggiatoa* et les CPO à proximité de la zone de parc en filet, où la tendance du pourcentage de couverture pour les bactéries de type *Beggiatoa* avait une crête décalée et montrait un faible pourcentage de couverture alors que les CPO avaient un pourcentage de couverture élevé. La relation entre les CPO et les bactéries de type *Beggiatoa* est probablement complexe.

Dans l'ensemble, si les bactéries de type *Beggiatoa* réagissent aux changements de l'état oxique benthique associés à la charge organique, il semble que les bactéries de type *Beggiatoa* puissent présenter un pic d'abondance en fonction du gradient oxique-anoxique optimal et des concentrations de sulfure, et qu'elles doivent donc être utilisées en combinaison avec d'autres indicateurs vulnérables (comme les CPO).

Les observations de l'épifaune provenant des relevés vidéo ont été comparées qualitativement aux transects de référence pour les fermes sans tenir compte du type de substrat. De manière générale, des différences dans l'épifaune ont été observées entre les sites jumelés, mais il est impossible d'évaluer à ce stade si ces différences sont dues à la charge organique associée aux activités de fermes d'élevage ou à des différences dans le type de substrat ou les conditions océanographiques. Des analyses à une échelle plus fine, avec des substrats appariés, seraient nécessaires pour évaluer les différences de répartition ou d'abondance des taxons épifauniques entre les stations de référence et les transects d'élevage.

Le plan d'échantillonnage, les données et les exigences techniques pour saisir des images vidéo qui permettent de différencier les communautés benthiques touchées et non touchées dépendent des indicateurs de changement détectés.

Pour les indicateurs primaires d'enrichissement benthique (bactérie de type *Beggiatoa* et CPO), les caméras orientées vers l'avant (orientation traditionnelle) et celles orientées vers le bas produisent des résultats similaires.

La capacité de détecter et d'estimer visuellement avec précision les bactéries de type *Beggiatoa* et les CPO provenant de segments vidéo diminue avec une diminution du pourcentage de couverture et une augmentation de la microrépartition. Des segments vidéo continus ou l'augmentation du nombre d'images évaluées peuvent permettre des estimations plus précises des bactéries de type *Beggiatoa* et des CPO.

Étant donné que certains taxons d'épifaune ont des préférences en matière de profondeur, les relevés vidéo de référence doivent maintenir un contour de profondeur et correspondre au type de substrat des transects de fermes d'élevage, dans la mesure du possible, afin de fournir une comparaison solide avec les relevés vidéo en champ proche.

Les protocoles opérationnels actuels de la Colombie-Britannique pour les relevés vidéo du fond marin par véhicule télécommandé n'exigent pas de géoréférencement actif de la trajectoire du véhicule de relevé. Il est recommandé de poursuivre l'examen de l'intégration d'un géoréférencement supplémentaire dans le but d'améliorer la localisation de la position du véhicule télécommandé pendant les relevés.

Des analyses plus poussées des différentes méthodes de capture vidéo (plan d'échantillonnage, données et exigences techniques, analyse des images) sont nécessaires.

Une première analyse d'autres indicateurs potentiels (p. ex., déchets alimentaires, matières fécales, bulles de gaz et fonds marins stériles) a été effectuée. Toutefois, il subsiste une incertitude quant à l'applicabilité et à la robustesse de ces indicateurs supplémentaires en Colombie-Britannique.

Région de la capitale nationale

D'autres recherches seraient nécessaires pour examiner l'applicabilité de tout indicateur supplémentaire potentiel qui pourrait contribuer à une approche fondée sur le poids de la preuve. Parmi les autres indicateurs potentiels qui méritent d'être étudiés plus en détail, citons l'anémone plumeuse géante, car cette espèce peut tolérer l'enrichissement organique et a été observée comme coexistant avec des bactéries de type *Beggiatoa* et des CPO sur certains sites d'exploitation. D'autres taxons qui ont tendance à se trouver dans la zone de transition entre les états oxiqes pourraient également être étudiés (par exemple, les oursins verts, les ophiures, les cérianthes à franges, les nudibranches opalescents, les crevettes, etc.)

Afin de fournir des avis sur les changements associés à la matière exerçant une demande biochimique en oxygène générée par la pisciculture sur la communauté benthique des fonds marins durs, des analyses de communautés adaptées au substrat sont nécessaires. L'utilisation de données d'enquête de référence (avant l'exploitation) provenant du site d'aquaculture permettrait d'analyser l'évolution des communautés benthiques au fil du temps et des cycles de production.

LISTE DES PARTICIPANTS DE LA RÉUNION

| Nom | Affiliation |
|-------------------|---|
| Brian Emmett | Archipelago Marine Research |
| Geoff Perry | MPO - Gestion de l'aquaculture, Région Terre-Neuve et Labrador |
| Adrienne Paylor | MPO - Gestion de l'aquaculture, Région Pacifique |
| Bernie Taekema | MPO - Gestion de l'aquaculture, Région Pacifique |
| Kerra Shaw | MPO - Gestion de l'aquaculture, Région Pacifique |
| Nathan Blasco | MPO - Gestion de l'aquaculture, Région Pacifique |
| Colin Levings | MPO - Science (Émérite), Région Pacifique/L'Université de la Colombie-Britannique |
| Herb Vandermuelen | MPO - Science, Région Maritimes |
| Peter Lawton | MPO - Science, Région Maritimes |
| Erika Thorleifson | MPO - Science, Région de la capitale nationale (Co-Président) |
| Ingrid Burgetz | MPO - Science, Région de la capitale nationale (Co-Président) |
| Jay Parsons | MPO - Science, Région de la capitale nationale |
| Joy Wade | MPO - Science, Région de la capitale nationale |
| Scott Pilcher | MPO - Science, Région de la capitale nationale |

Région de la capitale nationale

| Nom | Affiliation |
|--------------------|---|
| Dounia Hamoutene | MPO - Science, Région Terre-Neuve et Labrador |
| Andrea Sterling | MPO - Science, Région Pacifique |
| Terri Sutherland | MPO - Science, Région Pacifique |
| Chris McKindsey | MPO - Science, Région Québec |
| Suman Atwal | Grieg Seafood Ltd. |
| Mia Parker | Indépendante |
| Lance Stewardson | Mainstream Biological Cons. |
| Sharon Dedominicis | Marine Harvest Canada |
| Greg Gibson | Marine Harvest Canada |
| Suzanne Dufour | Université Memorial |
| Andy Clark | Oceans Dynamics Inc. |
| Janelle Arsenault | SIMCORP |
| Steve Cross | Université de Victoria |

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de la processus national d'examen par les pairs du 1^{er} au 2 mars 2016 sur les effets des activités aquacoles sur les écosystèmes des fonds marins durs, et avis sur les protocoles de surveillance. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada \(MPO\)](#).

Brooks, K.M., Stierns, A.R., and Backmann, C. 2004. Seven year remediation study at the Carrie Bay Atlantic salmon (*Salmo salar*) farm in the Broughton Archipelago, British Columbia, Canada. *Aquaculture* 239 (1-4):81-123.

Hamoutene, D. 2014. Sediment sulphides and redox potential associated with spatial coverage of *Beggiatoa* spp. at finfish aquaculture sites in Newfoundland, Canada *ICES Journal of Marine Science* 71(5):1153–1157. doi:10.1093/icesjms/fst223

Leys, S.P., Wilson, K., Holeton, C., Reiswig, H.M., Austin, W.C. and Tunnicliffe, V. 2004. Patterns of glass sponge (Porifera, Hexactinellida) distribution in coastal waters of British Columbia, Canada. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 283:133-149. doi:10.3354/meps283133

Région de la capitale nationale

- Vandermeulen, H. 2005. Assessing marine habitat sensitivity: a case study with eelgrass (*Zostera marina* L.) and kelps (*Laminaria*, *Macrocystis*). DFO Canadian Science Advisory Secretariat, Research Document 2005/032. 57 p.
- Wildish, D.J., Pohle, G.W., Hargrave, B.T., Sutherland, T.F. and Anderson, M.R. 2005. Benthic monitoring methods for habitat management of finfish mariculture in Canada. DFO Canadian Science Advisory Secretariat, Research Document 2005/039. 39 p.

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région de la capitale nationale
Pêches et Océans Canada
200 Kent Street, Ottawa, ON, K1A 0E6

Téléphone : 613-990-0293

Courriel : csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca

Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117

ISBN 978-0-660-40009-9 N° cat. Fs70-6/2021-038F-PDF

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2021



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2021. Effets des activités de pisciculture sur les écosystèmes des fonds marins durs en colombie-britannique et avis sur les protocoles de surveillance. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2021/038.

Also available in English:

DFO. 2021. *Effects of finfish aquaculture activities on hard seabed ecosystems in British Columbia and advice on monitoring protocols. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2021/038.*