



MISE À JOUR DES POINTS DE RÉFÉRENCE ET DES OPTIONS DE RÉCOLTE POUR LA PÊCHE DE L'HOLOTHURIE DE CALIFORNIE (*APOSTICHOPUS CALIFORNICUS*) EN COLOMBIE-BRITANNIQUE À L'AIDE DES DONNÉES TIRÉES DES ZONES DE PÊCHE EXPÉRIMENTALE



Holothurie de Californie (*Apostichopus californicus*). Crédit photo : Pauline Ridings.

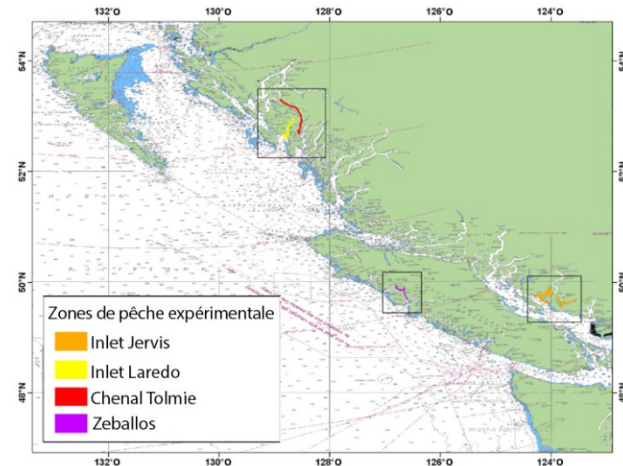


Figure 1. Emplacement des zones de pêche expérimentale sur la côte de la Colombie-Britannique.

Contexte :

La pêche de l'holothurie de Californie (*Apostichopus californicus*) en Colombie-Britannique est gérée au moyen d'une récolte triennale par rotation d'environ 10 % de la biomasse actuelle dans certaines zones de gestion par quota et d'une récolte annuelle de 2,2 à 4,2 % dans d'autres. Cette stratégie de gestion adaptative découle d'analyses des données sur les récoltes, des données provenant des relevés de densité et des données tirées des zones de pêche expérimentale de 1998 à 2007.

La Direction de la gestion des pêches de Pêches et Océans Canada a demandé à la Direction des sciences de lui fournir des estimations actualisées des taux de récolte, du point de référence limite et du point de référence supérieur du stock à partir de la série chronologique complète de données sur les zones de pêche expérimentale (de 1998 à 2015). Le présent avis scientifique facilitera donc la gestion de la pêche commerciale de l'holothurie grâce à la mise à jour de l'avis sur les récoltes et des points de référence et à un meilleur alignement avec le cadre de l'approche de précaution et les dispositions relatives aux stocks de poissons de la Loi sur les pêches révisée.

Le présent avis scientifique découle de la réunion d'examen régional par les pairs de la mise à jour des points de référence recommandés et des taux de récolte pour la pêche commerciale du concombre de mer (*Apostichopus californicus*) en Colombie-Britannique, réunion qui s'est tenue les 5 et 6 avril 2022. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada](#).

SOMMAIRE

- L'holothurie de Californie (*Apostichopus californicus*) fait l'objet d'une pêche commerciale en plongée (85 permis) en Colombie-Britannique, au Canada (MPO 2022).
- Malgré des recherches considérables, le cycle biologique de cette espèce est mal connu et de nombreux paramètres biologiques ne peuvent être estimés actuellement, ce qui empêche l'utilisation de modèles de pêche typiques. Par conséquent, quatre zones de pêche expérimentale ont été établies en Colombie-Britannique en 1998 pour étudier les effets de la récolte sur la densité de l'espèce.
- Après 10 ans, les données tirées des zones de pêche expérimentale ont été analysées, un modèle de productivité latente a été élaboré et des recommandations ont été faites concernant les taux de récolte et les points de référence provisoires (Hand *et al.* 2009).
- L'étude des zones de pêche expérimentale s'est poursuivie jusqu'en 2015, générant 8 années supplémentaires de données.
- Le présent document met à jour l'avis sur les récoltes basé sur le modèle original de productivité latente (avec quelques mises à jour) et la série chronologique complète de données provenant des zones de pêche expérimentale, ainsi que les points de référence.
- Il est recommandé de continuer à utiliser des quantiles de 0,01 des estimations qui correspondent à une récolte durable, conformément à ce qui est indiqué dans Hand *et al.* (2009). Les quantités qui correspondent à une récolte durable sont fournies dans le tableau 1 pour différentes stratégies de récolte et divers objectifs de niveau de stock après récolte. Par exemple, pour un niveau de stock après récolte équivalant à $0,6B_0$, la fourchette de la récolte annuelle durable serait de 2,0 à 8,0 % de la biomasse avant récolte (la biomasse avant récolte est la biomasse estimée à partir des données du relevé le plus récent). Les quantités récoltées pour les autres niveaux de stock après récolte et les intervalles de récolte sont présentés dans le tableau 1. Les valeurs supérieures des quantités récoltées des quatre zones de pêche expérimentale peuvent n'être appropriées que pour les zones à forte productivité.
- Le point de référence limite recommandé pour toute la côte est de 0,029 holothurie m^{-2} dans l'habitat de l'espèce (densité spatiale) et le point de référence supérieur du stock est de 0,038 holothurie m^{-2} dans l'habitat de l'espèce (densité spatiale). Les points de référence sont exprimés sous forme de densité spatiale, car celle-ci est indépendante de la longueur des transects et est donc plus significative sur le plan biologique et comparable entre les zones.
- L'état du stock d'holothurie sera évalué par rapport au point de référence limite et au point de référence supérieur à l'aide d'un nouveau relevé multispécifique sur les invertébrés benthiques à l'échelle de la côte qui a été récemment mis au point dans le cadre d'un processus distinct du Secrétariat canadien des avis scientifiques¹.
- Il est recommandé que des recherches futures examinent les facteurs de la productivité variable, la dynamique source/puits, les effets de la loutre de mer (*Enhydra lutris*) et la pertinence des points de référence à l'échelle de la côte. Des travaux futurs comparant les

¹ Lochead, J., Schwarz, C.J., Rooper, C., and Bureau, D. Recommendations on the design of a multispecies benthic marine invertebrate dive survey program for stock monitoring in British Columbia. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. In prep.

points de référence empiriques recommandés aux points de référence fondés sur B_{RMD} ou sur B_0 élaborés selon des méthodes riches en données pourraient également être explorés.

RENSEIGNEMENTS DE BASE

L'holothurie de Californie, *Apostichopus californicus* (anciennement *Parastichopus californicus*; Stimpson 1857), est une ressource marine précieuse.

Bien qu'il existe 47 espèces d'holothuries (classe *Holothuroidea*) dans les eaux de la Colombie-Britannique (Lambert 1997; Lambert et Boutillier 2011), *A. californicus* est la seule qui est visée par une pêche commerciale. Son exploitation commerciale remonte à 1971, date à laquelle des débarquements ont été enregistrés pour la première fois, mais les Premières Nations de la côte la consomment à titre d'aliment traditionnel depuis d'innombrables générations (Stephenson *et al.* 1995). La pêche commerciale est une pêche à accès limité avec 85 admissibilités à un permis de pêche et est résumée dans le Plan de gestion intégrée des pêches (MPO 2022). La pêche commence en octobre et dure huit semaines; les holothuries sont récoltées à la main par des plongeurs. La pêche commerciale fonctionne selon un total autorisé des captures, avec des quotas individuels et des quotas par zone. Tous les débarquements commerciaux sont suivis dans le cadre d'un programme de vérification à quai à l'échelle de la côte. Les autres mesures de gestion en place pour la pêche sont la délivrance de permis par secteur et une stratégie de pêche fondée sur l'approche de précaution. La pêche commerciale a lieu dans certaines parties de la côte de la Colombie-Britannique, dans des unités appelées zones de gestion par quota qui sont composées de secteurs et de sous-secteurs, conformément à ce qui est décrit dans le *Règlement sur les secteurs d'exploitation des pêcheries du Pacifique*. La pêche est actuellement gérée au moyen d'une récolte triennale par rotation d'environ 10 % de la biomasse actuelle dans certaines zones de gestion par quota et d'une récolte annuelle de 2,2 à 4,2 % dans d'autres.

Le premier document d'évaluation du stock et des options de quota pour la pêche d'*A. californicus* a été produit en 1995 (Phillips et Boutillier 1998), et le processus a mis en évidence un certain nombre de lacunes dans les connaissances et les données. Cela a conduit à un alignement sur le cadre recommandé dans Perry *et al.* (1999) pour la gestion des pêches d'invertébrés nouvelles et en cours de développement. Ce cadre prévoit une approche progressive, dans laquelle la phase 0 comprend la collecte des données existantes, la phase 1 comprend la collecte de données nouvelles et la phase 2 comprend la pêche à des fins commerciales (Perry *et al.* 1999). Au début de la phase 1, en 1998, la pêche commerciale était limitée à seulement 25 % de la côte pendant que des données supplémentaires étaient collectées. La phase 1 a duré 10 ans et les données provenant de recherches dépendantes et indépendantes de la pêche, telles que les données provenant des récoltes, des relevés, des zones de pêche expérimentale et de l'échantillonnage biologique, ont abouti à l'élaboration d'un modèle de productivité latente et de recommandations pour la pêche (Hand *et al.* 2009). La pêche commerciale d'*A. californicus* est ensuite entrée dans la phase 2 en 2008. Depuis, de grandes parties de la côte ont été rouvertes à la suite de relevés d'ouverture ciblés. Une fois le processus de réouverture terminé, moins de 60 % de la côte devraient être ouverts à la pêche commerciale.

Le présent avis scientifique a été produit à la demande de la Direction de la gestion des ressources du MPO, avec pour objectifs généraux de mettre à jour le modèle, de comparer les sorties du modèle en utilisant le sous-ensemble de données de 1998 à 2007 et l'ensemble complet de données sur les zones de pêche expérimentale de 1998 à 2015, d'actualiser les quantités estimées qui correspondent à une récolte durable et le point de référence limite (PRL) et de déterminer une fourchette pour le point de référence supérieur (PRS) du stock, tel que

défini dans la politique de l'approche de précaution du MPO (MPO 2009) et le cadre de référence. Au lieu d'une fourchette pour le PRS, c'est une nouvelle technique qui a été mise au point : la limite supérieure de l'intervalle de confiance à 99 % de la densité minimale de population, moyennée sur toutes les zones de pêche expérimentale – qui s'est avérée une estimation ponctuelle.

Biologie

A. californicus est la plus grande espèce d'holothurie en Colombie-Britannique et est présente de la zone intertidale à environ 250 m de profondeur (Lambert et Boutillier 2011). De nombreuses lacunes dans les connaissances sur le cycle biologique compliquent l'évaluation et la gestion de cette espèce. En particulier, il n'existe aucune méthode pratique pour déterminer l'âge d'*A. californicus*. En outre, il s'agit d'un organisme à corps mou qui peut changer ses dimensions corporelles en absorbant ou en expulsant de l'eau et en contractant les muscles de sa paroi corporelle. Cette espèce réabsorbe et régénère également ses viscères et modifie l'épaisseur de sa paroi corporelle de façon saisonnière (Fankboner et Cameron 1985). Les variations spatiales et temporelles de la taille et de la croissance rendent cette espèce difficile à mesurer de manière cohérente et nous empêchent d'utiliser des indicateurs de l'âge fondés sur la taille. Les adultes sont relativement sédentaires, se déplaçant de moins de quatre mètres jour⁻¹, mais selon certaines sources, ils entreprennent des migrations saisonnières en profondeur (Lambert 1997; Hand et Rogers 1999). La longue phase larvaire (51 à 125 jours) [Strathman 1978; Cameron et Fankboner 1989] joue probablement un rôle plus important dans le mélange génétique et la dispersion, mais la dynamique source/puits est largement inconnue (Xuereb *et al.* 2018). Enfin, les juvéniles sont rarement observés lors des relevés (Bazinet *et al. sous presse*), ce qui suggère un changement ontogénétique inconnu dans la dissimulation ou l'habitat. Toutes ces caractéristiques limitent la collecte des paramètres typiques de l'ichtyobiologie et l'inclusion de données sur le cycle biologique dans les modèles de pêche.

ANALYSE

Méthodes

Modèle

Le modèle bayésien de productivité latente utilisé pour étayer cet avis est une version mise à jour du modèle utilisé dans Hand *et al.* (2009) et Hajas *et al.* (2011). Dans ce modèle, la productivité est fonction de la biomasse actuelle. La productivité, ou plus précisément la « productivité latente », est le taux d'augmentation de la biomasse en l'absence de récolte. Une hypothèse omniprésente (Ricker 1975; Hilborn et Walters 1992) et simplificatrice est que la productivité peut être déterminée à partir du niveau actuel du stock, autrement dit de la biomasse avant récolte.

Les données sur les récoltes tirées des zones de pêche expérimentale ont été représentées comme une série d'événements de récolte instantanés dans le modèle. L'approche la plus traditionnelle consiste à approximer la récolte comme un processus continu, mais elle n'a pas été utilisée dans ces analyses parce que dans le cas des zones de pêche expérimentale et de la pêche de l'holothurie en Colombie-Britannique en général, quel que soit l'emplacement, la récolte se produit pendant de très brèves périodes. La productivité est donc calculée approximativement comme un processus qui s'arrête momentanément avant la récolte et reprend immédiatement après.

Le modèle a été porté sur une plateforme plus moderne, certaines des méthodes numériques ont été actualisées et quelques erreurs mineures ont été corrigées. Dans l'ensemble,

l'exécution du nouveau modèle n'a entraîné que des changements mineurs dans les valeurs de productivité.

Points de référence

Un PRL courant, particulièrement utile pour les stocks pauvres en données, est le niveau de stock historique estimé le plus bas à partir duquel on a observé un rétablissement (Marentette *et al.* 2021). La mesure la plus courante du niveau du stock pour ce type de point de référence est la biomasse ($B_{\text{rétablissement}}$). La densité (D) est un autre indicateur de l'abondance qui est mesuré directement à partir de relevés et qui est particulièrement important pour la réussite de la reproduction des invertébrés marins frayant à la volée (Uthicke *et al.* 2009; Read *et al.* 2012). On peut donc définir $D_{\text{rétablissement}}$ comme la densité la plus faible observée dans la série chronologique de données tirées des zones de pêche expérimentale, à partir de laquelle on a observé un rétablissement. Pour le choix du PRL, le rétablissement a été défini comme étant le moment où les intervalles de confiance à 95 % d'une densité subséquente dans la chronologie se situaient dans la fourchette de l'estimation fondée sur le premier relevé (c.-à-d. l'indicateur de la densité avant l'exploitation) et étaient supérieurs, sans les chevaucher, aux intervalles de confiance à 95 % de la plus faible densité recensée dans la série chronologique.

Après avoir défini la densité moyenne la plus faible observée dans la série chronologique sur chaque zone de pêche expérimentale, on a examiné les données des relevés des années suivantes pour déterminer si les densités s'étaient rétablies à partir de ces minima dans les relevés ultérieurs. On a calculé la moyenne des minima qui répondaient à la définition du rétablissement afin de déterminer un PRL à l'échelle de la côte.

Résultats

Avis sur les récoltes

Les récoltes maximales durables sont indiquées pour diverses stratégies de pêche, combinant des intervalles de récolte d'un à cinq ans avec différents seuils de niveau de stock minimum à l'équilibre (minimum observé, $0,50B_0$, $0,60B_0$ et $0,80B_0$) et des estimations de la biomasse avant récolte (c.-à-d. actuelle) ou vierge. Des combinaisons de toutes ces stratégies sont présentées dans un tableau dans le document de recherche² pour permettre aux gestionnaires des pêches de les prendre en compte et de les mettre en œuvre à leur discrétion. Étant donné que la biomasse vierge peut être difficile à estimer et que les seuils de niveau de stock minimum (d'après les valeurs inférieures) sont moins prudents que ceux utilisés précédemment dans Hand *et al.* (2009), il est recommandé de fonder les récoltes maximales durables sur les niveaux avant récolte requis pour maintenir un niveau de stock minimal de $0,60B_0$. Compte tenu de l'incertitude des données, des modèles et de l'environnement, il est recommandé de considérer les quantiles de 0,01 pour fixer les taux de récolte (tableau 1). Cela donne un taux de récolte recommandé de 2,0 à 8,0 % de la biomasse avant récolte dans une pêche annuelle ou de 5,7 à 18,8 % de la biomasse avant récolte dans une pêche triennale. Étant donné que la fourchette représente la variabilité entre les zones de pêche expérimentale, les pourcentages les plus élevés ne conviendraient que pour les zones productives et devraient donc être utilisés avec prudence. On incorpore une précaution supplémentaire dans le système d'évaluation en continuant à utiliser la limite inférieure de l'intervalle de confiance à 90 % de la densité moyenne estimée pour estimer la biomasse et pour mettre en œuvre les points de référence.

² Tableau 2, 4 à 7 dans Hajas, W., S.C. Hansen et J. Lohead. 2022. Updated Reference Points and Harvest Options for the Giant Red Sea Cucumber (*Apostichopus californicus*) Fishery in British Columbia using data from Experimental Fishing Areas. Document de travail du CASP 2017INV01.

Tableau 1. Quantiles de 0,01 des quantités correspondant à une récolte durable en tant que fraction de la biomasse avant récolte (c.-à-d. actuelle) pour des combinaisons d'intervalles de récolte et de niveaux de stock à l'équilibre après récolte (points de référence tirés de Hand et al. 2009), selon l'ensemble complet de données (1998 à 2015).

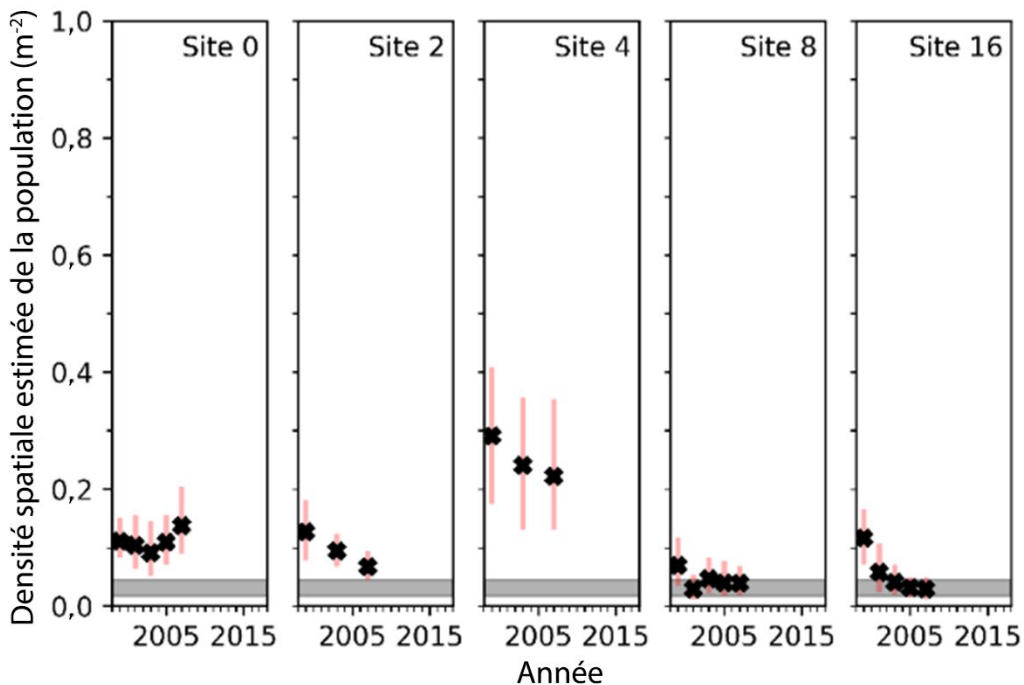
Niveau de stock cible après récolte (fraction de la biomasse vierge)	Intervalle de récolte (années)	Zone de pêche expérimentale			
		Inlet Jervis	Inlet Laredo	Chenal Tolmie	Zeballos
0,5	1	0,111	0,066	0,064	0,029
0,5	2	0,191	0,123	0,117	0,055
0,5	3	0,251	0,172	0,162	0,079
0,5	4	0,298	0,214	0,200	0,102
0,5	5	0,335	0,251	0,232	0,123
0,6	1	0,080	0,051	0,044	0,020
0,6	2	0,140	0,096	0,083	0,039
0,6	3	0,188	0,135	0,115	0,057
0,6	4	0,226	0,168	0,144	0,074
0,6	5	0,256	0,197	0,169	0,090
0,8	1	0,034	0,024	0,018	0,008
0,8	2	0,062	0,046	0,033	0,016
0,8	3	0,084	0,064	0,048	0,024
0,8	4	0,103	0,081	0,061	0,031
0,8	5	0,119	0,095	0,072	0,038

Points de référence

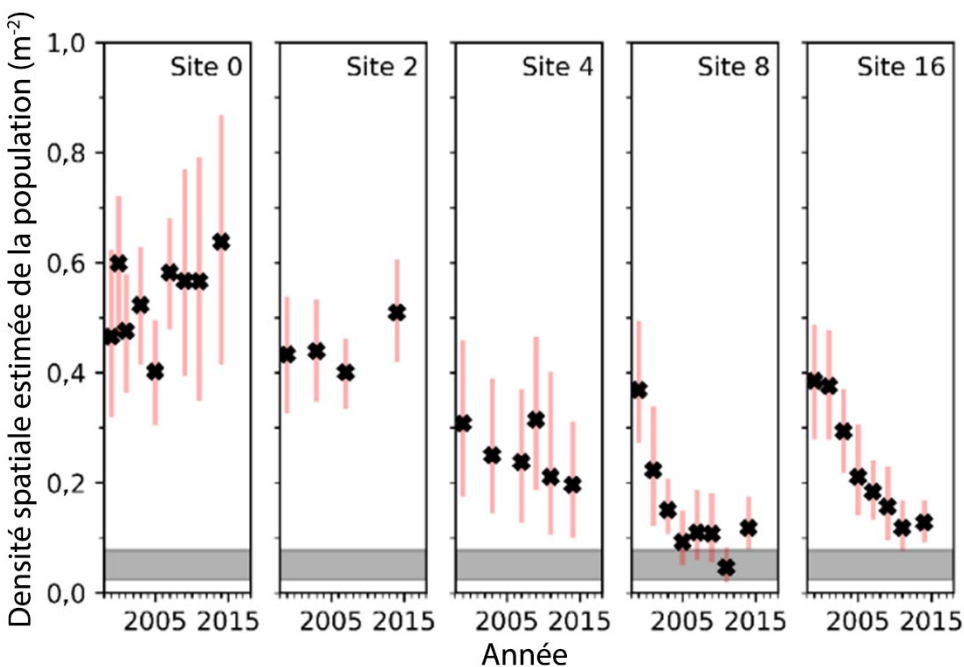
Les holothuries de la Colombie-Britannique sont considérées comme formant un seul stock à l'échelle de la côte avec de nombreuses sous-unités de gestion (zones de gestion par quota) et feront donc l'objet d'un seul PRL. Dans la série chronologique de 18 ans sur les zones de pêche expérimentale, on a observé que des populations d'holothuries sur plusieurs sites et dans plusieurs zones de pêche expérimentale persistaient à de faibles densités, augmentant même parfois à partir de faibles niveaux sous une pression de pêche continue (figure 2). Par exemple, on a constaté des augmentations à partir de faibles densités dans le chenal Tolmie (site 8) et à Zeballos (sites 4, 8 et 16). Les densités dans l'inlet Laredo étaient généralement faibles (la médiane variant de 0,40 à 4,73 holothuries m^{-1} ou de 0,009 à 0,140 holothurie m^{-2}) tout au long de la série chronologique. En fait, c'est dans cet inlet que la densité de population estimée la plus faible dans toutes les zones de pêche expérimentale de la série chronologique a été observée, au site 8, en 2005 : 0,40 holothurie m^{-1} ou 0,009 holothurie m^{-2} (IC à 95 % : 0,12 à 0,83 holothurie m^{-1} et 0,003 à 0,018 holothurie m^{-2}). Un rétablissement statistiquement significatif à partir de cette faible densité à l'intérieur de la fourchette de l'estimation tirée du premier relevé s'est produit en 2015, lorsque la densité médiane a atteint 2,05 holothuries m^{-1} ou 0,050 holothurie m^{-2} (IC à 95 % : 1,02 à 3,420 holothuries m^{-1} ; 0,024 à 0,083 holothurie m^{-2}), malgré un événement de récolte supplémentaire en 2007 (figure 2). La deuxième plus faible densité de population à partir de laquelle on a observé un rétablissement statistiquement significatif dans la fourchette de l'estimation tirée du premier relevé a été observée au site 8 à Zeballos, où les densités ont chuté à un minimum de 0,900 holothurie m^{-1} ou 0,020 holothurie m^{-2} (IC à 95 % : 0,430 à 1,400 holothurie m^{-1} ; 0,010 à 0,040 holothurie m^{-2}) en 2008 et sont remontées à 3,430 holothuries m^{-1} ou 0,090 holothurie m^{-2} (2,310 à 4,860 holothuries m^{-1} ; 0,060 à 0,130 holothurie m^{-2}) en 2010. La limite supérieure de l'IC à 99 % des minima est de 0,920 holothurie m^{-1} ou 0,019 holothurie m^{-2} dans l'inlet Laredo et de 1,490 holothurie m^{-1} ou

0,039 holothurie m⁻² à Zeballos. L'utilisation de la limite supérieure de l'IC à 99 % donne un degré élevé de confiance dans le fait d'être au-dessus des véritables minima. Les participants ont longuement débattu, pendant la réunion, de la sélection des points de référence pour savoir s'il fallait utiliser uniquement les données de l'inlet Laredo ou incorporer également les données de Zeballos. Il est recommandé d'utiliser la moyenne de la limite supérieure de l'IC à 99 % des estimations spatiales minimales de l'inlet Laredo et de Zeballos comme PRL, soit 0,029 holothurie m⁻², car cette valeur tient compte de la variabilité spatiale supplémentaire et est plus prudente. Cette valeur équivaut à 1,20 holothurie m⁻¹ (densité linéaire), une valeur fournie ici à des fins de comparaison avec les valeurs signalées précédemment. Toutefois, comme indiqué précédemment, il est recommandé d'exprimer les points de référence sous forme de densité spatiale, car celle-ci est indépendante de la longueur du transect et donc plus significative sur le plan biologique et comparable entre les zones.

Inlet Jervis



Chenal Tolmie



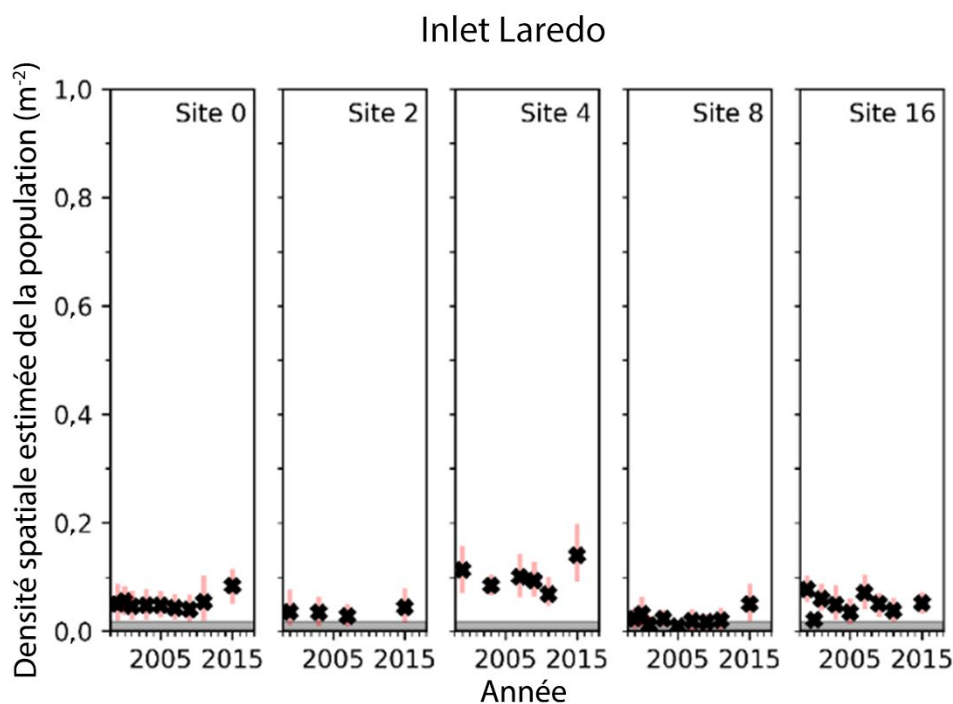
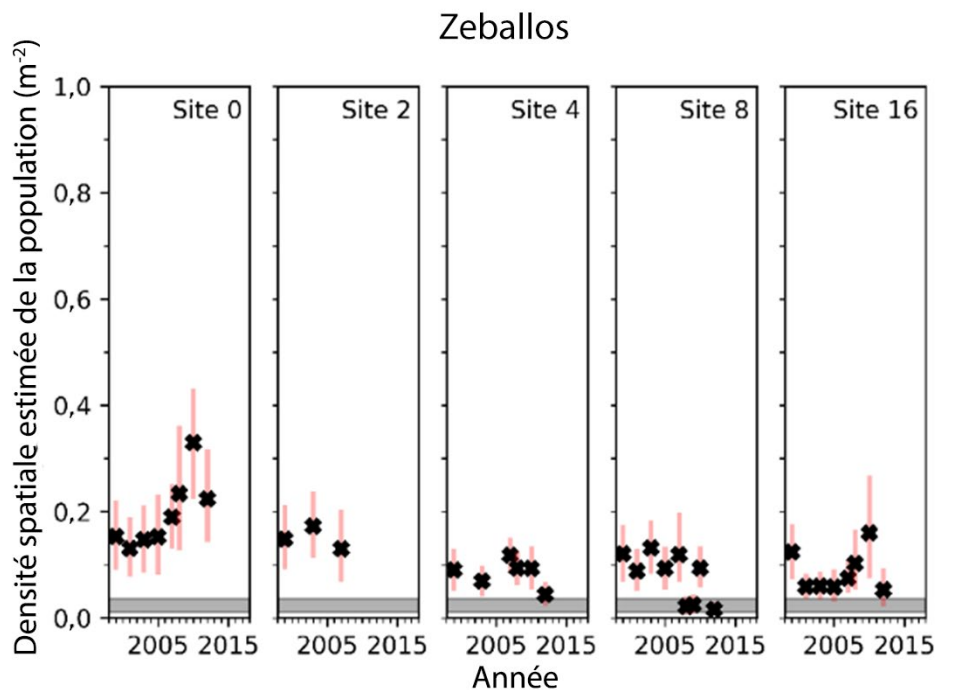


Figure 2. Estimation de la densité spatiale de la population par zone de pêche expérimentale, site et année. Les lignes roses indiquent les limites de confiance à 95 % de la densité spatiale moyenne estimée de la population (m^{-2}), les x indiquent les médianes et les barres grises indiquent les intervalles de confiance (IC) à 95 % estimés pour la densité minimale dans chaque zone de pêche expérimentale (à l'exclusion des estimations de la densité finale). Faire un zoom avant sur la figure pour voir les petites densités de manière plus détaillée.

On relève des différences considérables dans la productivité latente et la densité entre les zones de pêche expérimentale. Afin d'incorporer une partie de cette variabilité spatiale dans les points de référence, il est recommandé de fixer le PRS à la limite supérieure de l'IC à 99 % de la densité minimale de la population moyennée entre les quatre zones de pêche expérimentale. Il convient de noter que ces minima excluent la dernière année de relevé de manière à assurer que les stocks ont persisté après les minima observés. Le PRS recommandé, dérivé du minimum, est donc de 0,038 holothurie m⁻² (densité spatiale). En ce qui concerne la densité linéaire, cette valeur est de 1,95 holothurie m⁻¹. Comme indiqué ci-dessus, il est recommandé d'exprimer le PRS sous forme de densité spatiale, car la densité linéaire n'est pertinente que pour cet ensemble de données et ne peut être appliquée à d'autres ensembles de données.

Sources d'incertitude

Incertainité du modèle

Comme c'est souvent le cas avec les modèles mathématiques, le modèle utilisé pour décrire le système biologique dans les zones de pêche expérimentale est une approximation du système réel. Surtout, le modèle suppose que le système est stationnaire; la distribution conjointe des valeurs des paramètres ne change pas avec le temps. Implicitement, cette hypothèse signifie que les changements dans les niveaux de stock sont entièrement attribuables à la récolte, à la productivité et aux effets aléatoires de l'année. On ne tient pas compte des baisses de niveau du stock qui sont attribuables à des facteurs autres que la pêche commerciale, comme les changements climatiques ou la prédation.

Changements climatiques

Bien que d'autres recherches soient nécessaires pour mieux comprendre les effets de l'acidification des océans, les données existantes montrent qu'il existe des effets négatifs directs et indirects potentiels sur les échinodermes (Haigh *et al.* 2015). Aucune étude connue ne porte sur les effets de l'acidification des océans sur l'holothurie de Californie, mais une étude sur une espèce vivant sur des récifs (*Holothuria* sp.) a révélé une altération de la motilité des spermatozoïdes à des valeurs basses du pH (Morita *et al.* 2010). Le déclin des holothuries pourrait avoir un effet néfaste sur les fonctions du cycle des éléments nutritifs qu'elles assurent dans les écosystèmes, mais les effets au niveau de l'écosystème restent inconnus. Des recherches ultérieures pourraient permettre d'introduire les effets des changements climatiques dans le modèle.

Point de référence D_{rétablissement}

L'utilisation de D_{rétablissement}, la densité historique la plus faible à partir de laquelle on a observé un rétablissement, ou de ses dérivations comme PRL, est assortie d'une incertitude. Tout d'abord, l'hypothèse d'un rétablissement dans le futur dépend des conditions qui prévalent à ce moment-là. Si les futurs facteurs de la productivité (comme le succès du recrutement, la mortalité naturelle) sont aussi bons, voire meilleurs que les facteurs passés de la productivité, il est raisonnable de s'attendre à un rétablissement similaire. Toutefois, si la productivité diminue, le rétablissement devient plus incertain. Il est raisonnable de s'attendre à ce qu'un site se rétablisse à partir de D_{rétablissement} si le recrutement n'a pas été altéré ou entravé (s'il s'agit d'un incident isolé et que les autres zones ne sont pas touchées), mais on ne sait pas ce qui se passerait si plusieurs zones chutaient simultanément à des niveaux correspondant à D_{rétablissement}. Ici, la densité la plus faible à partir de laquelle un rétablissement a été observé s'est produite dans la zone de pêche expérimentale du chenal Laredo. Le PRL est dérivé de façon plus prudente d'une moyenne de deux zones de pêche expérimentale ayant les plus faibles densités globales (chenal Laredo et Zeballos), tout en étant soumises à une pression de pêche

continue (chenal Laredo seulement) et à un moment où la prédation par les étoiles de mer du genre *Pycnopodia* aurait également eu lieu (avant l'apparition de la maladie du dépérissement des étoiles de mer, en 2014 et 2015 sur la côte centrale et nord de la Colombie-Britannique).

Loutres de mer

Les considérations relatives à l'écosystème comprennent les effets potentiels de la loutre de mer (*Enhydra lutris*) sur les invertébrés. Bien que la loutre de mer affiche de fortes préférences en ce qui concerne ses proies et qu'elle ait tendance à cibler les sources de nourriture très énergétiques comme les oursins lorsqu'elle arrive dans une zone, une fois que ces proies sont épuisées, la loutre de mer cible d'autres espèces, notamment les holothuries (Ostfeld 1982).

CONCLUSIONS ET AVIS

- Il est recommandé de continuer à utiliser des quantiles de 0,01 des quantités correspondant à une récolte maximale durable, conformément aux stratégies décrites dans Hand *et al.* (2009). Les quantités estimées qui correspondent à une récolte durable sont fournies dans le tableau 1 pour différentes stratégies de récolte et divers objectifs de niveau de stock après récolte. Les valeurs supérieures des quantités récoltées dans les quatre zones de pêche expérimentale peuvent n'être appropriées que pour les zones à forte productivité.
- Il est recommandé d'utiliser les quantiles de 0,01 des quantités correspondant à une récolte maximale durable qui sont fondées sur la biomasse avant récolte (actuelle) et qui devraient maintenir un niveau de stock minimal de $0,60B_0$ ou $0,80B_0$.
- Fixer le PRL pour toute la côte à $0,029$ holothurie m^{-2} dans l'habitat de l'espèce (densité spatiale) et le PRS à $0,038$ holothurie m^{-2} dans l'habitat de l'espèce (densité spatiale). Ces points de référence sont exprimés sous forme de densité spatiale, car celle-ci est indépendante de la longueur des transects et est donc plus significative sur le plan biologique et comparable entre les zones.
- Il est recommandé de recourir à une étude scientifique indépendante pour évaluer l'état du stock d'holothurie par rapport au PRL et au PRS. Un relevé multispécifique sur les invertébrés benthiques à l'échelle de la côte est en cours d'élaboration dans le cadre d'un processus distinct du Secrétariat canadien des avis scientifiques.
- Des recherches futures pourraient porter sur les facteurs de la productivité, la dynamique source/puits, les effets de la loutre de mer et la pertinence des points de référence à l'échelle de la côte pour l'espèce. Des travaux futurs comparant les points de référence empiriques recommandés aux points de référence fondés sur B_{RMD} ou sur B_0 , élaborés selon des méthodes plus riches en données, pourraient également être explorés à mesure que davantage de données seront disponibles.

LISTE DES PARTICIPANTS DE LA RÉUNION

Nom	Prénom	Organisme d'appartenance
Anderson	Erika	Centre des avis scientifiques du Pacifique, MPO
Bureau	Dominique	MPO – Sciences
Burton	Meghan	MPO – Sciences
Campbell	Jill	Centre des avis scientifiques du Pacifique, MPO
Curtis	Lyanne	MPO – Sciences
Dalton	Alex	MPO – Sciences

Nom	Prénom	Organisme d'appartenance
Duprey	Nick	MPO – Sciences
Fong	Ken	MPO – Sciences
Ganton	Amy	MPO – Gestion des pêches
Hajas	Wayne	MPO – Sciences
Hankewich	Sandie	Nation Kitasoo/Xai'xais
Hansen	Christine	MPO – Sciences
Kanno	Roger	MPO – Gestion des pêches
Krause	Geoff	Pacific Sea Cucumber Harvesters Association
Kripps	Ken	Nation Kitasoo/Xai'xais
LaCoste	Cher	MPO – Sciences
Liptrot	Tom	Pacific Sea Cucumber Harvesters Association
Lohead	Janet	MPO – Sciences
McDonald	Raphael	MPO – Sciences, région des Maritimes (étudiant)
Obradovich	Shannon	MPO – Sciences
Power	Sarah	MPO – Sciences
Ridings	Pauline	MPO – Gestion des pêches
Sameoto	Jessica	MPO – Sciences, région des Maritimes
Spencer	Paul	National Oceanic and Atmospheric Administration
Thiess	Mary	MPO – Sciences, administration centrale
Watkins	Hannah	Université Simon Fraser (étudiante)
Wylie	Erin	MPO – Gestion des pêches

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de la réunion par les pairs régional du 5 au 6 avril 2022 sur la mise à jour des points de référence recommandés et des taux de récolte pour la pêche commerciale du concombre de mer (*Apostichopus californicus*) en Colombie-Britannique. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada](#).

Aalto, E.A., Lafferty, K.D., Sokolow, S.H., Grewelle, R.E., Ben-Horin, T., Boch, C.A., Raimondi, P.T., Bograd, S.J., Hazen, E.L., Jacox, M.G., Micheli, F., and De Leo, G.A. 2020. [Models with environmental drivers offer a plausible mechanism for the rapid spread of infectious disease outbreaks in marine organisms](#). *Scientific Reports*, 10(1), 5975.

Bashevkin, S.M., Dibble, C.D., Dunn, R.P., Hollarsmith, J.A., Ng, G., Satterthwaite, E.V., and Morgan, S.G. 2020. [Larval dispersal in a changing ocean with an emphasis on upwelling regions](#). *Ecosphere*, 11(1), e03015.

Bazinet, A.C., Garner, G.D., and Hansen, S.C. (*in press*). Biomass estimates for sea cucumber (*Apostichopus californicus*) as determined through surveys conducted from 2014 to 2020. *Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci.*

Cameron, J.L., and Fankboner, P.V. (1989). Reproductive biology of the commercial sea cucumber *Parastichopus californicus* (Stimpson) (Echinodermata: Holothuridea) II. Observations on the ecology of development, recruitment, and the juvenile life stage, *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.*, 127, pp. 43-67.

- Fankboner, P.V, and Cameron, J.L. 1985. [Seasonal atrophy of the visceral organs in a sea cucumber](#). Canadian Journal of Zoology, 63(12), 2888–2892.
- Haigh, R., Ianson, D., Holt, C.A., Neate, H.E., and Edwards, A.M. 2015. [Effects of ocean acidification on temperate coastal marine ecosystems and fisheries in the northeast Pacific](#). PloS One, 10(2), e0117533–e0117533.
- Hajas, W., Hand, C., Duprey, N., Lochead, J., and Deault, J. 2011. [Using production models with new and developing fisheries: A case study using the sea cucumber *Parastichopus californicus* in British Columbia, Canada](#). Fisheries Research, 110(3), 421-434.
- Hand, C.M., Hajas, W., Duprey, N., Lochead, J., Deault, J., and Caldwell, J. 2009. [An evaluation of fishery and research data collected during the Phase 1 sea cucumber fishery in British Columbia, 1998 to 2007](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2008/065. x + 115 p.
- Hand, C.M., and Rogers, J. 1999. [Sea Cucumber Phase 1 Fishery Progress Report](#). Canadian Stock Assessment Secretariat. 1991/141.
- Harvell, C.D., Montecino-Latorre, D., Caldwell, J.M., Burt, J.M., Bosley, K., Keller, A., Heron, S.F., Salomon, A.K., Lee, L., Pontier, O., Pattengill-Semmens, C., and Gaydos, J.K. 2019. [Disease epidemic and a marine heat wave are associated with the continental-scale collapse of a pivotal predator \(*Pycnopodia helianthoides*\)](#). Science Advances, 5(1), eaau7042.
- Hilborn, R., and Walters, C.J. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty. Springer Science Business Media.
- Kendall, M.S., Poti, M., and Karnauskas, K.B. 2016. [Climate change and larval transport in the ocean: Fractional effects from physical and physiological factors](#). Global Change Biology, 22(4), 1532–1547.
- Lambert, P. 1997. Sea cucumbers of British Columbia, Southeast Alaska and Puget Sound, Royal British Columbia Museum handbook, UBC Press, Vancouver, Canada. 166 p.
- Lambert, P., and Boutillier, J.A. 2011. [Deep-sea echinodermata of British Columbia, Canada](#).
- Lester, S.E., Tobin, E.D., and Behrens, M.D. 2007. Disease dynamics and the potential role of thermal stress in the sea urchin, *Strongylocentrotus purpuratus*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 64(2), 314–323.
- Marentette, J.R., Kronlund, A.R., Cogliati, K.M. 2021. [Spécification des points de référence de l'approche de précaution et des règles de contrôle des prises dans les principaux stocks exploités gérés et évalués au niveau national au Canada](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2021/057. vii + 112 p.
- Morita, M., Suwa, R., Iguchi, A., Nakamura, M., Shimada, K., Sakai, K., and Suzuki, A. 2010. [Ocean acidification reduces sperm flagellar motility in broadcast spawning reef invertebrates](#). Zygote (Cambridge, England), 18(2), 103–107.
- MPO. 2009. [Cadre décisionnel pour les pêches en conformité avec l'approche de précaution](#).
- MPO. 2022. [Résumé du Plan de gestion intégrée des pêcheries : Holothurie \(*Apostichopus californicus*\) en plongée - Région du Pacifique, 2022/2023](#).
- Nichol, L.M., Watson J.C., Abernethy, R, Rechsteiner, E., and Towers, J. 2015. [Trends in the abundance and distribution of sea otters \(*Enhydra lutris*\) in British Columbia updated with 2013 survey results](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2015/039. vii + 31 p.

- Ostfeld, R.S. 1982. Foraging strategies and prey switching in the California sea otter. *Oecologia*, 53(2), 170–178.
- Perry, R.I., Walters, C.J., and Boutillier, J.A. 1999. A framework for providing scientific advice for the management of new and developing invertebrate fisheries. *Rev. in Fish Biol. and Biology*, 9, 125-150.
- Phillips, A.C., and Boutillier, J.A. 1998. Stock assessment and quota options for the sea cucumber fishery. In: B.J. Waddell, G.E. Gillespie, and L.C. Walther (eds.), *invertebrate working papers reviewed by the Pacific Stock Assessment Review Committee (PSARC) in 1995. Part 2. Echinoderms*. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2215:147–169.
- Read, K.D., Lemay, M.A., Acheson, S., and E.G. Boulding. 2012. Using molecular pedigree reconstruction to evaluate the long-term survival of outplanned hatchery-reared larval and juvenile northern abalone (*Haliotis kamtschatkana*). *Conserv. Genet.* 13, 801-810.
- Ricker, W.E. 1975. *Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations*. Blackburn Press.
- Scheibling, R.E. 1984. [Echinoids, epizootics and ecological stability in the rocky subtidal off Nova Scotia, Canada](#). *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, 37(1), 233–242.
- Scheibling, R.E., and Stephenson, R.L. 1984. [Mass mortality of *Strongylocentrotus droebachiensis* \(Echinodermata: Echinoidea\) off Nova Scotia, Canada](#). *Marine Biology*, 78(2), 153–164.
- Smale, D.A., Wernberg, T., Oliver, E.C.J., Thomsen, M., Harvey, B.P., Straub, S.C., Burrows, M.T., Alexander, L.V., Benthuyssen, J.A., Donat, M.G., Feng, M., Hobday, A.J., Holbrook, N.J., Perkins-Kirkpatrick, S.E., Scannell, H.A., Sen Gupta, A., Payne, B.L., and Moore, P.J. 2019. [Marine heatwaves threaten global biodiversity and the provision of ecosystem services](#). *Nature Climate Change*, 9(4), 306–312.
- Stephenson, P.H., Elliot, S.J., Foster, L.T., and Harris, J. 1995. *A persistent spirit: towards understanding Aboriginal health in British Columbia*. Canadian Western Geographical Series. Vol. 31. Victoria: Department of Geography. University of Victoria.
- Stimpson, W. 1857. On the Crustacea and Echinodermata of the Pacific shores of North America. *Boston Journal of Natural History*, 6, 444-532, pls.18-23.
- Strathmann, R.R. 1978. [The evolution and loss of feeding larval stages of marine invertebrates](#). *Evolution*, 32(4), 894–906.
- Uthicke, S., Schaffelke, B., and Byrne, M. 2009. [A boom-bust phylum? Ecological and evolutionary consequences of density variations in Echinoderms](#). *Ecological Monographs*, 79, 3–24.
- Xuereb, A., Benestan, L., Normandeau, É., Daigle, R.M., Curtis, J.M.R., Bernatchez, L., and Fortin, M.-J. 2018. [Asymmetric oceanographic processes mediate connectivity and population genetic structure, as revealed by RADseq, in a highly dispersive marine invertebrate \(*Parastichopus californicus*\)](#). *Molecular Ecology*, 27(10), 2347–2364.

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada
3190, chemin Hammond Bay
Nanaimo (Colombie-Britannique) V9T 6N7

Courriel : DFO.PacificCSA-CASPacifique.MPO@dfo-mpo.gc.ca

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

ISSN 1919-5117

ISBN 978-0-660-45857-1 N° cat. Fs70-6/2022-051F-PDF

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par la ministre
des Pêches et des Océans, 2022



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2022. Mise à jour des points de référence et des options de récolte pour la pêche de l'holothurie de Californie (*Apostichopus californicus*) en Colombie-Britannique à l'aide des données tirées des zones de pêche expérimentale. Secr. can. des avis. sci. du MPO. Avis sci. 2022/051.

Also available in English:

DFO. 2022. Updated reference points and harvest options for the Giant Red Sea Cucumber (*Apostichopus californicus*) fishery in British Columbia using data from experimental fishing areas. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2022/051.