



ÉVALUATION DES CARACTÉRISTIQUES SEMI-CÔTIÈRES EN FONCTION DES CRITÈRES VISANT À DÉSIGNER LES ZONES D'IMPORTANCE ÉCOLOGIQUE ET BIOLOGIQUE (ZIEB) DANS LA BIORÉGION DU PLATEAU NORD

Contexte

La désignation des zones d'importance écologique et biologique (ZIEB) est une étape qui permettra de respecter les engagements pris par le Canada aux termes de la *Loi sur les océans* (gouvernement du Canada 1997), laquelle établit le cadre législatif d'une approche écosystémique intégrée de la gestion des océans du Canada. La désignation des ZIEB est également un engagement du Canada en tant que signataire de la Convention sur la diversité biologique (CDB). Le Canada a été l'un des premiers pays signataires de la CDB à élaborer des critères et des directives pour désigner des ZIEB (MPO 2004, 2011a), et il a également approuvé les critères scientifiques utilisés dans la CDB pour la désignation des ZIEB¹ (CDB 2008). Dans son avis scientifique, le MPO recommande de désigner les ZIEB à titre de première étape de la planification des réseaux d'aires marines protégées (MPO 2010), conformément à la CDB (2008). Cette approche a été réitérée dans le Cadre national pour le réseau d'aires marines protégées (AMP) du Canada (gouvernement du Canada 2011). La désignation des ZIEB est un élément important du processus de planification du réseau d'AMP en cours dans la biorégion du plateau nord (BPN) conformément aux directives énoncées dans la Stratégie Canada – Colombie-Britannique pour le réseau d'aires marines protégées (2014). L'intégration des ZIEB dans le réseau est une stratégie clé, et les présents travaux fourniront des directives à l'équipe technique des aires marines protégées (ETAMP²) au sujet du processus en cours de planification du réseau d'AMP dans la BPN.

Les zones désignées comme ZIEB ne déclenchent pas automatiquement de nouvelles mesures de gestion. Toutefois, les ZIEB sont considérées comme des aires naturelles spéciales et bénéficient d'une plus grande mesure de l'aversion au risque dans la gestion spatiale marine des activités humaines (MPO 2004, 2011a). La nécessité d'une gestion et le type de mesures de gestion requises pour conserver ou protéger une ZIEB sont déterminés par les caractéristiques écologiques de la ZIEB, notamment la raison pour laquelle elle a été désignée comme telle, le type et l'ampleur des activités humaines qui s'y déroulent ou qui y sont adjacentes, et la façon dont les composantes écologiques et les agents de stress associés à l'activité humaine interagissent.

La présente réponse des Sciences découle du processus de réponse des Sciences du 14 juin 2017 sur l'Évaluation des caractéristiques semi-côtières en fonction des critères visant à

¹ La Convention sur la diversité biologique définit les ZIEB comme des zones marines d'importance écologique ou biologique, mais nous les désignerons comme des zones d'importance écologique et biologique afin de respecter la terminologie du MPO.

² L'ETAMP est l'équipe technique responsable de la conception et de la mise en œuvre du processus de planification du réseau d'AMP dans la BPN, et est composée de représentants du gouvernement fédéral, de la province de la Colombie-Britannique et de 16 Premières Nations partenaires.

désigner les zones d'importance écologique et biologique (ZIEB) dans la biorégion du plateau nord.

Renseignements de base

Définition et désignation d'une ZIEB

Une ZIEB est définie comme une zone particulièrement importante sur le plan écologique ou biologique où il faut appliquer une plus grande aversion pour le risque dans la gestion des activités (MPO 2004). En outre, on s'attend à ce que les perturbations entraînent des conséquences écologiques plus importantes dans les ZIEB que dans les zones environnantes exposées à des perturbations comparables. À l'instar du MPO, la CDB (2008) définit une ZIEB comme une zone importante pour le bon fonctionnement de nos océans et les services qu'ils fournissent.

Les critères scientifiques utilisés pour désigner les ZIEB ont été établis aux niveaux national (MPO 2004) et international (CDB 2008) (encadrés 1 et 2, respectivement). Les critères du MPO et de la CDB se chevauchent (Tableau 1), et il est généralement admis que l'un ou l'autre des ensembles de critères mènera à la désignation de zones semblables (Westhead *et al.* 2013; MPO 2012; Gregr *et al.* 2012). Les ZIEB peuvent être désignées en fonction d'une seule espèce (p. ex. frayères ou regroupements d'espèces) ou de plusieurs caractéristiques (p. ex. zones de grande diversité ou productivité ou de chevauchement de nombreuses ZIEB monospécifiques). Dans la région du Pacifique, les ZIEB monospécifiques sont appelées « zones importantes » ou ZI. Dans un avis scientifique (MPO 2004), le MPO indique que les caractéristiques ou les zones qui sont classées « élevées » pour au moins un des critères suivants : caractère unique, conséquences sur la valeur adaptative ou regroupement, peuvent être désignées comme des ZIEB. Une caractéristique ou une zone classée au-dessus de la moyenne (« moyenne » ou « élevée ») pour plusieurs critères répond également aux critères d'une ZIEB (MPO 2004).

Encadré 1. Sommaire des critères du MPO (2004) relatifs aux ZIEB, reproduit de Hastings *et al.* (2014)

1. Caractère unique

- La zone présente des caractéristiques uniques, rares ou distinctes.

2. Regroupement

- On trouve un nombre important d'individus de l'espèce dans la zone pendant une certaine période de l'année.
- Un nombre important d'individus de l'espèce utilise la zone pour accomplir une fonction de leur cycle biologique.
- Une caractéristique structurale ou un processus écologique est observé en haute densité dans la zone.

3. Conséquences sur la valeur adaptative

- Les activités liées au cycle biologique d'une espèce ou d'une population dans la région influent fortement sur sa valeur adaptative.

Région du Pacifique

4. Résilience

- Les structures de l'habitat ou les espèces présentes dans la zone sont très sensibles, facilement perturbées ou lentes à se rétablir.

5. Caractère naturel

- La région est relativement vierge, avec peu ou pas de preuves d'influence humaine.

Encadré 2. Sommaire des critères de la CDB (2008), reproduit de Hastings *et al.* (2014)

1. Caractère unique ou rareté

- Présence d'une espèce, d'une population ou d'une communauté unique, rare ou endémique.
- Présence d'un habitat ou d'un écosystème unique, rare ou distinct.
- Présence d'une caractéristique géomorphologique ou océanographique unique ou inhabituelle.

2. Importance particulière pour les stades biologiques des espèces

- La zone est nécessaire à la survie et à l'épanouissement d'une population (p. ex. aires de reproduction ou de croissance, aires de frai, habitat des espèces migratrices).

3. Importance pour des espèces menacées, en déclin ou en voie de disparition, ou pour leurs habitats

- La zone contient un habitat essentiel à la survie et au rétablissement d'espèces en voie de disparition, menacées ou en déclin.
- Des assemblages importants d'espèces en voie de disparition, menacées ou en déclin se trouvent dans la région.

4. Vulnérabilité, fragilité, sensibilité ou lent rétablissement

- La zone contient une proportion élevée d'habitats, de biotopes ou d'espèces sensibles qui sont particulièrement vulnérables à la dégradation ou à l'épuisement ou qui se rétablissent lentement.

5. Productivité biologique

- La zone abrite des espèces, des populations ou des communautés dont la productivité biologique naturelle est supérieure à celle d'autres aires.

6. Diversité biologique

- La zone contient une diversité supérieure à celle d'autres écosystèmes, habitats, communautés ou espèces.
- Une diversité génétique supérieure à celle d'autres aires est observée dans la région.

7. Caractère naturel

- Présente un degré de naturalité supérieur à d'autres aires en raison d'une pression anthropique faible ou nulle.

Tableau 1. Chevauchement entre les critères du MPO et de la CDB indiqués dans Hastings et al. (2014), Westhead et al. (2013) et Ban et al. (2016). L'ombrage indique un chevauchement entre deux critères.

CDB (2008)	MPO (2004)				
	Caractère unique	Regroupement	Conséquences sur la valeur adaptative	Résilience	Caractère naturel
Caractère unique ou rareté	X				
Importance particulière pour des stades biologiques des espèces		X	X		
Importance pour des espèces menacées, en déclin ou en voie de disparition, ou pour leurs habitats		X	X		
Vulnérabilité, fragilité, sensibilité ou lent rétablissement				X	
Productivité biologique		X			
Diversité biologique					
Caractère naturel					X

Processus antérieurs relatifs aux ZIEB dans la biorégion du plateau nord

Des ZIEB ont été désignées dans la BPN (Figure 1) en 2006 (Clarke et Jamieson 2006a, 2006b) et examinées dans le cadre d'un processus régional d'examen par les pairs du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) en février 2012 (MPO 2013). Toutefois, ce processus ne comprenait pas d'analyse exhaustive des zones littorales (définies comme étant à 0,25 km de la côte, MPO 2013). Par conséquent, le Secteur des océans de la Direction générale de la gestion des écosystèmes du MPO a demandé au Secteur des sciences du MPO un avis sur les zones littorales de la BPN qui répondent aux critères des ZIEB.

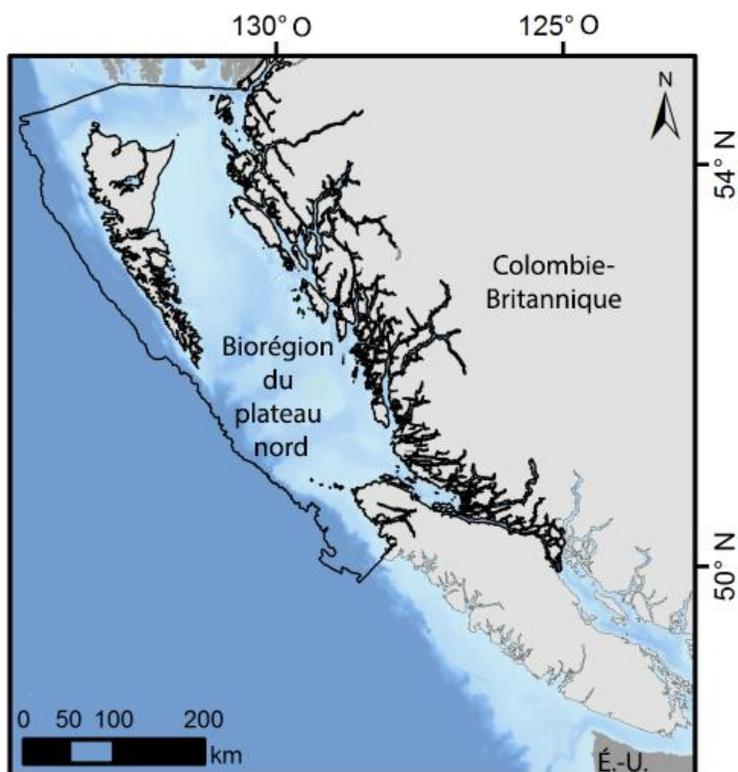


Figure 1. Étendue de la biorégion du plateau nord (BPN) en Colombie-Britannique.

Gregr et ses collaborateurs (2012) ont défini les zones littorales comme les zones du plateau d'une profondeur inférieure à 50 m. Toutefois, une mesure fondée sur la profondeur inclut les bancs peu profonds loin de la rive et omet les régions profondes près de celle-ci (p. ex. dans les fjords). Aux fins de la présente analyse, nous suivons généralement la définition des zones littorales décrite dans Rubidge *et al.* (2018) : les zones d'une profondeur de moins de 20 m situées à moins de 2 km du rivage, plus toutes les eaux partiellement fermées (baies, anses et fjords).

Ce projet évalue cinq caractéristiques littorales (forêts de varech formant une canopée, herbiers de zostère, estuaires, herbiers de phyllospadix et passages à fort courant de marée) en fonction des critères établis pour les ZIEB. Ces cinq caractéristiques ont été sélectionnées pour former un ensemble préliminaire de ZIEB littorales potentielles parce que leur importance écologique a été reconnue, mais elles n'ont pas été officiellement évaluées en fonction des critères relatifs aux ZIEB dans la région du Pacifique. Les plantes marines, y compris les herbiers de zostère et les forêts de varech, ont été désignées comme constituant des ZIEB dans la région des Maritimes (Kenchington 2014); la zostère a été désignée comme une espèce importante sur le plan écologique³ dans la région du Golfe (MPO 2009); et le varech, la zostère et le phyllospadix ont été désignés comme des priorités pour la conservation dans le processus du réseau d'AMP de la BPN (MPO 2017). De plus, les embouchures et les estuaires des fleuves ont été désignés comme des ZIEB dans le processus initial des ZIEB dans la BPN (Clarke et Jamieson 2006b),

³ Espèces qui revêtent une importance écologique particulièrement élevée et qui justifient des mesures de gestion spéciales, comme les prédateurs clés et autres prédateurs très influents, les principales espèces fourragères, les espèces qui importent et exportent des éléments nutritifs, et les espèces formant un habitat (Rice 2006; MPO 2007a).

mais n'ont pas été officiellement évalués en fonction des critères de la CDB et n'ont pas été cartographiés.

Il est important de noter que les cinq caractéristiques dont il est question ici ne sont qu'une évaluation initiale des caractéristiques littorales et qu'il ne s'agit pas des seules ZIEB littorales possibles. Plusieurs autres caractéristiques biogéniques ou physiques du littoral pourront être évaluées à l'avenir (p. ex. bancs de palourdes, moulières, récifs rocheux).

Les méthodes utilisées ici pour évaluer les ZIEB suivent celles décrites par Ban et ses collaborateurs (2016). Ces méthodes fusionnent les critères du MPO et ceux relatifs aux ZIEB en huit critères fondés sur le chevauchement conceptuel (voir les définitions et un sommaire du chevauchement dans le Tableau 1 et les encadrés 1 et 2). L'approche décrite par Ban et ses collaborateurs (2016) a été examinée et approuvée dans le cadre d'un processus régional d'examen par les pairs du SCCS en février 2015 (MPO 2016), qui a estimé qu'elle constitue une méthode défendable pour désigner les ZIEB. Les espèces importantes sur le plan écologique et les priorités en matière de conservation ont été déterminées pour le réseau d'AMP dans la BPN (MPO 2017; Gale *et al.* 2019; les espèces importantes sur le plan écologique sont considérées comme celles qui reçoivent une note de « forte correspondance » pour le critère 1.2 dans Gale *et al.* 2019) sont également incluses dans cette évaluation de la ZIEB au moyen des liens connus entre l'habitat et les cinq caractéristiques littorales évaluées. Ces liens font ressortir l'importance de ces habitats pour les espèces importantes sur le plan écologique.

Analyse et réponse

Selon Ban et ses collaborateurs (2016), chaque caractéristique a été évaluée en fonction des critères combinés relatifs aux ZIEB (voir les définitions des critères dans les encadrés 1 et 2). Tous les critères de désignation des ZIEB se rapportent à la zone environnante, qui comprend le fond marin et la colonne d'eau autour de la caractéristique évaluée. « Caractéristique » désigne les structures biologiques créées par les espèces (p. ex. forêt de varech formant une canopée) ou par les caractéristiques physiques de la région (p. ex. récif rocheux, estuaire, passage à fort courant de marée). Les critères relatifs aux ZIEB ont été appliqués à chaque caractéristique de la façon suivante :

Caractère unique ou rareté : Ce critère a été appliqué à la caractéristique comme telle, et non aux espèces qui l'occupent.

Importance particulière pour les stades biologiques des espèces : Ce critère est axé sur les espèces qui utilisent la caractéristique pour des stades particuliers de leur cycle biologique.

Importance pour des espèces menacées, en déclin ou en voie de disparition, ou pour leur habitat : Ce critère a été appliqué tant aux caractéristiques comme telles qu'aux espèces qui les habitent.

Vulnérabilité, fragilité, sensibilité ou rétablissement lent : Ce critère a été appliqué aux composantes biologiques de la caractéristique.

Productivité biologique : Ce critère a été évalué en examinant la productivité relative à proximité de la caractéristique.

Diversité biologique : Ce critère a été évalué en examinant la biodiversité relative à l'intérieur de la caractéristique (p. ex. le nombre d'espèces qui utilisent la caractéristique comme habitat).

Caractère naturel : Ce critère a été appliqué en fonction de l'état de la caractéristique évaluée. Dans tous les cas, les caractéristiques visées par la présente évaluation se trouvent dans la

Région du Pacifique

zone d'étude et, par conséquent, sont soumises à différents impacts humains. Une analyse portant spécifiquement sur la répartition des impacts humains dans l'ensemble de la BPN est nécessaire pour localiser les zones présentant le plus grand caractère naturel.

Regroupement : Ce critère est lié au stade biologique et à la productivité et a été appliqué à la fois à la caractéristique comme telle et aux espèces qui l'occupent.

Forêt de varech formant une canopée

Introduction

Deux espèces de varech formant une canopée prédominent le long de la côte Est du Pacifique Nord, une vivace, *Macrocystis pyrifera* (laminaire géante) et une annuelle, *Nereocystis luetkeana* (nereocystis de Lutke). Les grandes parcelles de laminaire géante ou de nereocystis de Lutke visibles à la surface sont souvent appelées « forêts de varech » et sont au cœur de la présente évaluation. Cependant, il existe de nombreux autres genres de varech (p. ex. *Laminaria*, *Alaria*, *Pterygophora*) qui créent des canopées au milieu de la colonne d'eau et qui revêtent une importance écologique potentiellement similaire. Les varechs de la zone pélagique devraient donc être une priorité dans les évaluations futures de cette caractéristique. Réparties sur des substrats rocheux et mixtes dans les eaux néritiques (généralement à 20 m), les forêts de varech figurent parmi les écosystèmes les plus productifs au monde (Mann 1973; MPO 2009). Elles fournissent une variété de services écosystémiques importants, dont la création d'habitats côtiers (Markel 2011; Markel et Shurin 2015), la séquestration du carbone (Wilmers *et al.* 2012) et la protection des rives (Tallis *et al.* 2012). Les deux espèces ont été désignées comme des espèces importantes sur le plan écologique et comme des priorités de conservation pour le réseau d'AMP de la BPN (MPO 2017).

Répartition

La laminaire géante et le nereocystis de Lutke sont présents de l'Alaska au Mexique (Druehl 2001) et ils ont une vaste répartition en Colombie-Britannique. Le nereocystis de Lutke se trouve souvent dans des eaux à énergie de modérée à élevée, et la laminaire géante dans des eaux à énergie de modérée à faible. Les peuplements mixtes ne sont pas rares en Colombie-Britannique, où l'on observe souvent le nereocystis de Lutke formant une frange dans la zone à plus grande énergie autour des lits de laminaire géante plus proches de la rive (E. Gregr, J. Lessard et S. Jeffery, obs. pers.⁴). Les forêts de varech composées principalement de nereocystis de Lutke sont aussi couramment observées sur des substrats convenables dans des zones peu profondes plus loin du rivage.

Description de la caractéristique

En général, les écosystèmes des forêts de varech soutiennent les espèces côtières grâce à deux processus écologiques distincts (Markel 2011). Tout d'abord, en créant et en améliorant l'habitat (p. ex. Trebilco *et al.* 2015), ensuite par la production primaire (Duggins 1988; Steneck *et al.* 2002; Markel 2011). Dans une forêt de varech, la structure tridimensionnelle complexe sur le plan spatial accroît l'abondance et la diversité des organismes côtiers (Duggins 1988; Steneck *et al.* 2002); sa composante verticale est connue pour être utilisée par les poissons de récifs de la zone pélagique (Hallacher et Roberts 1985; Ebeling et Laur 1988; Markel et Shurin 2015), ainsi que par les saumons coho et quinnat juvéniles (Daly *et al.* 2009). Les habitats benthiques et de lisière, ainsi que les plantes elles-mêmes, fournissent des habitats à d'autres espèces (Duggins 1988). Par exemple, les varechs servent de substrat à de nombreux petits invertébrés planctonophages et détritivores (Graham *et al.* 2008). Cette forte complexité de

⁴ Pêches et Océans Canada, Victoria/Nanaimo (Colombie-Britannique) 2019.

l'habitat mène à une grande diversité d'espèces (Graham et al. 2007) et à une complexité trophique (Graham et al. 2008), en partie en offrant des refuges contre les prédateurs (Lee et al. 2016). L'augmentation de la rétention des particules en suspension (Graham 2003) peut également améliorer l'habitat de nurserie et de croissance, alors qu'à une plus grande échelle, la taille et la configuration des forêts de varech modifient l'hydrodynamique côtière (Eckman et al. 1989; Graham 2003; Wu et al. 2017), ce qui peut influencer le recrutement des poissons et des invertébrés dans leur phase larvaire littorale (Eckman et al. 1989; Graham 2003; Markel 2011). Bon nombre des espèces qui utilisent les forêts de varech et qui en dépendent à des stades critiques de leur cycle vital ont été identifiées comme des priorités de conservation pour la planification du réseau d'AMP de la BPN (Rubidge et al. 2020).

Évaluation en fonction des critères relatifs aux ZIEB

On a évalué les caractéristiques des forêts de varech en fonction des critères relatifs aux ZIEB afin de déterminer si elles devraient être incluses dans les ZIEB littorales (Tableau 2).

Tableau 2. Évaluation des forêts de varech en fonction des huit critères relatifs aux ZIEB (encadrés 1 et 2). Info insuf. : Information insuffisante.

Critères relatifs aux ZIEB	Classement de la pertinence du critère			
	Info insuf.	Faible	Moyenne	Élevée
Caractère unique ou rareté			X	
<p>Justification : Les forêts de varech sont une caractéristique biogénique unique de l'habitat qui soutient diverses espèces côtières en leur fournissant des habitats et en améliorant la production primaire (Steneck <i>et al.</i> 2002; Markel 2011; Lee <i>et al.</i> 2016). La structure tridimensionnelle complexe améliore l'habitat (Duggins, 1988; Steneck <i>et al.</i> 2002) et accroît l'abondance, la diversité et la complexité trophique des espèces (Graham <i>et al.</i> 2007, 2008). L'augmentation de la rétention des particules en suspension (Graham 2003) peut également améliorer l'habitat de nurserie et de croissance. À l'échelle régionale, la taille et la configuration des forêts de varech modifient l'hydrodynamique côtière (Eckman <i>et al.</i> 1989; Graham 2003, Wu <i>et al.</i> 2017), ce qui pourrait améliorer le recrutement des poissons et des invertébrés dans leur phase larvaire littorale (Eckman <i>et al.</i> 1989; Graham 2003; Markel 2011). Malgré la capacité unique du varech à construire une structure complexe en trois dimensions formant une canopée pour de multiples espèces, la note attribuée au critère est Moyenne parce que la caractéristique est largement répandue en Colombie-Britannique.</p>				
Importance particulière pour les stades biologiques des espèces			X	
<p>Justification : Les forêts de varech fournissent un habitat à diverses espèces de poissons, y compris les stades juvéniles et adultes du sébaste (Hallacher et Roberts 1985; Ebeling et Laur 1988; Markel et Shurin 2015), du saumon (Shaffer 2004; Daly <i>et al.</i> 2009) et d'invertébrés (Krumhansl et Scheibling 2012; Lee <i>et al.</i> 2016). Ils servent également de substrat pour de petits invertébrés (Graham <i>et al.</i> 2008). Malgré la fourniture d'habitats à une gamme d'espèces au cours des premiers stades critiques de leur cycle biologique, une note Moyenne est attribuée parce que la plupart des espèces persistent en l'absence de canopée de varech (voir cependant Graham 2004), peut-être en raison de la contribution semblable du varech de sous-étage dans les eaux plus profondes.</p>				

**Réponse des Sciences : ZIEB littorales
dans la biorégion du plateau nord**

Région du Pacifique

Critères relatifs aux ZIEB	Classement de la pertinence du critère			
	Info insuf.	Faible	Moyenne	Élevée
Importance pour des espèces menacées, en déclin ou en voie de disparition, ou pour leurs habitats			X	
<p>Justification : Les forêts de varech créent un habitat important pour une diversité d'espèces, dont certaines peuvent être en déclin ou inscrites comme espèces en péril (p. ex. l'ormeau nordique en voie de disparition; MPO 2007b; Lee <i>et al.</i> 2016). Les forêts de varech peuvent être assez importantes pour de nombreux poissons visés par la pêche commerciale, particulièrement aux premiers stades de leur cycle biologique (p. ex. Daly <i>et al.</i> 2009; Markel et Shurin 2015). Le supplément nutritionnel procuré aux niveaux trophiques plus élevés par la production primaire considérable peut également constituer un soutien nutritionnel important pour les espèces en déclin et les espèces en péril comme certaines espèces de sébastes. La note attribuée est Moyenne malgré l'importance probable du varech pour des espèces menacées et en déclin, car la plupart de ces espèces peuvent se trouver dans d'autres habitats en l'absence de varech.</p>				
Vulnérabilité, fragilité, sensibilité ou lent rétablissement		X		
<p>Justification : Les forêts de varech sont composées d'espèces à croissance rapide qui sont fonctionnellement robustes et semblent assez résilientes. Les menaces les plus directes sont l'augmentation de la température de l'eau et les changements connexes de la dynamique trophique menant à une augmentation de l'herbivorisme et des espèces envahissantes (Schiel et Foster 2015; Krumhansl <i>et al.</i> 2017), ce qui peut entraîner la perte permanente de forêts de varech.</p>				
Productivité biologique				X
<p>Justification : Les forêts de varech sont l'un des écosystèmes les plus productifs de la planète (Mann 1973; Krumhansl <i>et al.</i> 2016). Elles fournissent jusqu'à 30 % de plus de biomasse que la même caractéristique de récif rocheux dominée par des invertébrés brouteurs, contribuant de façon significative à la productivité globale de la côte Est du Pacifique Nord (GREGR 2016). Cette biomasse améliore la production secondaire en alimentant une gamme de détritivores et de brouteurs (Steneck <i>et al.</i> 2002). La production primaire dérivée du varech peut également compléter les organismes filtreurs à certains endroits (p. ex. Duggins <i>et al.</i> 1989; Salomon <i>et al.</i> 2008) ou à certaines périodes (Ramshaw 2012) lorsque la productivité primaire planctonique est réduite. On a déterminé que les forêts de varech sont importantes non seulement en tant qu'importatrices de nutriments, mais également, avec d'autres macroalgues et plantes marines, pour la réduction du carbone atmosphérique et la séquestration du carbone (voir Krause-Jensen et Duarte 2016; Wilmers <i>et al.</i> 2012).</p>				
Diversité biologique				X
<p>Justification : La fonction de création d'habitats assurée par les forêts de varech accroît la diversité des espèces, les communautés uniques et la densité de certaines espèces et de certains stades biologiques (Steneck <i>et al.</i> 2002; Graham 2004; Koenigs <i>et al.</i> 2015; Gregr 2016).</p>				

Critères relatifs aux ZIEB	Classement de la pertinence du critère			
	Info insuf.	Faible	Moyenne	Élevée
Caractère naturel	Variable			
<p>Justification : La répartition des varechs formant une canopée, particulièrement en ce qui concerne la profondeur et l'étendue de la canopée, est fortement influencée par la présence de loutres de mer (Estes et Palmisano 1974; Watson et Estes 2011). En l'absence de loutres de mer, la répartition des varechs formant une canopée est réduite par le broutage des oursins de mer dans des eaux peu profondes à plus grande énergie (Duggins 1980; Steneck <i>et al.</i> 2002). La consommation d'herbivores par les loutres de mer, lorsqu'elles sont présentes, peut permettre au varech de se rétablir et de former une vaste canopée et des forêts à biomasse élevée, qui peuvent être considérées comme un état plus naturel (Estes et Palmisano 1974; Watson et Estes 2011). Les populations de loutres de mer ne se sont pas entièrement rétablies du commerce maritime des fourrures, mais là où les loutres abondent (p. ex. baie Kyuquot, côte centrale près de Bella Bella), les forêts de varech sont souvent plus grandes, plus denses et plus profondes (Watson et Estes 2011; Lee <i>et al.</i> 2016). La fragmentation des forêts de varech occupées par les loutres de mer entraîne une répartition inégale du caractère naturel pour le varech formant une canopée dans la BPN; c'est pourquoi ce critère a été classé comme Variable.</p>				
Regroupement				X
<p>Justification : La fonction de création d'habitats assurée par les forêts de varech accroît la diversité et la densité de certaines espèces et de certains stades biologiques, ce qui en fait une caractéristique importante pour le regroupement comparativement aux zones environnantes à l'extérieur des forêts de varech formant une canopée (Duggins 1988; Graham <i>et al.</i> 2007).</p>				

Sommaire

Les forêts de varech ont obtenu une note Élevée pour trois critères sur huit et une note Moyenne pour trois critères sur huit, ce qui démontre que cette caractéristique répond aux critères relatifs aux ZIEB. Le varech a obtenu une note Élevée pour la productivité, la diversité biologique et le regroupement; Moyenne pour le caractère unique, l'importance particulière pour des stades du cycle biologique et l'importance pour des espèces menacées ou en déclin; Faible pour la vulnérabilité et Variable pour le caractère naturel. Une analyse approfondie de l'étendue de la canopée et de la biomasse, reliant l'analyse de télédétection vérifiée sur le terrain, en cours d'adaptation à la côte de la Colombie-Britannique (p. ex. Nijland *et al.* 2019), à la modélisation de la répartition des espèces, facilitera la détermination des caractéristiques des récifs rocheux susceptibles de soutenir de grandes ZIEB de forêts de varech formant une canopée.

Herbiers de zostère

Introduction

La zostère indigène, *Zostera marina*, est une plante vivace appartenant à un groupe de plantes appelées herbiers marins⁵ qui forment des habitats d'herbier le long de la côte de la Colombie-Britannique. Une espèce de zostère non indigène est également présente en Colombie-

⁵ Le terme « herbier marin » est utilisé pour décrire les plantes vasculaires qui poussent submergées ou partiellement submergées dans les eaux marines ou estuariennes et qui ont la capacité unique d'accomplir leur reproduction sexuelle pendant qu'elles sont immergées dans un environnement salin (Scagel 1971).

Britannique (*Zostera japonica*) et peut former des herbiers mixtes avec l'espèce indigène dans la BPN. Les zones littorales qui abritent les herbiers de zostère (aussi appelées zostérais) n'ont pas encore été évaluées en fonction des critères relatifs aux ZIEB dans la BPN. La zostère a été désignée comme une espèce importante sur le plan écologique dans l'est du Canada (MPO 2009) et comme une priorité de conservation écologique pour la BPN (MPO 2017) en raison de son rôle dans la fourniture d'un habitat biogénique important pour de nombreuses espèces. Les zostères sont également des producteurs primaires très importants, se classant parmi les écosystèmes les plus productifs au monde (MPO 2009), et sont reconnues comme des fournisseurs de services écosystémiques importants (p. ex. la séquestration du carbone, la stabilité des rives, la prévention de l'érosion, l'amélioration de la clarté de l'eau, la réduction des agents pathogènes et la création d'habitats du poisson) (Orth *et al.* 1984; Hughes 2002; MPO 2009; Vandermeulen 2009; Barbier *et al.* 2011; Plummer *et al.* 2012; Duarte *et al.* 2013; Lamb *et al.* 2017).

Répartition

La zostère est la principale espèce d'herbier marin en Colombie-Britannique (BC MSRM 2002), où elle forme de vastes herbiers dans des zones infratidales et intertidales peu profondes, en particulier dans les estuaires. Les herbiers de zostère se trouvent le plus souvent dans les zones protégées des vagues, couvrant notamment de grandes zones dans les échancrures, et dans les têtes peu profondes des estuaires des bras de mer (Pojar et MacKinnon 1994). Ils sont également largement répartis sous forme de lits éparpillés et frangeants dans les zones côtières de la BPN. L'un des plus grands herbiers de zostère de la région est situé sur le banc Flora, dans l'estuaire de la rivière Skeena. Le banc Flora abrite de 50 % à 60 % de l'ensemble de la zostère de l'estuaire de la Skeena et est considéré comme une zone de croissance vitale du poisson (Hoos 1975; Moore *et al.* 2015).

Description de la caractéristique

Les herbiers de zostère exercent une grande influence en modifiant l'environnement marin environnant et soutiennent plusieurs services écosystémiques marins. Le vaste réseau de rhizomes créé par les herbiers lie les sédiments meubles dans lesquels ils s'enracinent et contribue à prévenir l'érosion (Duarte 2002). La zostère oxygène également la colonne d'eau et les sédiments par la photosynthèse et le transport actif de l'oxygène dans les sédiments (Pregnall *et al.* 1984; MPO 2009). De plus, la forte densité et la structure tridimensionnelle des feuilles de la zostère créent des frictions lorsque les courants et les vagues traversent les herbiers, perturbant le mouvement de l'eau et réduisant davantage l'érosion (Peterson *et al.* 2004). Ce ralentissement de l'eau est également bénéfique parce qu'il augmente le dépôt de sédiments et d'autres particules (y compris des larves), ce qui améliore la clarté de l'eau qui traverse l'herbier (Hemminga *et al.* 1991; Green et Short 2003). Ce dépôt de larves résultant du ralentissement des courants peut contribuer au rôle des herbiers de zostère en tant qu'habitats de nurserie. En plus des services d'approvisionnement qu'ils offrent aux pêches en fournissant des habitats de nurserie et de la stabilisation des rives, les herbiers de zostère sont également très importants pour le stockage et la séquestration du carbone. Par unité de surface, les marais salés et les herbiers marins peuvent enfouir du carbone dans leurs sédiments à des niveaux qui dépassent les taux de stockage dans les forêts boréales et tempérées (Fourqurean *et al.* 2012).

En Colombie-Britannique, les herbiers de zostère soutiennent une communauté biologique diversifiée de poissons et d'invertébrés (p. ex. Robinson *et al.* 2011). Des études ont montré que les herbiers de zostère abritent de fortes densités de poissons et d'invertébrés (Hemminga et Duarte 2000; Murphy *et al.* 2000; Johnson et Thedinga 2005). Les vastes herbiers de zostère

continus peuvent être particulièrement importants, comme celui du banc Flora, près du port de Prince Rupert, en Colombie-Britannique. Moore et ses collaborateurs (2015) indiquent que les relevés ont permis d'observer plus de deux fois plus de saumons juvéniles dans les zostères sur le banc Flora que dans les autres parties de l'estuaire de la Skeena. L'herbier de zostère du banc Flora est également utilisé pour le frai par le hareng du Pacifique, pour la croissance par les crabes dormeurs juvéniles, et abrite des saumons arc-en-ciel en plus grande abondance que dans les autres endroits de l'estuaire de la Skeena (Moore *et al.* 2015). La structure tridimensionnelle de la zostère offre nourriture, abri et habitat, ce qui contribue probablement à la grande diversité et à l'abondance des poissons dans les herbiers de zostère (Orth *et al.* 1984; Jackson *et al.* 2001). De nombreuses espèces de poissons et d'invertébrés présentant des stades larvaires pélagiques comptent également sur les herbiers de zostère comme habitat pour relier leur existence planctonique précoce aux habitats des stades adultes ultérieurs (Beck *et al.* 2001; Smith et Sinerchia 2004).

La zostère a été désignée comme une priorité de conservation pour le réseau d'AMP de la BPN (MPO 2017) en raison de son rôle important en tant qu'espèce formant un habitat. Bon nombre des espèces qui utilisent les herbiers de zostère et qui en dépendent pour des stades critiques de leur cycle vital ont également été identifiées comme des espèces importantes sur le plan écologique et des priorités de conservation pour la planification du réseau d'AMP de la BPN, notamment des espèces de saumons du Pacifique, le hareng du Pacifique, la morue-lingue et plusieurs espèces de sébastes (voir le document de recherche connexe, Rubidge *et al.*, 2020).

Évaluation en fonction des critères relatifs aux ZIEB

On a évalué les caractéristiques des herbiers de zostère en fonction des critères relatifs aux ZIEB afin de déterminer s'ils devraient être inclus dans les ZIEB littorales (Tableau 3).

Tableau 3. Évaluation des herbiers de zostère en fonction des huit critères relatifs aux ZIEB (encadrés 1 et 2). Info insuf. : Information insuffisante.

Critères relatifs aux ZIEB	Classement de la pertinence du critère			
	Info insuf.	Faible	Moyenne	Élevée
Caractère unique ou rareté		X		
<p>Justification : Les herbiers marins, y compris la zostère, sont uniques parmi les plantes à fleurs parce qu'ils constituent le seul groupe de plantes capables d'accomplir leur reproduction sexuelle lorsqu'elles sont immergées dans un environnement marin (Scagel 1971). Toutefois, comme les herbiers de zostère sont omniprésents en Colombie-Britannique et qu'ils ne sont pas uniques à la BPN, la note pour ce critère est Faible et non Élevée.</p>				
Importance particulière pour les stades biologiques des espèces				X
<p>Justification : La zostère est très importante pour de nombreuses espèces, en particulier les poissons juvéniles, car elles fournissent un habitat de nurserie à beaucoup d'entre elles. Les plants de zostère abritent de fortes densités de copépodes harpacticoïdes, qui sont les principales proies des saumons juvéniles durant leur dévalaison (Simenstad <i>et al.</i> 1999); une étude menée dans l'État de Washington a révélé que la principale proie du saumon kéta était essentiellement produite dans l'habitat de zostère (Hass <i>et al.</i> 2002). L'accès à ces proies améliore la valeur adaptative du saumon lorsqu'il pénètre pour la première fois dans l'environnement marin (Moore <i>et al.</i> 2015). La zostère offre également une protection contre la prédation, ce qui améliore encore davantage la survie en mer du saumon durant la dévalaison (Simenstad <i>et al.</i> 1999); on a démontré que la survie du saumon quinnat juvénile était plus grande dans les herbiers de zostère que dans les habitats non végétalisés avoisinants (Semmens 2008).</p> <p>Des études ont également montré que la teneur énergétique des tissus des sébastes qui grandissent dans des herbiers de zostère est plus élevée que celle des sébastes qui effectuent leur croissance dans les autres habitats végétalisés échantillonnés (Byerly 2001; Olson 2017). Ces sébastes présentaient également des mesures plus élevées du remplissage de l'estomac, ce qui peut se traduire par une meilleure valeur adaptative.</p> <p>La zostère est également nécessaire à la survie du biote dépendant de la zostère, comme le syngnathe à lignes grises (de Graaf 2006).</p>				
Importance pour des espèces menacées, en déclin ou en voie de disparition, ou pour leurs habitats				X
<p>Justification : Les herbiers de zostère ont reçu la note Élevée pour ce critère en raison de leur importance pour plusieurs espèces préoccupantes sur le plan de la conservation. Par exemple, on a trouvé des bocaccios juvéniles dans les herbiers de zostère (Murphy <i>et al.</i> 2000; Jeffery 2008; Robinson <i>et al.</i> 2011), une espèce qui figure actuellement sur la liste des espèces en voie de disparition du COSEPA. Les saumons juvéniles (rose, kéta, coho, quinnat et rouge) sont présents en grands nombres dans les herbiers de zostère pendant la période qui suit immédiatement la dévalaison (Murphy <i>et al.</i> 2000; Moore <i>et al.</i> 2015). Plus de 160 stocks de ces espèces dans le réseau hydrographique de la rivière Skeena sont considérés comme préoccupants ou en voie de disparition (Morrell 2000; Connors <i>et al.</i> 2018).</p>				

Critères relatifs aux ZIEB	Classement de la pertinence du critère			
	Info insuf.	Faible	Moyenne	Élevée
Vulnérabilité, fragilité, sensibilité ou lent rétablissement				X
<p>Justification : Les plants de zostère sont très vulnérables à une grande variété d'agents de stress, en particulier les dommages physiques et la dégradation de l'environnement (Short et Wyllie-Echevarria 1996). Des herbiers de zostère entiers ont été perdus dans les zones côtières sous l'effet de changements environnementaux comme l'eutrophisation, la diminution de la pénétration de la lumière ou l'anoxie (Hauxwell <i>et al.</i> 2003; Plus <i>et al.</i> 2003). Des dommages importants causés aux herbiers par le dragage et le mouillage sur une ancre ont également été décrits (Short et Wyllie-Echeverria 1996). Les herbiers de zostère peuvent aussi être lents à se rétablir une fois endommagés ou perdus (Neckles <i>et al.</i> 2005; Boese <i>et al.</i> 2009), et le rétablissement peut être inexistant aux endroits où les plantes ont été complètement éliminées sur de grandes zones (Orth <i>et al.</i> 2006; Duarte <i>et al.</i> 2009). Cette situation peut être exacerbée par le fait que l'expansion et l'entretien des herbiers de zostère du Pacifique Nord-Ouest dépendent en grande partie de la croissance végétative, qui est relativement lente et ne se produit que là où la zostère est déjà présente (Phillips 1983). Des efforts de restauration des herbiers de zostère ont été déployés dans de nombreuses régions du monde, mais les taux de succès sont généralement faibles (Eriander <i>et al.</i> 2016). Malgré cela, certaines tentatives de restauration ont été couronnées de succès dans le Pacifique Nord-Ouest, où les conditions de transplantation sont très favorables à la croissance de la zostère (Gayaldo <i>et al.</i> 2001).</p>				
Productivité biologique				X
<p>Justification : La zostère est un important producteur primaire, et la productivité des épiphytes dans les herbiers de zostère peut égaler celle de la zostère elle-même, doublant ainsi la productivité globale de la région (Penhale 1977). Les herbiers de zostère figurent parmi les écosystèmes les plus productifs au monde (Hemminga et Duarte 2000; MPO 2009). Une grande partie de la productivité primaire des herbiers de zostère est incorporée dans les chaînes alimentaires détritiques qui soutiennent des niveaux trophiques plus élevés (McConnaughey et McRoy 1979). Les herbiers de zostère sont également considérés comme des habitats de nurserie pour des espèces comme le saumon du Pacifique, et améliorent ainsi la productivité des pêches commerciales (Lucas <i>et al.</i> 2007; Moore <i>et al.</i> 2015). Pour certaines espèces tropicales, une réduction de l'étendue des herbiers marins devrait avoir des répercussions directes sur les pêches commerciales (Hemminga et Duarte 2000), et il pourrait en être de même pour les herbiers de zostère dans la BPN.</p>				
Diversité biologique				X
<p>Justification : Les herbiers de zostère ont reçu la note Élevée pour ce critère parce que de nombreuses études ont montré qu'ils abritent une grande diversité de poissons et d'invertébrés. Par exemple, on a recensé 45 espèces de poissons dans 44 traits de senne de plage réalisés dans des herbiers de zostère dans le sud-est de l'Alaska (Johnson et Thedinga 2005), et 52 espèces de poissons dans différents traits de senne de plage à 13 emplacements de zostère à Gwaii Haanas, dans l'archipel de Haida Gwaii (Colombie-Britannique) (Robinson <i>et al.</i> 2011). En outre, des centaines de populations de saumon adaptées localement et génétiquement distinctes utilisent des herbiers de zostère durant leurs stades juvéniles dans la région (Morrell 2000).</p>				

Critères relatifs aux ZIEB	Classement de la pertinence du critère			
	Info insuf.	Faible	Moyenne	Élevée
Caractère naturel	Variable			
<p>Justification : De nombreuses menaces pèsent sur la santé des herbiers de zostère de la BPN, comme l'aménagement du littoral, l'eutrophisation, les structures en surplomb et l'entreposage des billes de bois (MPO 2005; Hall 2008; Thom <i>et al.</i> 2011). Toutefois, il y a aussi de nombreuses zones côtières dans la région où ces activités n'ont pas été pratiquées et où les herbiers de zostère demeurent relativement vierges (p. ex. une grande partie de Haida Gwaii et la forêt pluviale de Great Bear). C'est pour cette raison que les herbiers de zostère présentent différents états de naturalité dans toute la région. Une analyse plus approfondie de l'impact de l'activité humaine sur les herbiers de zostère de la BPN est nécessaire pour localiser davantage d'herbiers vierges.</p>				
Regroupement				X
<p>Justification : De nombreuses études ont démontré que les herbiers de zostère soutiennent des densités élevées d'invertébrés et de poissons juvéniles et adultes (Hemminga et Duarte 2000; Murphy <i>et al.</i> 2000; Johnson et Thedinga 2005), ce qui explique la note Élevée pour ce critère. Plus d'un millier de saumons roses juvéniles ont été capturés dans un seul trait de senne de plage sur le banc Flora dans l'estuaire de la rivière Skeena (Carr-Harris <i>et al.</i> 2015), et plus de 20 000 saumons kéta l'ont été dans un seul trait de senne de plage dans un lit de zostère au sud-est de l'Alaska (Johnson et Thedinga 2005).</p> <p>La forte densité de nombreux poissons dans les herbiers de zostère est probablement attribuable à la structure tridimensionnelle des feuilles qui fournissent de la nourriture, un abri et un habitat (Orth <i>et al.</i> 1984; Jackson <i>et al.</i> 2001), et à l'entraînement des larves du plancton en raison du ralentissement des courants dans les herbiers (Jackson <i>et al.</i> 2001).</p>				

Sommaire

Les herbiers de zostère ont obtenu une note Élevée pour tous les critères (6/8), sauf pour le caractère unique et le caractère naturel, pour lesquels ils ont obtenu une note Faible et Variable, respectivement. Ces notes sont suffisantes pour appuyer la désignation des herbiers de zostère comme ZIEB. Bien que tous les herbiers de zostère soient importants sur les plans écologique et biologique, leur taille, leur degré de perturbation humaine ou de menace et la richesse des communautés biologiques qu'ils soutiennent varient. Des recherches plus poussées sur la caractérisation des herbiers de zostère de la Colombie-Britannique en fonction de ces attributs nous permettront de mieux comprendre les ZIEB d'herbiers de zostère auxquelles il faudrait accorder une priorité plus élevée. L'herbier de zostère mis en évidence dans cette évaluation est celui du banc Flora, qui se trouve déjà à l'intérieur des limites de la ZIEB du passage Chatham (Clarke et Jamieson 2006b) et dans l'estuaire de la rivière Skeena (voir la section suivante). L'herbier de zostère du banc Flora est l'un des plus grands de la BPN et représente de 50 à 60 % de la zostère de tout l'estuaire de la Skeena (Hoos 1975). Cet herbier de zostère est un habitat très important pour les juvéniles des cinq espèces de saumons du Pacifique (Higgins et Schouwenburg 1973; Carr-Harris *et al.* 2015; Moore *et al.* 2015) et subit les pressions d'activités anthropiques et de plusieurs propositions d'aménagement. Des études ciblées d'autres herbiers de zostère faciliteront la détermination des autres ZIEB de zostère prioritaires.

Estuaires

Introduction

Clarke et Jamieson ont déjà évalué les embouchures et les estuaires des rivières et les ont désignés comme des ZIEB en 2006 selon les critères du regroupement et des conséquences sur la valeur adaptative (Clarke et Jamieson 2006a, b; MPO 2013); toutefois, le processus précédent n'a pas produit de carte des estuaires, et l'évaluation a été réalisée uniquement en fonction des critères du MPO. Ici, nous les avons également évalués en fonction des critères supplémentaires relatifs aux ZIEB de la CDB.

Les estuaires sont généralement définis comme « un plan d'eau semi-fermé ayant un accès libre avec la haute mer, où l'eau de mer est diluée de façon mesurable avec de l'eau douce provenant de bassins hydrographiques terrestres » (Pritchard 1967). Les estuaires jouent des rôles écologiques importants et fournissent de nombreux services écosystémiques. En Colombie-Britannique, ils représentent moins de 3 % du littoral de la province, mais ces habitats productifs et diversifiés sont importants sur une base saisonnière ou annuelle pour plusieurs taxons, notamment des poissons, des oiseaux, des mammifères et des invertébrés (Ryder *et al.* 2007).

Description de la caractéristique

Les estuaires sont des habitats très productifs au confluent des écosystèmes d'eau douce et d'eau salée. La productivité dans les estuaires est stimulée par des niveaux élevés d'éléments nutritifs provenant des rivières, des sources océaniques et des sources détritiques internes (Naiman et Sibert 1979). Ces nutriments alimentent la production primaire benthique et pélagique (Moore *et al.* 2015), qui soutient des densités élevées de poissons et d'invertébrés, en particulier les juvéniles, contribuant au rôle des estuaires comme habitat de nurserie. La turbidité élevée dans les estuaires et l'abondance de la végétation (plantes de marais salés, zostère, macroalgues) protègent les juvéniles d'espèces comme le saumon du Pacifique contre les prédateurs, ce qui renforce le rôle de nurserie des estuaires pour ces espèces (Macdonald *et al.* 1988; Semmens 2008).

Clarke et Jamieson (2006b) ont évalué l'importance biologique des estuaires et ont déterminé que leur nature géographiquement limitée créait des regroupements d'espèces anadromes (notamment le saumon et l'eulakane) en les canalisant dans un espace clos avant leur montaison. Par exemple, au moins 448 stocks de saumons reproducteurs génétiquement distincts ont été décrits dans l'estuaire de la rivière Skeena (Morrell 2000). En plus du saumon, la rivière Skeena, son estuaire et les eaux adjacentes sont importants pour le saumon arc-en-ciel, la truite, le corégone, la fausse limande, la morue du Pacifique, le flétan du Pacifique, l'éperlan argenté et le hareng du Pacifique (Hoos 1975).

Clarke et Jamieson (2006b) ont également remarqué que les estuaires avaient des conséquences sur la valeur adaptative des saumoneaux. Cette constatation est corroborée par des études qui ont révélé une augmentation de la survie en mer des saumons juvéniles dont les taux de croissance sont plus élevés en raison des meilleures possibilités d'alimentation dans les estuaires (Moulton 1997; Mortensen *et al.* 2000). L'amélioration de la valeur adaptative procurée par l'estuaire de la rivière Skeena est d'une importance capitale parce que bon nombre des stocks de saumon qui y grandissent sont « menacés d'extinction » ou « préoccupants » (Morrell 2000).

Les estuaires sont composés de différents habitats, notamment les marais salés, les herbiers de zostère et les vasières. Ces habitats fournissent de nombreux services écosystémiques, y compris la filtration de l'eau, l'enrichissement en éléments nutritifs et le recyclage de ces

derniers, le traitement des détritiques et la fourniture d'énergie pour soutenir les réseaux trophiques côtiers (Ryder *et al.* 2007). Bon nombre de ces habitats sont également importants pour les oiseaux aquatiques, dont certains sont préoccupants sur le plan de la conservation, notamment la bernache cravant, l'harelde kakawi, le cygne siffleur, le plongeon à bec blanc, la macreuse noire, la macreuse à front blanc, le grèbe esclavon et le grèbe à cou noir, qui sont inscrits sur la liste bleue de la C.-B., ainsi que le grèbe élégant, qui figure sur la liste rouge de la province (Ryder *et al.* 2007; BCCDC 2017).

De nombreuses espèces qui utilisent les estuaires pour l'alimentation, la croissance et la migration ont été identifiées comme des priorités de conservation dans le cadre du processus de planification du réseau d'AMP de la BPN (Rubidge *et al.* 2020).

Évaluation en fonction critères relatifs aux ZIEB

On a évalué les caractéristiques des estuaires en fonction des critères relatifs aux ZIEB afin de déterminer si elles devraient être incluses dans les ZIEB littorales (Tableau 4).

Tableau 4. Évaluation des estuaires en fonction des huit critères relatifs aux ZIEB (encadrés 1 et 2). Info insuf. : Information insuffisante.

Critères relatifs aux ZIEB	Classement de la pertinence du critère			
	Info insuf.	Faible	Moyenne	Élevée
Caractère unique ou rareté			X	
Justification : Les estuaires sont uniques parmi les habitats marins parce qu'ils forment une zone de transition entre les réseaux terrestres, dulcicoles et marins, contrairement aux autres caractéristiques côtières qui sont strictement marines. Toutefois, étant donné que les estuaires ne sont pas rares à l'échelle mondiale, ni dans la BPN, ils ont reçu la note Moyenne et non Élevée pour ce critère. Les différents estuaires de la région peuvent être considérés comme vraiment uniques parce qu'ils abritent l'eulakane, une espèce que l'on trouve dans très peu d'estuaires le long de la côte de la Colombie-Britannique, pendant les migrations de frai des adultes et la dévalaison des juvéniles (Lucas <i>et al.</i> 2007).				
Importance particulière pour les stades biologiques des espèces				X
Justification : Les estuaires ont reçu une note Élevée pour ce critère parce qu'ils sont essentiels à la survie de toutes les espèces anadromes, qui doivent les traverser en tant qu'adultes pour le frai et que juvéniles pendant la dévalaison (Clarke et Jamieson 2006b, précédent processus de ZIEB). Les estuaires sont particulièrement importants pour la valeur adaptative du saumon. Des études ont montré que les estuaires sont des haltes précieuses sur les voies de dévalaison des jeunes salmonidés du Pacifique (Moore <i>et al.</i> 2015), auxquels ils fournissent des ressources optimales en proies, une protection contre la prédation et des conditions environnementales appropriées pour la transition physiologique à un environnement marin (Simenstad <i>et al.</i> 1982). Certains considèrent que les estuaires constituent un habitat essentiel pour le saumon quinnat (Moore <i>et al.</i> 2016). Les taux de croissance élevés que permettent les possibilités d'alimentation dans les estuaires ont été liés à l'augmentation de la survie en mer (Moulton 1997; Mortensen <i>et al.</i> 2000). De plus, l'ampleur relative de cette augmentation est proportionnelle à l'état (c.-à-d. vierge ou dégradé) de l'estuaire pour le saumon quinnat (Magnusson et Hillborn 2003). L'amélioration de l'alimentation et de la croissance a même été documentée chez des espèces qui traversent rapidement les estuaires pendant leur migration vers la mer (p. ex. le saumon rose et le saumon rouge) (Weitkamp 2014).				

Critères relatifs aux ZIEB	Classement de la pertinence du critère			
	Info insuf.	Faible	Moyenne	Élevée
Les estuaires favorisent également une croissance plus élevée des crabes dormeurs juvéniles comparativement aux habitats non estuariens en raison des températures plus élevées et des sources de nourriture plus nombreuses (Gunderson <i>et al.</i> 1990). Enfin, les estuaires abritent de grandes populations d'oiseaux aquatiques qui se regroupent pour de nombreuses raisons, comme l'alimentation, le repos et la reproduction (Baldwin et Lovvorn 1994; Ganter 2000; Ryder <i>et al.</i> 2007). D'autres espèces utilisent également les estuaires pour certains aspects de leur cycle biologique (Rubidge <i>et al.</i> 2020).				
Importance pour des espèces menacées, en déclin ou en voie de disparition, ou pour leurs habitats			X	
<p>Justification : Les estuaires ont reçu la note Moyenne pour ce critère en raison de l'importance de certains d'entre eux pour plusieurs espèces préoccupantes sur le plan de la conservation. Par exemple, Morrell (2000) a déterminé que 30 stocks génétiquement distincts de saumon quinnat dans la rivière Skeena étaient « menacés d'extinction » ou « préoccupants », et il est probable que d'autres stocks préoccupants de la BPN n'ont pas encore été évalués. Le saumon quinnat dépend des habitats estuariens pour sa croissance maximale au cours de ses premières semaines ou de ses premiers mois dans l'environnement marin (Groot et Margolis 1991; Moore <i>et al.</i> 2015), et certains auteurs ont considéré les estuaires comme un habitat essentiel du saumon quinnat (Moore <i>et al.</i> 2015). On a constaté que l'état d'un estuaire (c.-à-d. vierge ou dégradé) utilisé par le saumon quinnat juvénile a une incidence sur le taux de survie en mer (Magnusson et Hillborn 2003).</p> <p>Le saumon kéta et le saumon rose de la rivière Skeena sont également préoccupants sur le plan de la conservation (Morrell 2000), et on sait qu'ils forment de grands bancs au début de leur séjour en mer (Groot et Margolis 1991). On a trouvé des juvéniles en abondance dans l'estuaire de la Skeena (Carr-Harris <i>et al.</i> 2015). Il est généralement admis que la croissance rapide au cours du stade initial de la vie en mer dans les estuaires réduit la vulnérabilité des salmonidés à la prédation (Moulton 1997), de sorte que les habitats estuariens sont probablement importants pour la survie et le rétablissement de ces espèces.</p> <p>Plusieurs espèces d'oiseaux aquatiques inscrites sur les listes rouge et bleue utilisent également des habitats estuariens (Ryder <i>et al.</i> 2007; BCCDC 2017). Enfin, des populations d'eulakane en voie de disparition et préoccupantes (population de la côte centrale en voie de disparition; populations préoccupantes des rivières Nass et Skeena) traversent certains estuaires aux stades adulte et juvénile.</p>			X	
Vulnérabilité, fragilité, sensibilité ou lent rétablissement			X	
<p>Justification : De nombreuses études ont décrit la dégradation dans les estuaires causée par plusieurs agents de stress (Borja <i>et al.</i> 2010). Par exemple, il a été démontré que la diversité et la connectivité écologique sont réduites dans les estuaires soumis à des agents de stress cumulatifs (de Juan <i>et al.</i> 2013), tout comme l'abondance des espèces (Ryder <i>et al.</i> 2007). Les perturbations anthropiques peuvent également limiter la valeur des habitats estuariens (Hass <i>et al.</i> 2002).</p> <p>De plus, deux habitats dominants qui se trouvent dans les estuaires, soit les marais salés et la zostère, sont considérés comme très vulnérables à la dégradation et présentent des taux de rétablissement lents (Hauxwell <i>et al.</i> 2003; Plus <i>et al.</i> 2003; Neckles <i>et al.</i> 2005; Boese <i>et al.</i> 2009; Borja <i>et al.</i> 2010).</p> <p>Toutefois, les estuaires sont des caractéristiques intrinsèquement dynamiques, fortement influencées par les conditions océaniques et fluviales changeantes (Elliott et Whitfield 2011). Les perturbations physiques naturelles dans les estuaires peuvent contribuer à la résilience écosystémique aux agents de stress (Boesch 1974; Geden <i>et al.</i> 2011), ce qui explique la note Moyenne et non Élevée pour ce critère.</p>			X	

**Réponse des Sciences : ZIEB littorales
dans la biorégion du plateau nord**

Région du Pacifique

Critères relatifs aux ZIEB	Classement de la pertinence du critère			
	Info insuf.	Faible	Moyenne	Élevée
Productivité biologique				X
<p>Justification : Les estuaires sont généralement considérés comme très productifs (Nixon <i>et al.</i> 1986; Ryder <i>et al.</i> 2007; Elliott et Whitfield 2011). Les niveaux élevés d'éléments nutritifs provenant des cours d'eau, des sources océaniques, ainsi que des éléments nutritifs issus de la décomposition des détritux se trouvant à l'intérieur des estuaires (Naiman et Sibert 1979) rendent possible la productivité dans les estuaires et alimentent la production primaire benthique et pélagique (Moore <i>et al.</i> 2015). Les microbes et le phytoplancton produits dans les estuaires sont consommés par le zooplancton et les invertébrés benthiques qui, à leur tour, soutiennent une abondance d'espèces de niveau trophique supérieur et contribuent aux niveaux très élevés de la production secondaire dans les estuaires (Moore <i>et al.</i> 2015).</p>				
Diversité biologique				X
<p>Justification : Les estuaires offrent une grande diversité d'habitats, notamment les herbiers de zostère, les vasières, les terres humides et les marais littoraux (Emmett <i>et al.</i> 2000), qui abritent une diversité d'espèces végétales et animales (Emmett <i>et al.</i> 2000; ministère de l'Environnement de la C.-B. 2006). En Colombie-Britannique, on estime que, malgré leur superficie totale relativement petite, les estuaires sont utilisés par de nombreuses espèces côtières de tous les principaux groupes taxonomiques à un moment donné de leur vie (Lucas <i>et al.</i> 2007), y compris par un grand nombre d'espèces d'oiseaux de mer (Ryder <i>et al.</i> 2007).</p> <p>L'estuaire de la rivière Skeena, par exemple, est largement utilisé par six espèces de salmonidés provenant de populations originaires de la rivière, de ses bassins hydrographiques et des zones environnantes, intégrant ainsi la diversité d'une vaste région de la côte nord de la Colombie-Britannique (Carr-Harris <i>et al.</i> 2015). Au moins 448 stocks de saumons reproducteurs génétiquement distincts ont été décrits dans l'estuaire de la rivière Skeena (Morrell 2000). Ces facteurs se combinent et donnent la note globale Élevée pour ce critère.</p>				
Caractère naturel	Variable			
<p>Justification : Les estuaires sont soumis à de nombreuses menaces, notamment l'eutrophisation, l'extraction des ressources, le détournement de l'eau douce, l'aménagement du littoral, les espèces aquatiques envahissantes et la contamination chimique (Kennish 2002; Ryder <i>et al.</i> 2007). Toutefois, il y a aussi de nombreuses zones côtières dans la région où ces activités n'ont pas eu lieu et où les estuaires demeurent relativement vierges; plus de 40 % des estuaires cartographiés en Colombie-Britannique ont été peu touchés par des menaces connues, et une grande proportion d'entre eux se trouvaient dans la BPN (Robb 2014). C'est ce qui explique les différents états de naturalité des estuaires de la région, et donc la note collective Variable pour ce critère.</p>				
Regroupement				X
<p>Justification : Tous les estuaires agissent comme des goulots d'étranglement qui regroupent les espèces anadromes (p. ex. le saumon et l'eulakane) pendant les migrations des adultes et des juvéniles entre les eaux douces et les eaux marines, ce qui est l'une des raisons pour lesquelles ils ont déjà été désignés comme des ZIEB (Clarke et Jamieson 2006b). Il est bien établi que les juvéniles du saumon kéta et du saumon rose forment de grands bancs au début de leur séjour en mer (Groot et Margolis 1991) et certains grands bancs de ces espèces ont été observés dans l'estuaire de la rivière</p>				

Critères relatifs aux ZIEB	Classement de la pertinence du critère			
	Info insuf.	Faible	Moyenne	Élevée
Skeena (Carr-Harris <i>et al.</i> 2015). Des saumons arc-en-ciel juvéniles, des harengs du Pacifique, des éperlans argentés et des crabes dormeurs juvéniles ont également été décrits comme se trouvant en abondance sur le banc Flora, dans l'estuaire de la rivière Skeena (Moore <i>et al.</i> 2015). C'est pourquoi les estuaires ont reçu la note Élevée pour ce critère.				

Sommaire

Les estuaires ont été désignés comme des ZIEB en 2012 (MPO 2013). Pour mettre à jour et appuyer cette désignation, nous présentons ici une évaluation officielle en fonction des critères du MPO et de la CDB, selon le modèle normalisé élaboré par Ban et ses collaborateurs (2016). Les estuaires ont reçu une note Élevée pour quatre critères sur huit et Moyenne pour trois critères sur huit. Ils ont obtenu une note Élevée pour le regroupement, la diversité biologique, l'importance spéciale pour des stades du cycle biologique et la productivité, et une note Moyenne pour la vulnérabilité, le caractère unique et l'importance pour des espèces menacées. La note est Variable pour le critère de naturalité puisque cette évaluation portait sur les estuaires en tant que caractéristique de l'ensemble de la côte, plutôt que sur un estuaire en particulier. Notre évaluation appuie la désignation antérieure des estuaires comme ZIEB (Clarke et Jamieson 2006b). En plus de l'évaluation mise à jour, un ensemble de données spatiales est fourni pour représenter les estuaires de la BPN, ce qui manquait dans le processus précédent. Enfin, bien que les différents estuaires n'aient pas été évalués individuellement, compte tenu de leur taille et des classements du Programme de conservation des estuaires du Pacifique, la présente évaluation a montré que les estuaires de la Skeena, de la Nass et de la Kitimat constituent des ZIEB prioritaires en raison de leur taille et de leur importance pour les oiseaux (Ryder *et al.* 2007) et des poissons anadromes comme l'eulakane et le saumon du Pacifique. Les estuaires plus petits pouvant être importants à l'échelle de la sous-région n'ont pas été mis en évidence ici, mais tous les estuaires répondent aux critères relatifs aux ZIEB.

Herbiers de phyllospadix

Introduction

Phyllospadix est un genre de plantes marines appartenant au phylum *Phyllospadix* (Phillips 1979). Trois espèces de ce genre, différentes de par leur phénologie, leur morphologie et leur zonation dans l'habitat benthique intertidal rocheux, sont présentes dans la BPN : *P. torreyi*, *P. scouleri* et *P. serrulatus* (Phillips 1979; Gabrielson *et al.* 2000). Les trois espèces peuvent dominer la zone intertidale, former de vastes herbiers avec une couverture de plus de 80 % et empêcher d'autres organismes comme les algues d'occuper l'espace (Turner et Lucas 1985; Menge *et al.* 2005). Les zones littorales qui abritent des herbiers de phyllospadix n'ont pas encore été évaluées en tant que ZIEB pour la BPN.

Les plants de *Phyllospadix* ont une longue durée de vie et forment des herbiers très persistants (Turner 1985). Cependant, les lits de *Phyllospadix* sont également lents à se rétablir des perturbations physiques (Turner et Lucas 1985; Menge *et al.* 2005). Comme les autres plantes marines, les espèces de phyllospadix sont très productives et ont un taux élevé de renouvellement des feuilles (Ramirez-Garcia *et al.* 1998); les abondantes feuilles de phyllospadix, en forme de varech, constituent des apports d'éléments nutritifs pour une variété d'autres écosystèmes, des zones intertidales élevées aux canyons sous-marins (Green et Short 2003).

Répartition

On trouve des *Phyllospadix* dans les régions intertidales et les régions infratidales peu profondes (Druehl et Clarkston 2016). Les espèces de *Phyllospadix* sont écologiquement distinctes des autres plantes marines parce qu'elles poussent sur les côtes rocheuses et dans des environnements à haute énergie (Cooper et McRoy 1988). La répartition intertidale des trois espèces de *Phyllospadix* est quelque peu distribuée entre les profondeurs, *P. serrulatus* étant présente au milieu de la zone intertidale moyennes, *P. scouleri* dans le bas de la zone intertidale et *P. torreyi* du bas de la zone intertidale aux profondeurs élevées de la zone infratidale (Phillips 1979).

Description de la caractéristique

Phyllospadix sp. a été désignée comme une espèce importante sur le plan écologique et une priorité de conservation pour le réseau d'AMP de la BPN (MPO 2017) en raison de son rôle important en tant qu'espèce formant un habitat. Les herbiers de *Phyllospadix* couvrent souvent de vastes superficies, avec deux espèces ou plus coexistant à différentes profondeurs (Phillips 1979). Les espèces de *Phyllospadix* sont considérées comme des espèces dominantes, de fin de succession, facilitées par les plantes de début et milieu de succession (Turner 1983; Menge *et al.* 2005). Les espèces de *Phyllospadix* jouent un rôle écologique important dans les habitats intertidaux exposés aux vagues. Tout d'abord, elles ont une forte capacité d'atténuer l'énergie des vagues en raison de la longueur et de la densité de leurs feuilles (Phillips 1979), fournissant des microhabitats protégés dans leurs canopées et leurs systèmes racinaires (Moulton et Hacker 2011). Les systèmes de racines et de rhizomes des plants de *Phyllospadix* jouent également un rôle dans la stabilisation des rivages rocheux et leur protection contre l'érosion (Gibbs 1902). Les sédiments s'accumulent sous le couvert dense des *Phyllospadix* et sont emprisonnés dans les épais tapis de rhizomes, formant des couches de sédiments pouvant atteindre une épaisseur d'un mètre qui créent un habitat pour les invertébrés endofauniques (Gibbs 1902; Phillips 1979). On pense que ce piégeage de sédiments peut aider à créer des terrasses sur les rivages balayés par le ressac (Gibbs 1902). Enfin, les espèces de *Phyllospadix* sont des plantes très productives (Ramirez-Garcia *et al.* 1998), produisant plus de 8 000 g de poids sec/m²/an dans les zones où la couverture par les herbiers est continue, et des taux annuels de production de 17,8 et 22,6 feuilles par pousse pour *P. torreyi* et *P. scouleri*, respectivement. (Ramirez-Garcia *et al.* 1998). Une grande partie de cette productivité est exportée des herbiers et fournit des apports d'éléments nutritifs à une variété d'autres écosystèmes (Dugan *et al.* 2011).

Les espèces *Phyllospadix* ont été considérées comme des espèces formant des habitats, des espèces fondatrices qui améliorent les conditions environnementales pour d'autres espèces (Shelton 2010). Dans les zones intertidales, les plants de *Phyllospadix* sont importants pour modérer les températures dans les cuvettes de marée, et leur élimination peut entraîner des changements importants dans la composition des communautés de plantes et d'invertébrés (Shelton 2010). Les *Phyllospadix* fournissent également des habitats aux communautés de macroinvertébrés et les protègent; les feuilles et les rhizomes offrent un habitat protecteur aux macroinvertébrés dans les environnements où l'énergie des vagues est forte, tandis que les sédiments piégés par les racines et les rhizomes constituent un habitat pour les organismes endofauniques qui ne pourraient autrement exister sur une plage rocheuse (Moulton et Hacker 2011). Moulton et Hacker (2011) ont constaté que même si les deux espèces étaient considérées comme des créateurs d'habitats importants, *P. scouleri* fournissait un meilleur habitat pour les espèces épifauniques, tandis que *P. serrulatus* accrétait plus de sable et constituait un meilleur habitat pour les espèces endofauniques. Enfin, *P. scouleri* est la seule espèce à pouvoir survivre dans les zones intertidales où le sable est en mouvement constant, et

il est possible que ces plantes créent un refuge pour d'autres espèces dans cet environnement autrement hostile (Littler *et al.* 1983).

Évaluation en fonction des critères relatifs aux ZIEB

On a évalué les caractéristiques des herbiers de phyllospadix en fonction des critères relatifs aux ZIEB afin de déterminer s'ils devraient être considérés comme des ZIEB littorales (Tableau 5).

Tableau 5. Évaluation du phyllospadix en fonction des huit critères relatifs aux ZIEB (encadrés 1 et 2).
Info insuf. : Information insuffisante.

Critères relatifs aux ZIEB	Classement de la pertinence du critère			
	Info insuf.	Faible	Moyenne	Élevée
Caractère unique ou rareté		X		
<p>Justification : Tous les herbiers marins, y compris les phyllospadix (et la zostère), sont uniques parmi les plantes à fleurs parce qu'ils constituent le seul groupe de plantes capables d'accomplir leur reproduction sexuelle lorsqu'elles sont immergées dans un environnement marin (Scagel 1971). Toutefois, étant donné que les herbiers de phyllospadix sont omniprésents en Colombie-Britannique, et non seulement dans la BPN, une note Faible est attribuée pour ce critère.</p>				
Importance particulière pour les stades biologiques des espèces			X	
<p>Justification : Les espèces <i>Phyllospadix</i> ont été considérées comme des espèces formant des habitats, des espèces fondatrices, car elles peuvent modifier l'habitat environnant pour faciliter la présence d'autres espèces. De nombreuses espèces peuvent survivre sur les rives balayées par le ressac uniquement en raison de la présence de phyllospadix. Par exemple, <i>P. scouleri</i> survit dans les zones intertidales où le sable est en mouvement constant et où elle contribue à lier le substrat et fournit un habitat à d'autres espèces dans un environnement autrement hostile (Littler <i>et al.</i> 1983). Les phyllospadix atténuent l'énergie des vagues (Phillips 1979) et offrent à une variété d'espèces intertidales des microhabitats abrités sur les rivages très exposés aux vagues (Moulton et Hacker 2011). Enfin, les phyllospadix emprisonnent les sédiments dans leurs racines et leurs rhizomes, fournissant un habitat aux organismes endofauniques qui ne pourraient autrement exister sur une côte rocheuse (Moulton et Hacker 2011).</p> <p>Les espèces de phyllospadix sont toutefois largement sous-étudiées en raison des difficultés d'accès aux herbiers intertidaux dans les environnements exposés aux vagues. De ce fait, leur importance pour de nombreuses espèces est inconnue, ce qui donne une note Moyenne pour ce critère.</p>				
Importance pour des espèces menacées, en déclin ou en voie de disparition, ou pour leurs habitats	X			
<p>Justification : Aucune espèce en voie de disparition ou en déclin dans la BPN ne dépend des phyllospadix pour sa survie ou son rétablissement, à notre connaissance. Toutefois, l'habitat constitué par les phyllospadix est largement sous-étudié; c'est pourquoi l'information sur les herbiers de phyllospadix est insuffisante pour évaluer ce critère.</p>				

Critères relatifs aux ZIEB	Classement de la pertinence du critère			
	Info insuf.	Faible	Moyenne	Élevée
Vulnérabilité, fragilité, sensibilité ou lent rétablissement			X	
<p>Justification : Les phyllospadix sont des espèces de succession tardive dont le recrutement est facilité par des espèces d'algues de succession primaire (Turner et Lucas 1985). Les espèces de phyllospadix ont une grande persistance et les herbiers sont considérés comme résistants à certains types de perturbations (p. ex. vagues de tempête et autres formes de perturbations mécaniques) (Turner 1985). Toutefois, on a montré qu'une fois perturbées, les espèces de phyllospadix se rétablissent très lentement. Des expériences de retrait ont montré que les rhizomes de <i>P. scouleri</i>, <i>P. torreyi</i> et <i>P. serrulatus</i> poussaient à raison de moins de 8 cm/an, et que les semis étaient très lents à s'établir (Turner et Lucas 1985). Les phyllospadix sont sensibles à des menaces comme le dessèchement et le stress dû à la chaleur, les eaux usées et le mazoutage, l'aménagement côtier, les programmes de protection des rives et l'eutrophisation (Foster <i>et al.</i> 1971; Littler et Murray 1975; Ramirez-Garcia <i>et al.</i> 1998; Craig <i>et al.</i> 2008; Honig <i>et al.</i> 2017). Les herbiers de phyllospadix obtiendraient une note Faible pour ce critère en raison de leur stabilité et de leur résistance aux perturbations, mais on leur accorde une note Moyenne à cause des preuves montrant la lenteur de leur rétablissement et leur vulnérabilité à certaines menaces.</p>				
Productivité biologique				X
<p>Justification : Les phyllospadix sont des plantes très productives (Ramirez-Garcia <i>et al.</i> 1998) qui croissent en très fortes densités (Phillips 1979). Du fait de ces deux facteurs, les herbiers de phyllospadix constituant une couverture continue peuvent produire plus de 8 000 g de poids sec/m²/an, et les taux annuels de production de feuilles sont estimés à 17,8 et 22,6 feuilles par pousse pour <i>P. torreyi</i> et <i>P. scouleri</i>, respectivement. (Ramirez-Garcia <i>et al.</i> 1998). Une grande partie de cette productivité est exportée des herbiers et fournit des apports d'éléments nutritifs à une variété d'autres écosystèmes (Dugan <i>et al.</i> 2011). Comme d'autres plantes marines, le phyllospadix joue un rôle dans la séquestration et le transfert du carbone (c.-à-d. le « carbone bleu »), ce qui souligne son rôle en tant que fournisseur de services écosystémiques.</p>				
Diversité biologique	X			
<p>Justification : On cite souvent l'importance des herbiers de phyllospadix pour diverses espèces, et il est bien établi qu'ils fournissent un habitat à une variété d'invertébrés (Moulton et Hacker 2011). Toutefois, nous n'avons trouvé aucune référence à des espèces particulières ou comparaison avec d'autres habitats rocheux intertidaux dans la documentation. C'est pourquoi on considère que l'information est insuffisante pour évaluer les herbiers de phyllospadix selon ce critère.</p>				
Caractère naturel	Variable			
<p>Justification : De nombreuses menaces pèsent sur la santé des herbiers de phyllospadix de la BPN, notamment le renforcement du littoral (Craig <i>et al.</i> 2008) et les eaux usées (Littler et Murray 1975). Cependant, il y a aussi de nombreuses zones côtières dans la région où ces menaces ne sont pas présentes, et où les herbiers de phyllospadix demeurent relativement vierges (p. ex. une grande partie de Haida Gwaii et la forêt pluviale de Great Bear). C'est ce qui explique les différents états de naturalité des herbiers de phyllospadix de la région, et donc la note Variable pour ce critère.</p>				

Critères relatifs aux ZIEB	Classement de la pertinence du critère			
	Info insuf.	Faible	Moyenne	Élevée
Regroupement	X			
Justification : Les herbiers de phyllospadix sont vastes et sont composés de regroupements denses de plantes des espèces <i>Phytospadix</i> spp. Cependant, nous n'avons pas trouvé d'étude portant sur le rôle de soutien que jouent les herbiers de phyllospadix pour les regroupements d'autres espèces. Par conséquent, l'information n'est pas suffisante pour évaluer ce critère avec confiance pour le moment.				

Sommaire

Les herbiers de phyllospadix ont reçu une note Élevée pour la productivité, Moyenne pour la vulnérabilité et l'importance particulière, et Faible pour le caractère unique. Comme il n'y avait pas suffisamment d'information pour évaluer les autres critères, ils ont été notés comme Information insuffisante. Selon les directives du MPO, la désignation des ZIEB devrait reposer sur une note Élevée pour le caractère unique, les conséquences sur la valeur adaptative ou le regroupement (MPO 2004) ou une note Moyenne à Élevée pour la plupart des critères. Le MPO ne donne pas de directives précises indiquant si une note Élevée pour un critère de la CDB est suffisante pour une désignation de ZIEB. Étant donné les renseignements limités sur les espèces importantes sur le plan écologique, autres que le hareng du Pacifique, qui utilisent régulièrement l'habitat des herbiers de phyllospadix, l'information n'est pas suffisante pour appuyer une désignation des herbiers de phyllospadix en tant que ZIEB à l'heure actuelle. D'autres recherches sont nécessaires pour combler ces lacunes.

Passages à fort courant de marée

Introduction

Les caractéristiques océanographiques comme les courants, les zones de remontée et les remous sont d'importants moteurs de la productivité océanique et de la diversité biologique (Crawford *et al.* 2007). Plus tôt dans le processus des ZIEB, le chevauchement entre les caractéristiques océanographiques régionales récurrentes déterminées par des experts et les zones importantes pour les espèces a été utilisé pour délimiter les ZIEB (Clarke et Jamieson 2006b); toutefois, ces caractéristiques océanographiques n'ont pas été évaluées pour la zone littorale. Dans les zones littorales, les passages à fort courant de marée peuvent créer des zones où le mélange est important (p. ex. dans les rapides de marée) et des zones de remontée locale, où des marées fortes font régulièrement remonter l'eau plus profonde à la surface. De telles caractéristiques peuvent jouer un rôle clé dans la productivité locale (Thomson 1981) et, par conséquent, dans les profils d'abondance et de diversité des espèces observés dans les zones côtières. Cette section souligne l'importance des courants de marée forts selon les profils de la diversité et de la productivité dans les zones littorales et fournit une évaluation initiale pour la désignation en tant que ZIEB. Quatre emplacements sont présentés, pour lesquels on dispose de renseignements biologiques qui peuvent permettre de caractériser l'importance écologique et biologique de ces zones.

Répartition

Compte tenu de la complexité topographique et bathymétrique de la côte de la BPN, il existe probablement de nombreuses zones à fort courant de marée dans toute la région littorale. Les passages à fort courant de marée sont définis ici comme des zones où le flux de marée est

limité par une bathymétrie abrupte augmentant le courant. Bien que ces caractéristiques ne soient pas entièrement cartographiées à l'heure actuelle, nous en donnons une évaluation générale en fonction des critères relatifs aux ZIEB afin d'évaluer la possibilité de les inclure dans les ZIEB littorales.

Nous avons repéré et cartographié quatre zones à fort courant de marée, avec les renseignements biologiques connexes qui mettent en évidence leur valeur écologique comparativement à la zone environnante. Il s'agit des zones suivantes : les rapides Nakwakto, le seuil de Hoeya Head dans l'inlet Knight, l'île Stubbs et le passage Mathieson.

Description de l'entité

Rapides Nakwakto

Les rapides Nakwakto sont situés à environ 325 km au nord-ouest de Vancouver dans le complexe de l'inlet Seymour-Belize (Figure 2). Cinq bassins interconnectés dans le complexe de l'inlet Seymour-Belize (inlet Belize, inlet Seymour, Mereworth Sound, Alison Sound et Frederick Sound) sont reliés au bassin de la Reine-Charlotte par un seul passage de 300 m de largeur et 13 m de profondeur connu sous le nom de rapides Nakwakto (Thomson 1981). Les rapides sont situés à l'extrémité est du chenal Slingsby, et lors des marées de vives-eaux extrêmes, les courants atteignent à 8 m/s (16 nœuds) (Thomson 1981). Les rapides Nakwakto possèdent l'un des courants de marée navigables les plus rapides de la planète (Spear et Thomson 2012), ce qui rend cette région unique au monde. Ils sont bien connus dans la communauté des plongeurs récréatifs pour leur diversité biologique. Pacific Marine Life Survey Inc. (données inédites⁶) a recensé plus de 240 espèces lors de plongées dans les rapides, dont 42 espèces d'algues, 16 espèces d'éponges, 52 espèces de mollusques et 17 espèces de poissons. Cette zone est considérée comme l'un des meilleurs sites de plongée en eau froide au monde, malgré ses dangers. Voici certaines des espèces connues pour leur abondance dans la région : le pouce-pied du Pacifique nord-est, le grand chétopère ou ver à tube de parchemin, le pétoncle des roches, les démosponges, l'œillet de mer, la pieuvre géante du Pacifique et de nombreuses espèces de sébastes et d'autres poissons (Howell 2012).

Une variété infratidale unique du pouce-pied du Pacifique nord-est, *Pollicipes polymerus*, forme de grands regroupements dans les rapides Nakwakto (Lamb et Hanby 2005). La « variété Nakwakto » de *P. polymerus* est rouge vif, car l'hémoglobine du sang des pouces-pieds est visible. Les populations infratidales n'ont pas besoin du pigment noir présent chez les populations intertidales exposées au soleil (Lamb et Hanby 2005). La « variété Nakwakto » rouge de *P. polymerus* a récemment été signalée dans d'autres zones infratidales, notamment dans une grotte marine de l'île Calvert⁷, sur la côte centrale et à Race Rocks⁸, près de Victoria. En raison de son lent taux de rétablissement après les perturbations et de son rôle écologique en tant qu'espèce formant un habitat, *P. polymerus* a été désigné comme une espèce importante sur le plan écologique et une priorité de conservation pour le processus de planification du réseau d'AMP dans la BPN (MPO 2017).

⁶A. Lamb et D. Gibbs, Pacific Marine Life Survey Inc., Vancouver (Colombie-Britannique), 2017.

⁷ [Biodiversité de la côte centrale – Pouce-pied du Pacifique nord-est](#)

⁸ [Taxonomie de Race Rocks – Pouce-pied du Pacifique nord-est](#)

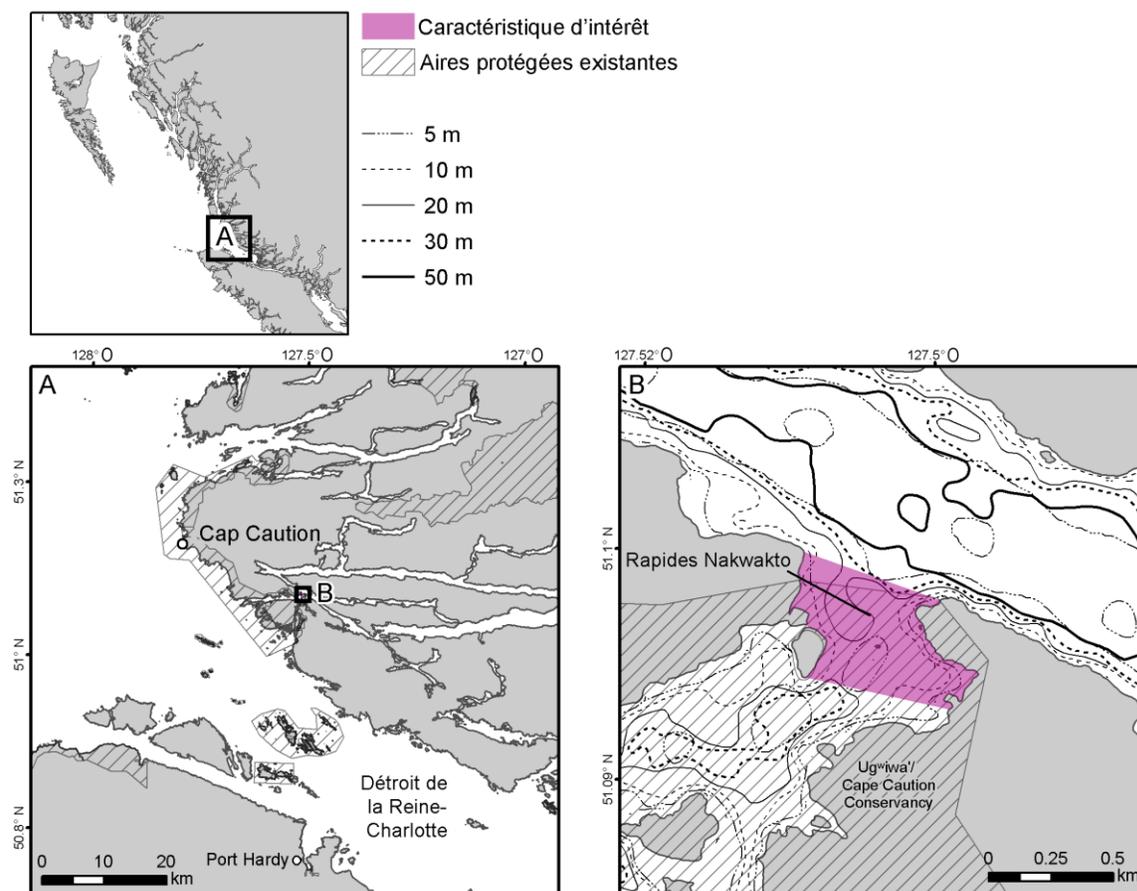


Figure 2. Les rapides Nakwakto, une zone à fort courant de marée dont la grande diversité et la productivité ont été prouvées. Les zones roses indiquent une caractéristique d'intérêt pour l'évaluation des ZIEB. Les limites définitives nécessiteront des recherches supplémentaires.

Seuil de Hoeya Head dans l'inlet Knight

L'inlet Knight est un fjord situé à 300 km au nord de Vancouver (C.-B.), s'étendant sur 102 km dans le continent à partir du détroit de la Reine-Charlotte (Figure 3). L'inlet a une largeur de 2 à 3 km et des parois latérales verticales (Farmer et Smith 1980). Sa profondeur moyenne est de 295 m, avec une profondeur maximale de 540 m (Pickard 1961). Il y a deux seuils dans le bras de mer, le seuil intérieur, au large de Hoeya Head, s'élevant à une profondeur de 70 m (Thomson 1981). Le seuil de Hoeya Head a fait l'objet d'études approfondies parce qu'il génère des ondes de gravité internes (p. ex. Farmer et Smith 1980; Thomson 1981; Klymak et Gregg 2003; Chen *et al.* 2017). Dans cette région, les différences de densité entre l'eau douce en surface et l'eau salée profonde produisent des vagues internes (vagues dans la colonne d'eau plutôt qu'à la surface) (Thomson 1981). Ce mélange maréal donne lieu à une productivité biologique et à une diversité élevées dans la région entourant le seuil.

Un examen récent de l'information biologique a révélé une grande biodiversité sur le site. Plus de 240 espèces différentes ont été recensées sur le seuil ou autour de celui-ci, en particulier

plusieurs espèces importantes sur le plan écologique (Boutillier et Davies 2017⁹). Par exemple, le seuil de Hoeya Head abrite au moins 46 espèces différentes de coraux, d'éponges et d'anémones. La forte densité du corail orangé du Pacifique, *Primnoa* sp., offre un intérêt particulier; l'espèce est présente ici à des profondeurs moins grandes qu'ailleurs sur la côte en raison de l'océanographie unique de la région (Boutillier et Davies 2017⁹). Les grands coraux comme *Primnoa* sp. abritent des sébastes (*Sebastes* sp.) et des crustacés, et sont utilisés par les suspensivores (p. ex. les fausses étoiles de mer, les anémones et les éponges) comme perchoirs dans les eaux à fort débit (Krieger et Wing 2002). Les coraux, notamment *Primnoa* sp., augmentent l'abondance du sébaste sur le banc Learmonth, dans l'entrée Dixon (Du Preez et Tunnicliffe 2011). Les coraux et les éponges ont été désignés comme des espèces importantes sur le plan écologique et des priorités de conservation pour le réseau d'AMP de la BPN (MPO 2017) en raison de l'habitat biogénique qu'ils fournissent. Les regroupements connus de ces groupes vulnérables sur le seuil de Hoeya Head mettent en relief l'importance écologique et biologique de cette région.

La province de la Colombie-Britannique et les Premières Nations ont déterminé que le seuil de Hoeya Head est une zone écologique importante qui a besoin d'une protection accrue dans le cadre de leur Initiative de Partenariat de planification marine (MaPP). MaPP a désigné la zone comme zone marine protégée dans le cadre de son plan spatial marin (Initiative de Partenariat de planification marine 2015a). Ce zonage était attribuable à l'importance écologique du seuil en tant qu'habitat représentatif de l'écosystème de seuil peu profond, composé de gorgones et d'éponges, ainsi qu'à la présence unique d'espèces des eaux profondes ou rares à des profondeurs moins grandes (p. ex. gorgones, *Amphilectus infundibulus*, éponge moutonnée, crevette de Townsend et hémitriptère à grande bouche). Ce zonage limite les activités humaines aux activités récréatives et touristiques commerciales et publiques dans la ZMP du seuil de Hoeya Head. Les activités de recherche sont « acceptables sous conditions » dans la mesure où elles n'ont pas d'incidence sur l'habitat sensible dans la zone (Initiative de Partenariat de planification marine 2015a).

⁹ Boutillier, J. et Davies, S. 2017. Evaluation of Hoeya Head Sill in Knight Inlet, Rapport interne à la Gestion des pêches du MPO.

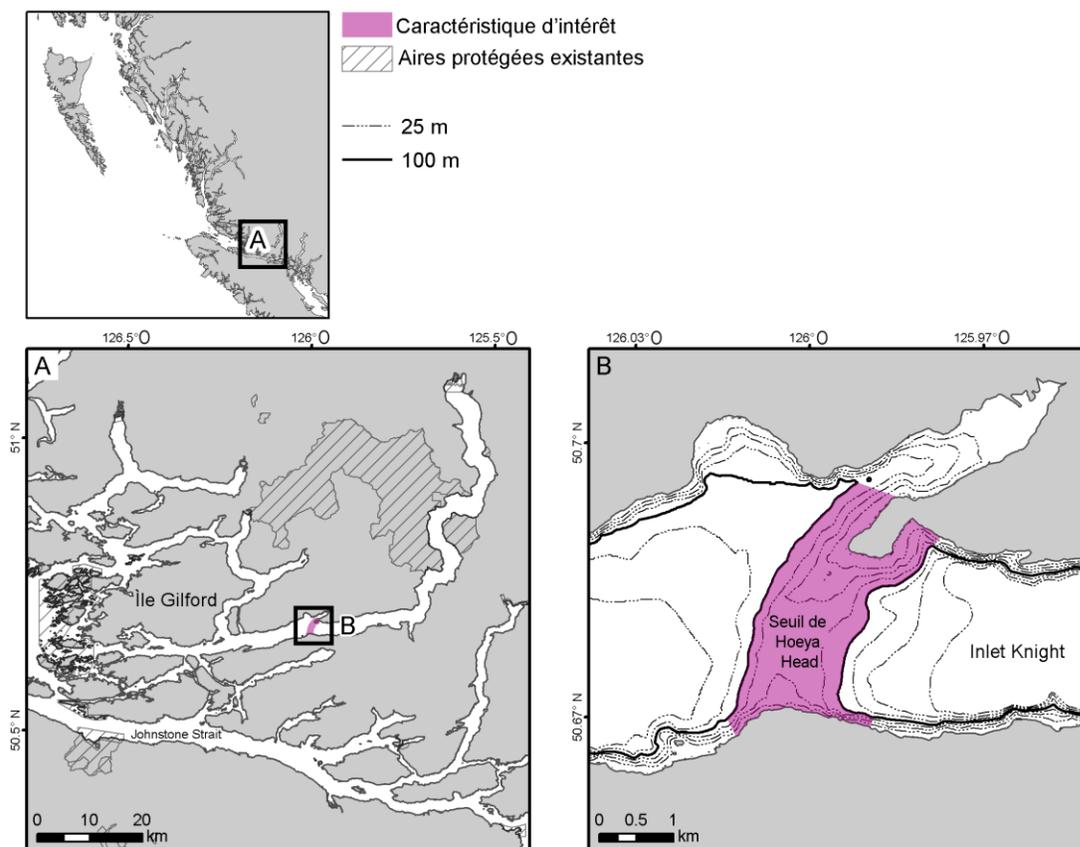


Figure 3. Le seuil de Hoeya Head dans l'inlet Knight, une zone à fort courant de marée dont la grande diversité et la productivité ont été prouvées. Les zones roses indiquent le site d'intérêt de la ZIEB proposée. Les limites définitives nécessiteront des recherches supplémentaires.

Île Stubbs

L'île Stubbs est située dans le parc marin provincial du chenal Cormorant, dans le groupe des îles Pearse et Plumber, à l'extrémité ouest du détroit de Johnstone (figure 4).

Le chenal de marée près de l'île est un site de plongée populaire comptant des forêts de varech frangeant, des milliers d'œillettes de mer sur les pentes escarpées, et de nombreux coraux mous, des espèces de sébastes (sébaste cilié, sébaste à bandes jaunes, sébaste-tigre, sébaste à dos épineux) et des nudibranches. L'île Stubbs est située au milieu du flux de marée et la bathymétrie en terrasses qui l'entoure forme une série de rebords étroits avant de plonger abruptement jusqu'à environ 70 m (figure 4). Les plongeurs récréatifs fréquentent le site en raison de sa grande diversité de poissons et d'invertébrés visibles et colorés (p. ex. coraux mous et nudibranches). Pacific Marine Life Surveys (données inédites⁶) a recensé 343 espèces marines dans la région, dont 54 algues, 26 éponges, 47 cnidaires, 74 mollusques, 33 arthropodes, 23 cnidaires et 28 poissons (dont 11 espèces de sébastes). La zone de grande diversité biologique entourant l'île Stubbs se trouve à l'intérieur des limites de l'habitat essentiel de la population d'épaulards résidents du nord (MPO 2011b). La zone à fort courant de marée s'inscrit également à l'intérieur des limites d'une plus grande zone choisie comme ZMP par MaPP dans le plan marin du nord de l'île de Vancouver en raison de son importance pour plusieurs espèces et habitats, notamment le hareng du Pacifique, le rorqual à bosse et les

Région du Pacifique

épaulards résidents. Dans le Plan marin du nord de l'île de Vancouver, plusieurs activités et utilisations ont été jugées inappropriées pour cette ZMP en raison du risque qu'elles présentent pour l'écologie de la zone, y compris l'aquaculture des poissons à nageoires, les opérations forestières, les opérations minières, les quais et les installations, les maisons flottantes et les gîtes, ainsi que les services publics de sources ponctuelles (Initiative de Partenariat de planification marine 2015a).

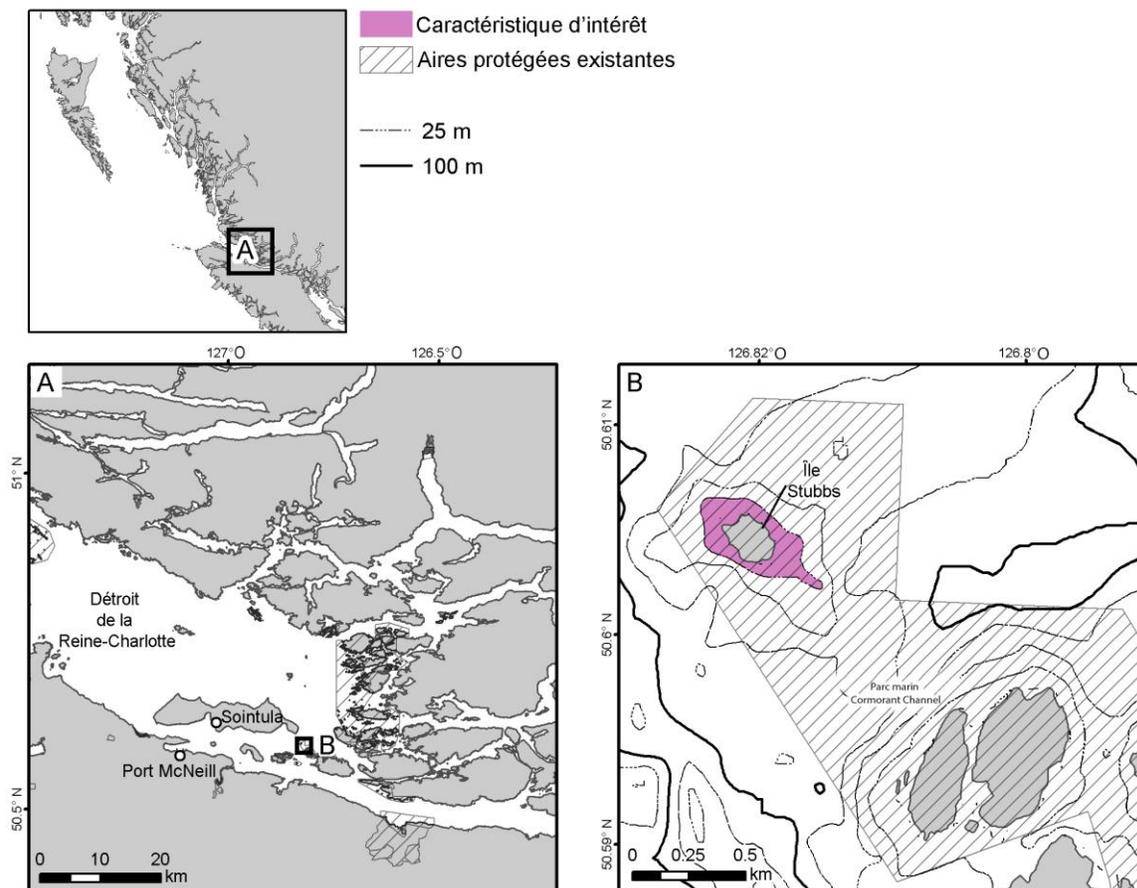


Figure 4. L'île Stubbs, une zone à fort courant de marée dont la grande diversité et la productivité ont été prouvées. Les zones roses indiquent le site d'intérêt de la ZIEB proposée. Les limites définitives nécessiteront des recherches supplémentaires.

Passage Mathieson

Des relevés biologiques menés sur la côte centrale de la Colombie-Britannique permettent de penser que le passage à fort courant de marée dans la zone qui sépare l'île Pooley et le continent, appelé « passage Mathieson » sur les cartes marines (Figure 5), est important pour la biodiversité (Frid *et al.* 2016, 2018 et données inédites^{10,11}). Depuis 2006-2007 et chaque année depuis 2013, les Premières Nations des Heiltsuk, de Kitsoo/Xai'xais, des Nuxalk et des Wuikinuxv recueillent des données sur les caractéristiques des populations et les habitats des sébastes et d'autres poissons démersaux de la côte centrale (Frid *et al.* 2016, 2018). Les relevés systématiques comprennent un échantillonnage à la ligne et des transects visuels à l'aide d'une caméra vidéo remorquée ou en plongée. À ce jour, les relevés ont permis de décrire une diversité de caractéristiques biologiques dans le passage Mathieson, y compris une abondance élevée de sébastes aux yeux jaunes et à dos épineux, de grands regroupements de crinoïdes, d'éponges moutonnées et d'une échouerie d'otaries de Steller (Frid *et al.*, données inédites^{10,11}). La région abrite aussi d'autres espèces, comme la morue-lingue, le sourcil de varech, le sébaste cuivré, le sébaste cilié, le sébaste à queue jaune, le sébaste noir et le sébaste à bandes jaunes (Frid *et al.* 2016, 2018). Parmi les espèces répertoriées à ce jour, la morue-lingue, les éponges moutonnées et les otaries de Steller, de même que le sébaste cuivré, le sébaste à dos épineux et le sébaste à bandes jaunes, ont été identifiées comme des espèces importantes sur le plan écologique et des priorités de conservation pour le réseau d'AMP de la BPN (MPO 2017).

Les Premières Nations et la province de la Colombie-Britannique ont en particulier désigné le passage Mathieson comme une zone écologique importante nécessitant une protection accrue (Initiative de Partenariat de planification marine 2015b). Plus précisément, dans le plan spatial du MaPP, ce passage fait partie de la ZMP 22 — une « zone de haute protection » proposée — en raison de sa productivité élevée, de sa riche biodiversité et de sa grande importance culturelle pour les Premières Nations (Initiative de Partenariat de planification marine 2015b). Le passage Mathieson est également adjacent à Pooley Island Conservancy et se trouve à l'intérieur des limites de Fiordland Conservancy. Étant donné la nature préliminaire du riche ensemble de données biologiques dans cette région, il est recommandé de présenter le passage Mathieson comme site d'intérêt en vue de la désignation de ZIEB.

¹⁰Central Coast Indigenous Resource Alliance, Campbell River (Colombie-Britannique), 2019.

¹¹ Frid et ses collaborateurs (2016, 2018) décrivent les méthodes de collecte de données et fournissent une évaluation régionale de la présence et de la diversité du sébaste sur l'ensemble de la côte centrale. Toutefois, en raison des préoccupations des Premières Nations partenaires au sujet de la sensibilité des données spatiales, ces documents ne présentent pas de cartes ou de détails propres au passage Mathieson. En 2018, les données spatiales tirées de ces relevés, résumées à l'échelle des unités de planification de 4 km² (y compris l'unité 13213, qui englobe le passage Mathieson), peuvent être consultées sur Seasketch, un service de cartographie en ligne utilisé à l'appui de la planification du réseau d'AMP dans la BPN.

Région du Pacifique

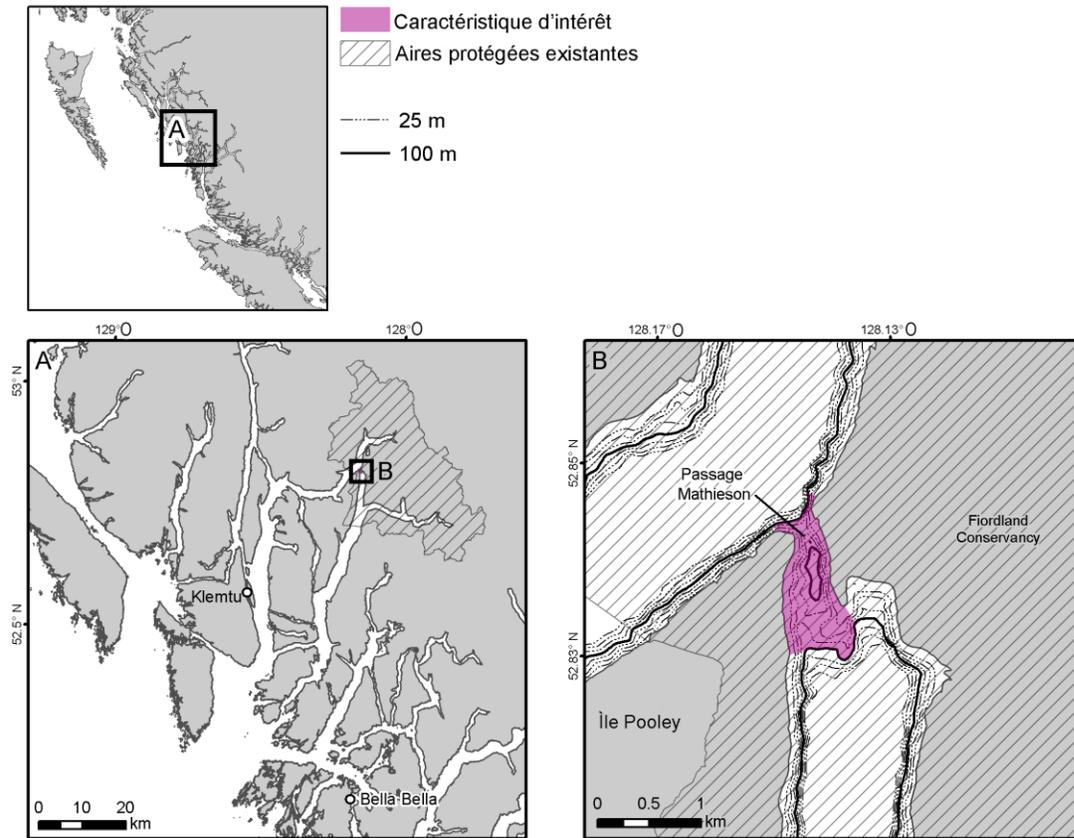


Figure 5. Le passage Mathieson, une zone à fort courant de marée dont la grande diversité et la productivité ont été prouvées. Les zones roses indiquent le site d'intérêt de la ZIEB proposée. Les limites définitives nécessiteront des recherches supplémentaires.

Évaluation en fonction des critères relatifs aux ZIEB

On a évalué les caractéristiques des passages à fort courant de marée en fonction des critères relatifs aux ZIEB (Tableau 6).

Tableau 6. Évaluation des zones comportant des passages à fort courant de marée en fonction des huit critères relatifs aux ZIEB (encadrés 1 et 2). Info insuf. : Information insuffisante.

Critères relatifs aux ZIEB	Classement de la pertinence du critère			
	Info insuf.	Faible	Moyenne	Élevée
Caractère unique ou rareté			X	
Justification : Il existe des éléments de preuve qui donnent à penser que certaines zones à fort courant répondent aux critères du caractère unique. Par exemple, le seuil de Hoeya Head dans l'inlet Knight génère une vague interne. Bien que des vagues internes se produisent dans l'ensemble de l'océan, sur la côte de la Colombie-Britannique, elles sont particulièrement prononcées dans les bras de mer comportant des seuils et les bassins protégés lorsqu'ils sont recouverts d'une mince couche d'eau saumâtre. Ces zones à vagues internes prononcées se trouvent sur le seuil de Hoeya Head				

Région du Pacifique

Critères relatifs aux ZIEB	Classement de la pertinence du critère			
	Info insuf.	Faible	Moyenne	Élevée
<p>dans l'inlet Knight et dans une zone du sud du détroit de George sud (Thomson 1981). Probablement en raison de la structure géomorphologique unique du seuil et de l'océanographie de la région, plusieurs espèces d'eau profonde sont présentes sur le seuil de Hoeya Head à des profondeurs moins grandes que celles auxquelles elles sont habituellement observées (McDaniel et Swanston 2013; Boutillier et Davies 2017⁹).</p> <p>Les rapides Nakwakto ont le plus fort courant de marée de la planète, ce qui rend la région unique au monde (Thomson 1981). De grands regroupements de la « variété Nakwakto » du pouce-pied du Pacifique nord-est, que l'on trouve dans les rapides Nakwakto (Lamb et Hanby 2005) contribuent également au caractère unique de cette région, bien que cette variété ait été récemment découverte dans d'autres régions.</p> <p>Notre évaluation étant limitée en raison du manque d'information sur le caractère unique dans toutes les régions à fort courant de marée, la note Moyenne a été attribuée pour ce critère, même si elle est Élevée, individuellement, pour le seuil de Hoeya Head et les rapides Nakwakto pour ce critère.</p>				
Importance particulière pour les stades biologiques des espèces	X			
Justification : Les renseignements permettant d'évaluer ce critère avec certitude sont limités.				
Importance pour des espèces menacées, en déclin ou en voie de disparition, ou pour leurs habitats	X			
Justification : Les renseignements permettant d'évaluer ce critère avec certitude sont limités.				
Vulnérabilité, fragilité, sensibilité ou lent rétablissement			Variable	
Justification : La présence d'habitats sensibles ou d'espèces fragiles n'a pas fait l'objet de relevés dans toutes les zones à fort courant de marée. Toutefois, un grand nombre d'espèces de coraux et d'éponges, en particulier la population la moins profonde connue de <i>Primnoa Pacifica</i> , a été recensé sur le seuil de Hoeya Head dans l'inlet Knight (Tunncliffe et Syviski 1983; McDaniel et Swanston 2013; Boutillier et Davies 2017 ⁹). Même si Hoeya Head obtiendrait une note Élevée pour ce critère, en général, compte tenu de l'incertitude qui entoure les zones non échantillonnées, nous avons attribué la note Variable jusqu'à ce que plus d'information soit disponible.				
Productivité biologique				X
Justification : Les grandes marées sur la côte de la Colombie-Britannique génèrent de forts courants de marée (Thomson 1981). Ces courants dominent les courants de surface et entraînent un fort mélange maréal. Les mélanges maréaux et d'origine éolienne sont des facteurs importants de l'apport d'éléments nutritifs à la surface et d'oxygène aux eaux de fond (Crawford <i>et al.</i> 2007). Les relevés biologiques menés dans les régions associées aux passages de marée et à un fort courant mettent en évidence les communautés riches et diversifiées qui prospèrent dans ces régions en raison de leur productivité élevée, en particulier les grands regroupements de pouces-pieds du Pacifique nord-est dans les rapides Nakwakto (Lamb et Hanby 2005), les fortes densités de grandes gorgones <i>Primnoa pacifica</i> sur le seuil de Hoeya Head (Tunncliffe et Syvitski 1983; McDaniel et Swanston 2013; Boutillier et Davies 2017 ⁹), les regroupements de crinoïdes et les densités élevées de sébastes dans le passage Mathieson (Frid <i>et al.</i> 2016, 2018, et données inédites ^{10,11}), de même que les milliers d'œillettes de mer sur les pentes entourant l'île Stubbs. Les producteurs secondaires sont très abondants dans ces sites				

Critères relatifs aux ZIEB	Classement de la pertinence du critère			
	Info insuf.	Faible	Moyenne	Élevée
en raison de la production primaire élevée dans ces zones à fort courant.				
Diversité biologique				X
<p>Justification : Les zones de remontée locale et à fort courant sont très productives, comme il est décrit précédemment. Cette productivité accrue soutient de riches communautés biologiques. Bien que des relevés systématiques n'aient pas été réalisés sur l'ensemble de la côte, les données recueillies dans les quatre régions évaluées appuient une note Élevée pour ces régions sur le plan de la biodiversité. Deux cent quarante espèces ont été recensées sur le seuil de Hoeya Head (Boutillier et Davies⁹ 2017), et les résultats préliminaires des relevés dans le passage Mathieson soulignent l'importance écologique de la région (Frid <i>et al.</i> 2016, 2018 et données inédites^{10,11}). Près de l'île Stubbs, 343 espèces marines ont été recensées, dont 54 algues, 26 éponges différentes, 47 cnidaires, 74 mollusques, 33 arthropodes, 23 cnidaires et 28 poissons (dont 11 espèces de sébastes) (Pacific Marine Life Surveys, données inédites⁶). Les environs de l'île Stubbs et des rapides Nakwakto sont des sites de plongée récréative populaires en raison de la diversité des espèces colorées et remarquables qu'ils abritent. Il faudra effectuer ou évaluer des relevés biologiques pour confirmer cette note dans les zones à fort courant de marée qui ne sont pas évaluées ici.</p>				
Caractère naturel	Variable			
<p>Justification : De nombreuses zones à fort courant font l'objet d'une pêche intensive en raison de leur productivité. Le niveau d'impact humain est très variable. Le caractère naturel pourrait servir de critère pour établir l'ordre de priorité des zones en vue d'une désignation à titre de ZIEB lorsqu'une carte plus complète de ces zones aura été compilée. Une évaluation des effets de la pêche sur les habitats sensibles du seuil de Hoeya Head est en cours (Boutillier et Davies 2017⁹), car des effets négatifs sur <i>Primnoa</i> sp. ont été signalés (McDaniel et Swanston 2013). Cette analyse sera utile pour informer la direction des répercussions des activités humaines sur la communauté écologique de la région.</p>				
Regroupement			X	
<p>Justification : Plusieurs espèces se regroupent dans les zones à fort courant de marée, formant notamment de grandes concentrations de pouces-pieds du Pacifique nord-est dans les rapides Nakwakto (Lamb et Hanby 2005), les fortes densités de grandes gorgones <i>Primnoa</i> sur le seuil de Hoeya Head (Tunncliffe et Syvitski 1983; McDaniel et Swanston 2013; Boutillier et Davies 2017⁹), les regroupements de crinoïdes et les densités élevées de sébastes dans le passage Mathieson (Frid <i>et al.</i> 2016, 2018, et données inédites^{10,11}), de même que les milliers d'œillettes de mer sur les pentes entourant l'île Stubbs (Pacific Marine Life Surveys, données inédites⁶). Ces zones de regroupement sont fort probablement liées à la productivité de la région, plutôt qu'à une fonction du cycle biologique ou à un regroupement saisonnier. C'est pour cette raison, et parce que cet examen se limite aux zones où des données ont été recueillies ou des relevés biologiques réalisés que la note attribuée pour ce critère est Moyenne.</p>				

Sommaire

On a évalué les zones à fort courant de marée en fonction des critères relatifs aux ZIEB en tenant compte de certaines zones sur lesquelles on dispose de renseignements biologiques connexes. Il ne s'agissait pas d'une évaluation exhaustive de toutes les zones à fort courant de

marée en Colombie-Britannique, mais plutôt d'un point de départ pour reconnaître que les courants de marée locaux, la topographie et la complexité bathymétrique peuvent jouer un rôle important dans la création des caractéristiques littorales qui améliorent la biodiversité.

Quatre zones précises à fort courant de marée ont reçu une note Élevée pour la productivité et la biodiversité et Moyenne pour le regroupement et la vulnérabilité. Cette évaluation peut servir de fondement pour déterminer d'autres passages à fort courant de marée qui peuvent être admissibles à des relevés biologiques ciblés menant à une désignation en tant que ZIEB. À l'heure actuelle, les preuves sont suffisantes pour appuyer la désignation du seuil de Hoeya Head, des rapides Nakwakto et de l'île Stubbs en tant que ZIEB littorales, bien que leurs limites définitives restent à déterminer. Le passage Mathieson est un site d'intérêt pour la désignation à titre de ZIEB, et d'autres analyses sont nécessaires pour étayer cette désignation.

Conclusions

Après avoir évalué les huit critères combinés du MPO et de la CBD, un appui scientifique s'est dégagé pour désigner les forêts de varech formant une canopée, les herbiers de zostère et les estuaires comme des ZIEB littorales. Les données probantes n'étaient pas suffisantes pour désigner les herbiers de phyllospadix comme des ZIEB littorales pour le moment, compte tenu du nombre limité de relevés biologiques ciblés réalisés sur cette caractéristique. De même, il n'y a pas suffisamment de données biologiques spatiales ou connexes pour désigner tous les passages à fort courant de marée de la BPN comme des ZIEB littorales. Toutefois, la désignation de ZIEB est solidement appuyée pour trois zones précises à fort courant de marée pour lesquelles on dispose des renseignements biologiques connexes, à savoir : le seuil de Hoeya Head, les rapides Nakwakto et les eaux entourant l'île Stubbs. Des preuves s'accumulent à l'appui de la désignation du passage Mathieson en tant que ZIEB, mais les analyses se poursuivent. Il est donc recommandé de désigner le passage Mathieson comme site d'intérêt en vue d'une future évaluation en tant que ZIEB. Il s'agissait d'un effort initial visant à déterminer des ZIEB littorales dans la BPN, et d'autres caractéristiques côtières comme les gisements de palourdes, les récifs rocheux et d'autres passages à fort courant de marée devraient être évaluées en fonction de ces critères à l'avenir.

Tableau 12. Tableau récapitulatif de la note des caractéristiques littorales en fonction des huit critères relatifs aux ZIEB. Dans un avis scientifique (MPO 2004), le MPO indique que les caractéristiques ou les zones qui sont classées « élevées » pour au moins un des critères suivants : caractère unique, conséquences sur la valeur adaptative ou regroupement, peuvent être désignées comme des ZIEB. Une caractéristique ou une zone classée au-dessus de la moyenne (« moyenne » ou « élevée ») pour plusieurs critères répond également aux critères d'une ZIEB (MPO 2004). ✓ : la caractéristique répond aux critères et peut être considérée comme une ZIEB. ✗ : la caractéristique ne répond pas aux critères, ou l'information n'est pas suffisante pour effectuer une évaluation de ZIEB et pour le moment, la caractéristique n'est pas considérée comme une ZIEB.

Caractéristique	Caractère unique	Cycle biologique	Menacée	Vulnérabilité	Productivité	Biodiversité	Caractère naturel	Regroupement	Les critères relatifs aux ZIEB sont-ils respectés?
Forêt de varech formant une canopée	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Faible	Élevée	Élevée	Variable	Élevée	✓
Zostère	Moyenne	Élevée	Élevée	Élevée	Élevée	Élevée	Variable	Élevée	✓
Phyllospadix	Faible	Moyenne	Info insuf.	Moyenne	Élevée	Info insuf.	Variable	Info insuf.	✗
Estuaires	Moyenne	Élevée	Moyenne	Moyenne	Élevée	Élevée	Variable	Élevée	✓
Fort courant de marée	Moyenne	Info insuf.	Info insuf.	Variable	Élevée	Élevée	Variable	Moyenne	✓

*Ce sont : le seuil de Hoeya Head, les rapides Nakwakto et les eaux entourant l'île Stubbs. Il faudra approfondir les recherches et l'évaluation d'autres régions à fort courant de marée, y compris le passage Mathieson, pour confirmer qu'il s'agit bien de ZIEB.

Prochaines étapes

Cette évaluation des caractéristiques littorales en Colombie-Britannique représente la première étape du processus des ZIEB littorales en déterminant les caractéristiques et les zones qui répondent aux critères relatifs aux ZIEB. La prochaine étape consiste à mettre en évidence ces caractéristiques ou à les classer par ordre de priorité en fonction de critères supplémentaires comme l'étendue (ou la taille), la diversité locale, le caractère naturel/les menaces ou la proximité d'autres caractéristiques de ZIEB littorales (voir MPO 2018). Il faut disposer de plus d'information sur l'étendue spatiale et la communauté biologique des caractéristiques, et réaliser des analyses plus poussées (p. ex. superposition de plusieurs ZIEB, logiciel d'optimisation du site ou analyses des points chauds) pour classer adéquatement les zones en fonction de ces critères supplémentaires ou déterminer celles qui soutiennent de multiples caractéristiques littorales écologiquement importantes.

Comme point de départ pour les estuaires, nous recommandons d'utiliser les classements disponibles pour les ZIEB des estuaires, tout en tenant compte de leurs limites. Le Programme de conservation des estuaires du Pacifique (PCEP) a classé les estuaires selon leur taille et leur utilisation par les oiseaux de mer (Ryder *et al.* 2007); les estuaires de la Skeena, de la Nass et de la Kitimat se démarquent comme des estuaires prioritaires dans la BPN. Toutefois, d'autres analyses sont nécessaires pour combler les lacunes dans l'espace et classer officiellement l'importance de l'estuaire par taxon en plus des oiseaux. Une analyse inédite récente a classé les estuaires en fonction de leur importance pour la diversité et la biomasse du saumon (C. Robb et E. Rubidge, données inédites¹²), et a également souligné l'importance des estuaires de la Skeena, de la Nass et de la Kitimat. Toutefois, il ne faut pas négliger l'importance régionale des estuaires plus petits de la côte.

Il n'y a actuellement aucun système en place pour classer les forêts de varech formant une canopée et les herbiers de zostère en catégories selon leur importance écologique. Des recherches plus poussées sur la taille (p. ex. l'étendue de la canopée ou de l'herbier), la productivité (p. ex. la biomasse, la densité des stipes ou des pousses), la diversité (p. ex. la richesse des espèces) et le caractère naturel (p. ex. les menaces, l'état de dégradation, l'intégrité de l'écosystème) dans l'ensemble de la BPN seront utiles pour déterminer les forêts de varech ou les herbiers de zostère prioritaires. D'autres méthodes, comme les points chauds de la diversité de l'habitat ou les analyses par superposition de caractéristiques, pourraient être appliquées pour déterminer les zones où se trouvent plusieurs ZIEB. Certaines de ces méthodes ont été élaborées et présentées dans la réévaluation des ZIEB existantes de la BPN effectuée dans le cadre d'un processus régional d'examen par les pairs en octobre 2017 (MPO 2018; Rubidge *et al.* 2018).

Collaborateurs

Collaborateur	Organisme d'appartenance
Emily Rubidge	Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique
Sharon Jeffery	Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique
Edward Gregr	SciTech Environmental Consulting
Katie Gale	Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique
Joanne Lessard	Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique
Nadja Steiner	Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique, présidente
Lisa Christensen	Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique, CASP
Alejandro Frid	Central Coast Indigenous Research Alliance

¹² Pêches et Océans Canada, Victoria (Colombie-Britannique) 2019.

Collaborateur	Organisme d'appartenance
Mary Theiss	Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique
Margot Hessing-Lewis	Hakai Institute, Colombie-Britannique
Lynn Lee	Parcs Canada

Approuvé par

Carmel Lowe
Directrice régionale
Direction des sciences, région du Pacifique
Pêches et Océans Canada

12 novembre 2019

Sources de renseignements

- Baldwin, J.R., and Lowvorn, J.R. 1994. Expansion of seagrass habitat by the exotic *Zostera japonica*, and its use by dabbling ducks and brant in Boundary Bay, British Columbia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 103(1): 119-127.
- Ban, S., Curtis, J.M., St. Germain, C., Perry, I., and Therriault, T.W. 2016. Identification of ecologically and biologically significant areas (EBSAs) in Canada's offshore Pacific bioregion. *DFO Can. Sci. Advis. Rep. Res. Doc.* 2016/034: x + 152 p.
- Barbier, E.B., Hacker, S.D., Kennedy, C., Koch, E.W., Stier, A.C., and Silliman, B.R. 2011. The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecol. Monogr.* 81(2): 169-193.
- Beck, M.W., Heck Jr, K.L., Able, K.W., Childers, D.L., Eggleston, D.B., Gillanders, B.M., Halpern, B., Hays, C.G., Hoshino, K., Minello, T.J., Orth, R.J., Sheridan, P.F., and Weinstein, M.P. 2001. The identification, conservation, and management of estuarine and marine nurseries for fish and invertebrates. *Bioscience* 51(8): 633-641.
- Boesch, D.F. 1974. Diversity, stability and response to human disturbance in estuarine ecosystems, The Hague, The Netherlands, September 8-14, 1974, pp. 109-114.
- Boese, B.L., Kaldy, J.E., Clinton, P.J., Eldridge, P.M., and Folger, C.L. 2009. Recolonization of intertidal *Zostera marina* L. (eelgrass) following experimental shoot removal. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 374(1): 69-77.
- Borja, Á., Dauer, D.M., Elliott, M., and Simenstad, C.A. 2010. Medium- and long-term recovery of estuarine and coastal ecosystems: Patterns, rates and restoration effectiveness. *Estuaries Coast.* 33(6): 1249-1260.
- British Columbia Conservation Data Centre (BCCDC). 2017. [BC Species and Ecosystems Explorer](#). BC Ministry of Environment, Victoria, BC.
- British Columbia Ministry of Sustainable Resource Management (BC MSRM). 2002. [North Island Straits Coastal Plan](#).
- British Columbia Ministry of Environment (BC MOE). 2006. Estuaries in British Columbia. British Columbia. 6 pp.
- Byerly, M.M. 2001. The ecology of age-1 copper rockfish (*Sebastes caurinus*) in vegetated habitats of Sitka Sound, Alaska. MSc Thesis, University of Alaska Fairbanks.
- Carr-Harris, C., Gottesfeld, A.S., and Moore, J.W. 2015. Juvenile salmon usage of the Skeena River estuary. *PLoS One* 10(3): e0118988.

Région du Pacifique

- Chen, Z., Nie, Y., Xie, J., Xu, J., He, Y. and Cai, S., 2017. Generation of internal solitary waves over a large sill: From Knight Inlet to Luzon Strait. *J. Geophys. Res Oceans* 122(2): 1555-1573.
- Clarke, C.L., and Jamieson, G.S. 2006a. Identification of ecologically and biologically significant areas in the Pacific North Coast Integrated Management Area: Phase I - Identification of important areas. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2678.
- Clarke, C.L., and Jamieson, G.S. 2006b. Identification of ecologically and biologically significant areas in the Pacific North Coast Integrated Management Area: Phase II - Final report. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2686.
- Connors, K., Jones, E., Kellock, K., Hertz, E., Honka, L., and Belzile, J. 2018. BC Central Coast: A snapshot of salmon populations and their habitats. The Pacific Salmon Foundation, Vancouver, BC, Canada.
- Convention on Biological Diversity (CBD). 2008. [Marine and coastal biodiversity](#). COP 9, Decision IX/20, Annex 1.
- Cooper, L.W., and McRoy, C.P. 1988. Anatomical adaptations to rocky substrates and surf exposure by the seagrass genus *Phyllospadix*. *Aquat. Bot.* 32: 365-381.
- Craig, C., Wyllie-Escheverria, S., Carrington, E., and Shafer, D. 2008. Short-term sediment burial effects on the seagrass *Phyllospadix scouleri*. Report no. ERDC TN-EMRRP-EI-03.
- Crawford, W., Johannessen, D., Whitney, F., Birch, R., Borg, K., Fissel, D., and Vagle, S. 2007. Appendix C: Physical and Chemical Oceanography. *In Ecosystem overview: Pacific North Coast Integrated Management Area (PNCIMA)*. Edited by B.G. Lucas, S. Verrin, and R. Brown. *DFO Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2667.
- Daly, E.A., Brodeur, R.D., and Weitkamp, L.A. 2009. Ontogenetic shifts in diets of juvenile and subadult coho and Chinook salmon in coastal marine waters: important for marine survival? *Trans. Am. Fish. Soc.* 138(6): 1420-1438.
- de Graaf, R.C. 2006. Fine-scale population genetic structure of the eastern Pacific bay pipefish, *Syngnathus leptorhynchus*. MSc Thesis, University of British Columbia.
- de Juan, S., Thrush, S.F., and Hewitt, J.E. 2013. Counting on B-diversity to safeguard the resilience of estuaries. *PLoS One* 8(6): e65575.
- Druehl, L.D. 2001. *Pacific Seaweeds: A guide to common seaweeds of the West Coast*. Harbour Publishing, Madeira Park, BC.
- Druehl, L.D., and Clarkston, B.E. 2016. *Pacific seaweeds: a guide to common seaweeds of the west coast*. Harbour Publishing, Madeira Park, BC.
- Du Preez, C., and Tunnicliffe, V. 2011. Shortspine Thornyhead and rockfish (Scorpaenidae) distribution in response to substratum, biogenic structures and trawling. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 425: 217-231.
- Duarte, C.M. 2002. The future of seagrass meadows. *Enviro. Cons.* 29(2): 192-206.
- Duarte, C.M., Conley, D.J., Carstensen, J., and Sánchez-Camacho, M. 2009. Return to neverland: shifting baselines affect eutrophication restoration targets. *Estuaries Coasts* 32(1): 29-36.

- Duarte, C.M., Kennedy, H., Marbà, N., and Hendriks, I. 2013. Assessing the capacity of seagrass meadows for carbon burial: Current limitations and future strategies. *Ocean Coast. Manage.* 83: 32-38.
- Dugan, J.E., Hubbard, D.M., Page, H.M., and Schimel, J.P. 2011. Marine macrophyte wrack inputs and dissolved nutrients in beach sands. *Estuaries Coasts* 34(4): 839-850.
- Duggins, D.O. 1980. Kelp beds and sea otters: An experimental approach. *Ecology* 61(3): 447-453.
- Duggins, D.O. 1988. The effects of kelp forests on nearshore environments: biomass, detritus, and altered flow. *In* The community ecology of sea otters. Edited by J.A. Estes and G.R. VanBlaricom. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany. pp. 192-201.
- Duggins, D.O., Simenstad, C.A., and Estes, J.A. 1989. Magnification of secondary production by kelp detritus in coastal marine ecosystems. *Science* 245(4914): 170-173.
- Ebeling, A., and Laur, D. 1988. Fish populations in kelp forests without sea otters: effects of severe storm damage and destructive sea urchin grazing. *In* The community ecology of sea otters. Edited by J.A. Estes and G.R. VanBlaricom. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany. pp. 169-191.
- Eckman, J.E., Duggins, D.O., and Sewell, A.T. 1989. Ecology of under story kelp environments. I. Effects of kelps on flow and particle transport near the bottom. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 129(2): 173-187.
- Elliott, M., and Whitfield, A.K. 2011. Challenging paradigms in estuarine ecology and management. *Est. Coast. Shelf Sci.* 94(4): 306-314.
- Emmett, R., Llansó, R., Newton, J., Thom, R., Hornberger, M., Morgan, C., Levings, C., Copping, A., and Fishman, P. 2000. Geographic signatures of North American West Coast estuaries. *Estuaries* 23(6): 765-792.
- Eriander, L., Infantes, E., Olofsson, M., Olsen, J.L., and Moksnes, P.-O. 2016. Assessing methods for restoration of eelgrass (*Zostera marina* L.) in a cold temperate region. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 479: 76-88.
- Estes, J.A., and Palmisano, J.F. 1974. Sea otters: Their role in structuring nearshore communities. *Science* 185(4156): 1058-1060.
- Farmer, D.M., and Smith, J.D. 1980. Tidal interaction of stratified flow with a sill in Knight Inlet. *Deep Sea Res. A* 27: 239-254.
- Foster, M., Neushul, M., and Zingmark, R. 1971. The Santa Barbara oil spill. Part 2: initial effects on intertidal and kelp bed organisms. *Environ. Pollut.* 2: 115-134.
- Fourqurean, J.W., Duarte, C.M., Kennedy, H., Marbà, N., Holmer, M., Mateo, M.A., Apostolaki, E.T., Kendrick, G.A., Krause-Jensen, D., McGlathery, K.J. and Serrano, O., 2012. Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nat. Geosci.* 5(7), p.505.
- Frid, A., McGreer, M., Haggarty, D.R., Beamont, J., and Gregr, E.J. 2016. Rockfish size and age: The crossroads of spatial protection, central place fisheries and indigenous rights. *Glob. Ecol. Cons.* 8: 170-182.
- Frid, A., McGreer, M., Gale, K.S.P., Rubidge, E., Blaine, T., Reid, M., Olson, A., Hankewich, S., Mason, E., Rolston, D., and Tallio, E. 2018. The area-heterogeneity tradeoff applied to spatial protection of rockfish (*Sebastes* spp.) species richness. *Cons. Lett.* e12589.

Région du Pacifique

- Gabrielson, P.W., Widdowson, T.B., Lindstrom, S.C., Hawkes, M., and Scagel, R.F. 2000. Keys to the benthic marine algae and seagrasses of British Columbia, Southeast Alaska, Washington and Oregon. Phycological contribution no 5. Department of Botany, University of British Columbia, Vancouver.
- Gale, K.S.P., Frid, A., Lee, L., McCarthy, J.-B., Robb, C., Rubidge, E., Steele, J., and Curtis, J.M.R. 2019. A framework for identification of ecological conservation priorities for marine protected area network design and its application in the Northern Shelf Bioregion. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2018/055.
- Ganter, B. 2000. Seagrass (*Zostera* spp.) as food for brant geese (*Branta bernicla*): an overview. Helgoland Marine Research 54(2-3): 63-70.
- Gayaldo, P., Ewing, K., and Wyllie-Echeverria, S. 2001. Transplantation and alteration of submarine environment for restoration of *Zostera marina* (eelgrass): A case study at Curtis Wharf (Port of Anacortes), Washington. Puget Sound Research.
- Gedan, K.B., Altieri, A.H., and Bertness, M.D. 2011. Uncertain future of New England salt marshes. Mar. Ecol. Prog. Ser. 434: 229-237.
- Gibbs, R.E. 1902. *Phyllospadix* as a beach builder. Am. Nat. 36: 421-432.
- Gouvernement du Canada. 1997. [Loi sur les océans](#) (L.C. 1996, ch. 31).
- Gouvernement du Canada. 2011. Cadre national pour le réseau d'aires marines protégées du Canada, Ottawa. 34 pp.
- Graham, M., Halpern, B., and Carr, M. 2008. Diversity and dynamics of Californian subtidal kelp forests. Food webs and the dynamics of marine reefs. Oxford University Press, NY: 103-134.
- Graham, M.H. 2003. Coupling propagule output to supply at the edge and interior of a giant kelp forest. Ecology 84(5): 1250-1264.
- Graham, M.H. 2004. Effects of local deforestation on the diversity and structure of southern California giant kelp forest food webs. Ecosystems 7(4): 341-357.
- Graham, M.H., Vasquez, J.A., and Buschmann, A.H. 2007. Global ecology of the giant kelp *Macrocystis*: from ecotypes to ecosystems. Oceanogr. Mar. Biol. 45: 39.
- Green, E.T., and Short, F.T. 2003. World atlas of seagrasses. University of California Press, Berkeley, CA.
- Gregr, E.J. 2016. Sea otters, kelp forests, and ecosystem services: modelling habitats, uncertainties, and trade-offs. PhD Thesis, University of British Columbia.
- Gregr, E.J., Ahrens, A.L. and Perry, R.I. 2012. Reconciling classifications of ecologically and biologically significant areas in the world's oceans. Mar. Pol. 36(3): 716-726.
- Groot, C., and Margolis, L. 1991. Pacific Salmon Life Histories. UBC Press, University of British Columbia
- Gunderson, D.R., Armstrong, D.A., Shi, Y.-B., and McConnaughey, R.A. 1990. Patterns of estuarine use by juvenile English sole (*Parophrys vetulus*) and Dungeness crab (*Cancer magister*). Estuaries 13(1): 59-71.
- Hall, A. 2008. State of the ocean in the Pacific North Coast Integrated Management Area (PNCIMA). David Suzuki Foundation.

Région du Pacifique

- Hallacher, L.E., and Roberts, D.A. 1985. Differential utilization of space and food by the inshore rockfishes (Scorpaenidae: *Sebastes*) of Carmel Bay, California. *Environ. Biol. Fish.* 12(2): 91-110.
- Hass, M.E., Simenstad, C.A., Cordell, J.R., Beauchamp, D.A., and Miller, B.S. 2002. Effects of large overwater structures on epibenthic juvenile salmon prey assemblages in Puget Sound, Washington. Prepared for Washington State Dept. Transportation.
- Hastings, K., King, M., and Allard, K. 2014. Ecologically and Biologically Significant Areas in the Atlantic Coastal Region of Nova Scotia Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3107: xii + 174 p.
- Hauxwell, J., Cebrian, J., and Valiela, I. 2003. Eelgrass *Zostera marina* loss in temperate estuaries: relationship to land-derived nitrogen loads and effect of light limitation imposed by algae. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 247: 59-73.
- Hemminga, M.A., and Duarte, C.M. 2000. Seagrasses in the human environment. *In* Seagrass Ecology. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 248-291.
- Hemminga, M.A., Harrison, P.G., and Van Lent, F. 1991. The balance of nutrient losses and gains in seagrass meadows. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 71: 85-96.
- Higgins, R.J., and Schouwenburg, W.J. 1973. A biological assessment of fish utilization of the Skeena River estuary, with special reference to port development in Prince Rupert. Technical report 1973-1. Fisheries and Marine Service, Dept. of the Environment, Vancouver, BC.
- Honig, S.E., Mahoney, B., Glanz, J.S., and Hughes, B.B. 2017. Are seagrass beds indicators of anthropogenic nutrient stress in the rocky intertidal? *Mar. Poll. Bull.* 114(1): 539-546.
- Hoos, L.M. 1975. The Skeena River estuary status of environmental knowledge to 1975. Special Estuary Series No. 3. Department of the Environment.
- Howell, T. 2012. A night spent in the middle of Nakwakto Rapids. *The Magazine of BC Nature*, Spring 2012. Vol. 51(1): 21.
- Hughes, J.E., Deegan, L.A., Wyda, J.C., Weaver, M.J., and Wright, A. 2002. The effects of eelgrass habitat loss on estuarine fish communities of southern New England. *Estuaries* 25(2): 235-249.
- Jackson, E.L., Rowden, A.A., Attrill, M.J., Bossey, S.J., and Jones, M.B. 2001. The importance of seagrass beds as a habitat for fishery species. *Oceanogr. Mar. Biol.* 39: 269-303.
- Jeffery, S. 2008. Evaluating eelgrass as a juvenile habitat for rockfishes. MSc Thesis, University of British Columbia.
- Johnson, S.W., and Thedinga, J.F. 2005. Fish use and size of eelgrass meadows in southeastern Alaska: a baseline for long-term assessment of biotic change. *Northw. Sci.* 79(2-3): 141-155.
- Kenchington, E. 2014. A general overview of benthic ecological or biological significant areas (EBSAs) in Maritimes region. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3072: iv + 45 p.
- Kennish, M.J. 2002. Environmental threats and environmental future of estuaries. *Environ. Cons.* 29(01): 78-107.
- Klymak, J.M. and Gregg, M.C., 2004. Tidally generated turbulence over the Knight Inlet sill. *J. Phys. Oceanogr.* 34(5): 1135-1151.

Région du Pacifique

- Koenigs, C., Miller, R.J., and Page, H.M. 2015. Top predators rely on carbon derived from giant kelp *Macrocystis pyrifera*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 537: 1-8.
- Krause-Jensen, D., and Duarte, C.M. 2016. Substantial role of macroalgae in marine carbon sequestration. *Nature Geosci.* 9: 737.
- Krieger, K.J., and Wing, B.L. 2002. Megafauna associations with deepwater corals (*Primnoa* spp.) in the Gulf of Alaska. *Hydrobiologia* 471(1-3): 83-90.
- Krumhansl, K.A., and Scheibling, R.E. 2012. Production and fate of kelp detritus. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 467: 281-302.
- Krumhansl, K.A., Bergman, J.N., and Salomon, A.K. 2017. Assessing the ecosystem-level consequences of a small-scale artisanal kelp fishery within the context of climate-change. *Ecol. Appl.* 27(3): 799-813.
- Krumhansl, K.A., Okamoto, D.K., Rassweiler, A., Novak, M., Bolton, J.J., Cavanaugh, K.C., Connell, S.D., Johnson, C.R., Konar, B., and Ling, S.D. 2016. Global patterns of kelp forest change over the past half-century. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 113(48): 13785-13790.
- Lamb, A., and Hanby, B.P. 2005. *Marine life of the Pacific Northwest*. Harbour Publishing, Madeira Park, BC.
- Lamb, J.B., van de Water, J.A., Bourne, D.G., Altier, C., Hein, M.Y., Florenza, E.A., Abu, N., Jompa, J.J., and Harvell, C.D. 2017. Seagrass ecosystems reduce exposure to bacterial pathogens of humans, fishes, and invertebrates. *Science* 355: 731-733.
- Lee, L.C., Watson, J.C., Trebilco, R., and Salomon, A.K. 2016. Indirect effects and prey behavior mediate interactions between an endangered prey and recovering predator. *Ecosphere* 7(12): e01604.
- Littler, M.M., and Murray, S.N. 1975. Impact of sewage on the distribution, abundance and community structure of rocky intertidal macro-organisms. *Mar. Biol.* 30(4): 277-291.
- Littler, M.M., Martz, D.R., and Littler, D.S. 1983. Effects of recurrent sand deposition on rocky intertidal organisms: importance of substrate heterogeneity in a fluctuating environment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 11: 129-139.
- Lucas, B.G., Johannessen, D., and Lindstrom, S. 2007. Appendix E: Marine Plants. *In* *Ecosystem Overview: Pacific North Coast Integrated Management Area (PNCIMA)*. Edited by B.G. Lucas, S. Verrin and R. Brown. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2667: iv + 23 p.
- Macdonald, J.S., Levings, C.D., McAllister, C.D., Fagerlund, U.H., and McBride, J.R. 1988. A field experiment to test the importance of estuaries for Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) survival: short-term results. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 1366-1377.
- Magnusson, A., and Hilborn, R. 2003. Estuarine influence on survival rates of coho (*Onchorhynchus kisutch*) and Chinook salmon (*Onchorhynchus tshawytscha*) released from hatcheries on the U.S. Pacific coast. *Estuaries* 26: 1094-1103.
- Mann, K.H. 1973. Seaweeds: Their Productivity and Strategy for Growth. *Science* 182(4116): 975-981.
- Marine Planning Partnership Initiative. 2015a. *North Vancouver Island Marine Plan*. ISBN: 978-0-7726-6884-4.
- Marine Planning Partnership Initiative. 2015b. *Central Coast Marine Plan*. ISBN: 978-0-7726-6886-8

Région du Pacifique

- Markel, R.W. 2011. Rockfish recruitment and trophic dynamics on the west coast of Vancouver Island: fishing, ocean climate, and sea otters. PhD Thesis, University of British Columbia.
- Markel, R.W., and Shurin, J.B. 2015. Indirect effects of sea otters on rockfish (*Sebastes* spp.) in giant kelp forests. *Ecology* 96(11): 2877-2890.
- McConnaughey, T., and McRoy, C.P. 1979. C13 label identifies eelgrass (*Zostera marina*) carbon in an Alaskan estuarine food web. *Mar. Biol.* 53: 263-269.
- McDaniel, N., and Swanston, D. 2013. Observations on the gorgonian coral *Primnoa pacifica* at the Knight Inlet sill, British Columbia 2008-2013.
- Menge, B.A., Allison, G.W., Blanchette, C.A., Farrell, T.M., Olson, A.M., Turner, T.A., and van Tamelen, P. 2005. Stasis or kinesis? Hidden dynamics of a rocky intertidal macrophyte mosaic revealed by a spatially explicit approach. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 314(1): 3-39.
- Moore, J., Carr-Harris, C., and Gordon, J. 2015. Salmon science as related to proposed development in the Skeena River estuary. Prepared for Lax Kw'alaams Band Council.
- Moore, J.W., Gordon, J., Carr-Harris, C., Gottesfeld, A.S., Wilson, S.M., and Russell, J.H. 2016. Assessing estuaries as stopover habitats for juvenile Pacific salmon. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 559: 201-215.
- Morrell, M. 2000. Status of salmon spawning stocks of the Skeena River system. Northwest Institute for Bioregional Research.
- Mortensen, D., Wetheimer, A., Taylor, S., and Landingham, J. 2000. The relation between early marine growth of pink salmon, *Oncorhynchus gorbuscha*, and marine water temperature, secondary production, and survival to adulthood. *Fish. Bull.* 98: 319-335.
- Moulton, L.L. 1997. Early marine residence, growth, and feeding by juvenile salmon in Northern Cook Inlet, Alaska. *Alaska Fish. Res. Bull.* 4(2): 154-177.
- Moulton, O.M., and Hacker, S.D. 2011. Congeneric variation in surfgrasses and ocean conditions influence macroinvertebrate community structure. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 433: 53-63.
- MPO. 2004. Identification of Ecologically and Biologically Significant Areas. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Ecosys. Stat. Rep. 2004/006.
- MPO. 2005. [La politique du Canada pour la conservation du saumon sauvage du Pacifique.](#)
- MPO. 2007a. Identification of ecologically significant species and community properties. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2006/041.
- MPO. 2007b. Programme de rétablissement de l'haliotide pie (*Haliotis kamtschatkana*) au Canada. Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril. Pêches et Océans Canada, Vancouver. vi + 31 pp.
- MPO. 2009. Does eelgrass meet the criteria as an ecologically significant species? DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2009/018.
- MPO. 2010. Science Guidance on the Development of Networks of Marine Protected Areas (MPAs). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2009/061.
- MPO. 2011a. Ecologically and Biologically Significant Areas – Lessons Learned. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2011/049.

Région du Pacifique

- MPO. 2011b. Programme de rétablissement des épaulards résidents (*Orcinus orca*) du nord et du sud au Canada. Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Pêches et Océans Canada, Ottawa, ix + 85 p.
- MPO. 2012. Marine protected area network planning in the Scotian Shelf bioregion: Objectives, data, and methods. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2012/064.
- MPO. 2013. Proceedings of the regional peer review on the evaluation of proposed Ecologically and Biologically Significant Areas in marine waters of British Columbia. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Proceed. Ser. 2012/053: v + 46 p.
- MPO. 2016. Désignation de zones d'importance écologique et biologique (ZIEB) dans la biorégion du Pacifique située en mer. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2016/011.
- MPO. 2017. Cadre d'identification des priorités en matière de conservation écologique pour la planification d'un réseau d'aires marines protégées et son application dans la biorégion du plateau nord. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2017/019. (Errata : Octobre 2018).
- MPO. 2018. Réévaluation des zones d'importance écologique et biologique (ZIEB) dans la biorégion du plateau du Pacifique Nord. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2018/040.
- Murphy, M.L., Johnson, S.W., and Csepp, D.J. 2000. A comparison of fish assemblages in eelgrass and adjacent subtidal habitats near Craig, Alaska. Alaska Fish. Res. Bull. 7: 11-21.
- Naiman, R.J., and Sibert, J.R. 1979. Detritus and juvenile salmon production in the Nanaimo estuary: II Importance of detrital carbon to the estuarine ecosystem. J. Fish. Res. Board Can. 36: 504-520.
- Neckles, H.A., Short, F.T., Barker, S., and Kopp, B.S. 2005. Disturbance of eelgrass *Zostera marina* by mussel *Mytilus edulis* harvesting in Maine: dragging impacts and habitat recovery. Mar. Ecol. Prog. Ser. 285: 57-73.
- Nijland, W., Reshitnyk, L., and Rubidge, E. 2019. Satellite remote sensing of canopy-forming kelp on a complex coastline: A novel procedure using the Landsat image archive. Remote Sens. Environ. 220: 41-50.
- Nixon, S.W., Oviatt, C.A., Frithsen, J., and Sullivan, B. 1986. Nutrients and the productivity of estuarine and coastal marine ecosystems. J. Limnol. Soc. S. Africa 12(1-2): 43-71.
- Olson, A. 2017. Seagrass meadows as seascape nurseries for rockfish (*Sebastes* spp.). MSc Thesis, University of Victoria.
- Orth, R.J., Heck, K.L.J., and van Montfrans, J. 1984. Faunal communities in seagrass beds: a review of the influence of plant structure and prey characteristics on predator-prey relationships. Estuaries 7: 339-350.
- Orth, R.J., Luckenbach, M.L., Marion, S.R., Moore, K.A., and Wilcox, D.J. 2006. Seagrass recovery in the Delmarva Coastal Bays, USA. Aquat. Bot. 84(1): 26-36.
- Penhale, P.A. 1977. Macrophyte-epiphyte biomass and productivity in an eelgrass (*Zostera marina* L.) community. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 26: 211-224.
- Peterson, C.H., Luettich, R.A.J., Micheli, F., and Skilleter, G.A. 2004. Attenuation of water flow inside seagrass canopies of differing structure. Mar. Ecol. Prog. Ser. 268: 81-92.

Région du Pacifique

- Phillips, R.C. 1979. Ecological notes on *Phyllospadix* (Potamogetonaceae) in the northeast Pacific. *Aquat. Bot.* 6: 159-170.
- Phillips, R.C. 1983. Reproductive strategies of eelgrass (*Zostera marina*). *Aquat. Bot.* 16: 1-20.
- Pickard, G. 1961. Oceanographic features of inlets in the British Columbia mainland coast. *J. Fish. Board Can.* 18(6): 907-999.
- Plummer, M.L., Harvey, C.J., Anderson, L.E., Guerry, A.D., and Ruckelshaus, M.H. 2012. The Role of eelgrass in marine community interactions and ecosystem services: results from ecosystem-scale food web models. *Ecosystems* 16(2): 237-251.
- Plus, M., Deslous-Paoli, J.-M., and Dagault, F. 2003. Seagrass (*Zostera marina* L.) bed recolonisation after anoxia-induced full mortality. *Aquat. Bot.* 77(2): 121-134.
- Pojar, J., and MacKinnon, A. 1994. *Plants of the Pacific Northwest coast*. Lone Pine Publishing, Edmonton, Alberta.
- Pregnall, A.M., Smith, R.D., Kursar, T.A., and Alberte, R.S. 1984. Metabolic adaptation of *Zostera marina* (eelgrass) to diurnal periods of root anoxia. *Mar. Biol.* 83: 141-147.
- Pritchard, D.W. 1967. What is an estuary: physical standpoint. *In Estuaries*. Edited by G.H. Lauff. American Association for the Advancement of Science, Publication 83., Washington, DC, USA. pp. 3-5.
- Ramirez-Garcia, P., Lot, A., Duarte, C.M., Terrados, J., and Agawin, N.S.R. 1998. Bathymetric distribution, biomass and growth dynamics of intertidal *Phyllospadix scouleri* and *Phyllospadix torreryi* in Baja California (Mexico). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 173: 13-23.
- Ramshaw, B.C. 2012. Spatial and temporal variation in kelp-derived detritus and its dietary importance to consumers along the west coast of Vancouver Island, Canada. MSc Thesis, University of British Columbia.
- Rice, J., (ed). 2006. Background scientific information for candidate criteria for considering species and community properties to be ecologically significant. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2006/089: iv + 82 p.
- Robb, C.K. 2014. Assessing the impact of human activities on British Columbia's estuaries. *PLoS One* 9(6): e99578.
- Robinson, C.L.K., Yakimishyn, J., and Dearden, P. 2011. Habitat heterogeneity in eelgrass fish assemblage diversity and turnover. *Aquat. Cons. Mar. Freshw. Ecosyst.* 21(7): 625-635.
- Rubidge, Emily, Nephin, J, Gale, K.S.P., & Curtis, J. 2018. Réévaluation des zones d'importance écologique et biologique dans la biorégion du plateau du Pacifique Nord. *Secr. can. De consult. sci. du MPO. Doc. de rech.* 2018/053. xiv + 106 p.
- Rubidge, E., Jeffery, S., Gregr, E.J., Gale, K.S.P. et Frid, A. 2020. Évaluation des caractéristiques semi-côtières en fonction des critères visant à désigner les zones d'importance écologique et biologique (ZIEB) dans la biorégion du plateau Nord. *Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech.* 2020/023. vii + 68 p.
- Ryder, J.J., Kenyon, J.K., Buffett, D., Moore, K., Ceh, M., and Stipeck, K. 2007. An integrated biophysical assessment of estuarine habitats in British Columbia to assist regional conservation planning. Technical Report Series No. 476 Canadian Wildlife Service, Pacific and Yukon Region, BC.

Région du Pacifique

- Salomon, A.K., Shears, N.T., Langlois, T.J., and Babcock, R.C. 2008. Cascading effects of fishing can alter carbon flow through a temperate coastal ecosystem. *Ecol. Appl.* 18(8): 1874-1887.
- Scagel, R. 1971. Guide to common seaweeds of British Columbia. British Columbia Provincial Museum Handbook no. 27, Victoria, BC.
- Schiel, D.R., and Foster, M.S. 2015. The biology and ecology of giant kelp forests. University of California Press, Berkeley, CA.
- Semmens, B.X. 2008. Acoustically derived fine-scale behaviors of juvenile Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) associated with intertidal benthic habitats in an estuary. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 65(9): 2053-2062.
- Shaffer, S. 2004. Preferential use of nearshore kelp habitats by juvenile salmon and forage fish. *In Proceedings of the 2003 Georgia Basin/Puget Sound Research Conference* pp. 1-11.
- Shelton, A.O. 2010. Temperature and community consequences of the loss of foundation species: Surfgrass (*Phyllospadix* spp., Hooker) in tidepools. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 391(1-2): 35-42.
- Short, F.T., and Wyllie-Echeverria, S. 1996. Natural and human-induced disturbance of seagrasses. *Environ. Cons.* 23(01): 17-27.
- Simenstad, C.A., Fresh, K.L., and Salo, E.O. 1982. The role of Puget Sound and Washington coastal estuaries in the life history of Pacific salmon: an unappreciated function. *In Estuarine Comparisons*. Edited by V.S. Kennedy. Academic Press, Inc., NY. pp. 343-364.
- Simenstad, C.A., Nightingale, B.J., Thom, R.M., and Shreffler, D.K. 1999. Impacts of ferry terminals on juvenile salmon migrating along Puget Sound shorelines Phase I: Synthesis of state of knowledge. Prepared for Washington State Transportation Commission.
- Smith, K.A., and Sinerchia, M. 2004. Timing of recruitment events, residence periods and post-settlement growth of juvenile fish in a seagrass nursery area, south-eastern Australia. *Environ. Biol. Fishes* 71(1): 73-84.
- Spear, D.J., and Thompson, R.E. 2012. Thermohaline staircases in a British Columbia fjord. *Atmosphere-Ocean* 50(1): 127-133.
- Steneck, R.S., Graham, M.H., Bourque, B.J., Corbett, D., Erlandson, J.M., Estes, J.A., and Tegner, M.J. 2002. Kelp forest ecosystems: biodiversity, stability, resilience and future. *Environ. Cons.* 29(04): 436-459.
- [Stratégie Canada – Colombie-Britannique pour le réseau d'aires marines protégées](#). 2014.
- Tallis, H., Lester, S.E., Ruckelshaus, M., Plummer, M., McLeod, K., Guerry, A., Andelman, S., Caldwell, M.R., Conte, M., and Copps, S. 2012. New metrics for managing and sustaining the ocean's bounty. *Mar. Pol.* 36(1): 303-306.
- Thom, R.M., Judd, C., Buenau, K.E., and Cullinan, V.I. 2011. Eelgrass (*Zostera marina*) stressors in Puget Sound. Prepared for Washington State Dept. Natural Resources.
- Thomson, R.E. 1981. Oceanography of the British Columbia coast. *Can. Spec. Pub. Fish. Aquat. Sci.* 56: xii + 291 p.
- Trebilco, R., Dulvy, N.K., Stewart, H., and Salomon, A.K. 2015. The role of habitat complexity in shaping the size structure of a temperate reef fish community. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 532: 197-211.

- Tunncliffe, V., and Syvitski, J.P. 1983. Corals move boulders: an unusual mechanism of sediment transport. *Limnol. Oceanogr.* 28(3): 564-568.
- Turner, T. 1983. Facilitation as a successional mechanism in a rocky intertidal community. *Am. Nat.* 121(5): 729-738.
- Turner, T. 1985. Stability of rocky intertidal surfgrass beds: persistence, preemption, and recovery. *Ecology* 66(1): 83-92.
- Turner, T., and Lucas, J. 1985. Differences and similarities in the community roles of three rocky intertidal surfgrasses. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 89: 175-189.
- Vandermeulen, H. 2009. An introduction to eelgrass (*Zostera marina* L): the persistent ecosystem engineer. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2009/085: vi + 11 p.
- Watson, J.C., and Estes, J.A. 2011. Stability, resilience, and phase shifts in rocky subtidal communities along the west coast of Vancouver Island, Canada. *Ecol. Monogr.* 81(2): 215-239.
- Weitkamp, L.A., Goulette, G., Hawkes, J., O'Malley, M., and Lipsky, C. 2014. Juvenile salmon in estuaries: comparisons between North American Atlantic and Pacific salmon populations. *Rev. Fish Biol. Fish.* 24(3): 713-736.
- Westhead, M., King, M., and Herbert, G. 2013. Marine protected area network planning in the Scotian Shelf bioregion: Context and conservation objectives. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/126: ii + 11 p.
- Wilmers, C.C., Estes, J.A., Edwards, M., Laidre, K.L., and Konar, B. 2012. Do trophic cascades affect the storage and flux of atmospheric carbon? An analysis of sea otters and kelp forests. *Front. Ecol. Environ.* 10(8): 409-415. doi:10.1890/110176
- Wu, Y., Hannah, C.G., O'Flaherty-Sproul, M., and Thupaki, P. 2017. Representing kelp forests in a tidal circulation model. *J. Mar. Sys.* 169: 73-86.

Le présent 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

Téléphone : 250-756-7208

Courriel: csap@dfo-mpo.gc.ca

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

ISSN 1919-3815

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2020



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2020. Évaluation des caractéristiques semi-côtières en fonction des critères visant à désigner les zones d'importance écologique et biologique (ZIEB) dans la biorégion du plateau Nord. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2020/030.

Also available in English:

DFO. 2020. Assessment of nearshore features in the Northern Shelf Bioregion against criteria for determining Ecologically and Biologically Significant Areas (EBSAs). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2020/030.