



## EXAMEN DE L'EFFICACITÉ DES ACTIVITÉS DE SURVEILLANCE DANS LA ZONE DE PROTECTION MARINE DE BASIN HEAD POUR ÉVALUER L'ATTEINTE DES OBJECTIFS DE CONSERVATION



Photo: Bob Semple (MPO)

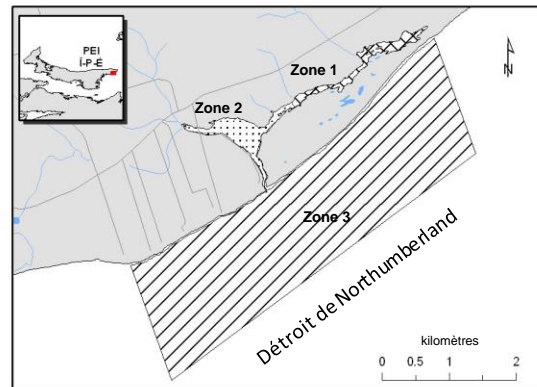


Figure 1. Zone de protection marine (ZPM) de Basin Head.

### Contexte :

La zone de protection marine (ZPM) de Basin Head, établie en 2005, est une lagune marine peu profonde qui contient une souche unique de mousse d'Irlande (*Chondrus crispus*). Les caractéristiques distinctives de la mousse d'Irlande dans cette région comprennent la dépendance totale à la fragmentation pour la dispersion et la multiplication, la dépendance à la moule bleue pour la fixation au substrat, la forme des frondes et sa coloration saisonnière soutenue. Lors de la dernière évaluation, la biomasse de la mousse d'Irlande dans la lagune de Basin Head avait diminué de plus de 99 % entre 1980 et 2008 (MPO 2009a). Le plan de gestion de la zone de protection marine de Basin Head a défini quatre objectifs de conservation et des programmes de surveillance ont été mis en œuvre pour chaque objectif de conservation (MPO 2016). Les activités de surveillance comprennent l'évaluation de l'abondance et de la répartition de la mousse d'Irlande, l'évaluation des proliférations de laitue de mer (*Ulva* spp.), les indicateurs de la qualité de l'eau et la surveillance des poissons et crustacés. Au cours des dernières années, des efforts concertés ont été déployés pour restaurer la mousse d'Irlande dans le bras nord-est de Basin Head en plantant des amas de mousse d'Irlande et de moules créés artificiellement, et en enlevant le crabe vert. La Division de la gestion des océans de la Région du Golfe du MPO a demandé un examen et une évaluation des activités de surveillance entreprises à Basin Head au cours de la dernière décennie afin de déterminer leur efficacité à fournir les renseignements nécessaires pour évaluer si les objectifs de conservation sont atteints. Le présent avis scientifique découle de la réunion régionale d'examen scientifique par les pairs qui s'est tenue les 11 et 12 juin 2019 et qui portait sur l'efficacité des activités de surveillance menées dans la zone de protection marine de Basin Head pour ce qui est d'évaluer l'atteinte des objectifs de conservation. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée lorsqu'elle sera disponible sur le calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada.

## SOMMAIRE

- Les conditions physiques de Basin Head antérieures à l'effondrement de la mousse d'Irlande ne sont pas décrites en détail. La sédimentation et le remblayage ont entraîné certains des changements structurels les plus importants à Basin Head, ce qui a eu une incidence sur l'hydrodynamique de la lagune et modifié la qualité de l'habitat de la mousse d'Irlande.
- Le programme de surveillance devrait être axé sur les indicateurs qui sont de bons intégrateurs de l'état de l'écosystème et qui sont directement liés à la mousse d'Irlande elle-même ou aux composantes de l'écosystème associées à sa persistance et son rétablissement.
- Un certain nombre d'activités de surveillance actuelles sont jugées adéquates aux fins de l'évaluation de l'atteinte des objectifs de conservation. Des modifications à certaines activités de surveillance ainsi que plusieurs nouvelles initiatives de surveillance sont proposées.
- L'échantillonnage ponctuel de nombreuses variables (chimie de l'eau, éléments nutritifs) tel qu'il a été effectué précédemment n'est généralement pas efficace et fournit peu d'information sur les conditions qui, à la longue, ont des répercussions sur l'abondance et le maintien de la mousse d'Irlande.
- Les techniques d'échantillonnage sur le terrain peuvent fournir des données pour plusieurs indicateurs et objectifs de conservation à la fois.
- Les considérations relatives au coût font obstacle à de nombreuses solutions de surveillance, tout comme la complexité de bon nombre de techniques potentielles d'échantillonnage et d'analyse des échantillons.
- La capacité et la formation du groupe local d'intendance du bassin hydrographique qui a contribué à la surveillance sur le terrain, ainsi que les contraintes logistiques sur le terrain dans la ZPM de Basin Head, doivent être prises en compte dans l'élaboration des activités de surveillance.

## INTRODUCTION

La ZPM de Bassin Head a été créée en 2005 en vertu de la *Loi sur les océans*. Basin Head est une lagune marine peu profonde située près de la pointe est de l'Île-du-Prince-Édouard (figure 1). Cette zone a été choisie comme ZPM en raison de la présence d'une souche unique de mousse d'Irlande (*Chondrus crispus*). Les caractéristiques distinctives de la mousse d'Irlande dans cette région comprennent la dépendance totale à la fragmentation pour la dispersion et la multiplication, la dépendance à la moule bleue pour la fixation au substrat, la forme des frondes et une coloration saisonnière soutenue. La mousse d'Irlande de la lagune de Basin Head est également beaucoup plus grosse et a un rendement en carraghénane plus élevé que la mousse d'Irlande côtière extérieure. Ces caractéristiques semblent être définies par les conditions environnementales particulières de la lagune (Sharp *et al.* 2003).

L'objectif de la désignation de Basin Head comme ZPM est de protéger et de conserver cette souche unique de mousse d'Irlande et son habitat. Le plan de gestion de la ZPM de Basin Head définit quatre objectifs de conservation (MPO 2009b) :

- Maintenir la qualité de l'environnement marin qui soutient la mousse d'Irlande;
- Préserver les structures physiques de l'écosystème qui soutiennent la mousse d'Irlande;

- Préserver la santé (la biomasse et la couverture) de la mousse d'Irlande dans Basin Head; et
- Préserver l'intégrité écologique globale de la lagune de Basin Head et du chenal intérieur, notamment en faisant en sorte d'éviter la croissance excessive de la laitue de mer, en maintenant des taux d'oxygène adéquats, et en préservant la diversité de la flore et de la faune indigènes.

Des programmes de surveillance ont été définis et mis en place à Basin Head pour chacun des objectifs de conservation (MPO 2016). Les activités de surveillance comprennent l'évaluation de l'abondance et de la distribution de mousse d'Irlande, l'évaluation des proliférations de macroalgues vertes (dont la laitue de mer, *Ulva lactuca*, et des algues qui y sont associées), des indicateurs de la qualité de l'eau, et la surveillance des poissons et des crustacés (Sharp *et al.* 2003; Thériault et Courtenay 2010). Au cours des dernières années, des activités ont été entreprises pour restaurer la mousse d'Irlande dans la lagune de Basin Head, notamment la propagation et l'amélioration artificielles, la restauration et la plantation de la zostère marine, et l'élimination du crabe vert invasif (*Carcinus maenas*).

La Division de la gestion des océans de la Région du Golfe du MPO a demandé un examen et une évaluation des activités de surveillance entreprises dans la ZPM de Basin Head au cours de la dernière décennie, afin de déterminer leur efficacité à fournir les renseignements nécessaires pour évaluer si les objectifs de conservation sont atteints. L'information servira également à mettre à jour le plan de gestion opérationnel de Basin Head, ainsi qu'à élaborer un plan de surveillance à long terme nécessaire pour s'assurer que la surveillance est stratégique, efficiente et efficace pour évaluer l'atteinte des objectifs de conservation et les effets des activités de restauration.

## ÉVALUATION

Un examen des activités de surveillance est présenté pour chacun des quatre objectifs de conservation.

### **Objectif de conservation 1 : maintenir la qualité de l'environnement marin qui soutient la mousse d'Irlande**

Les températures élevées de l'eau en été et la faible teneur en oxygène dissous (un symptôme courant de l'eutrophisation) menacent la durabilité de la mousse d'Irlande à Basin Head. Dans le cas de la mousse d'Irlande et de la moule bleue (*Mytilus edulis*), le stress thermique peut survenir à une température d'environ 20 °C et la mortalité peut survenir à la suite d'une exposition prolongée à 28 °C. Une faible teneur en oxygène dissous, c'est-à-dire l'hypoxie, peut avoir des effets délétères sur la communauté biologique, entraînant des changements dans les assemblages d'animaux et des effets physiologiques sur les taux vitaux, y compris la mortalité massive des animaux si des conditions anoxiques (manque complet d'oxygène) sont maintenues. Le stress hypoxique survient à 4 mg par L d'oxygène ou moins pour la plupart des poissons et à 2 mg par L ou moins pour la plupart des invertébrés (Vaquer-Sunyer et Duarte 2008). Depuis au moins les années 1970, l'excès de nitrates dans l'estuaire a favorisé la prolifération de macroalgues (laitue de mer) qui entraînent des conditions hypoxiques lorsqu'elles meurent et se décomposent (McCurdy 1980).

Puisque l'azote est considéré comme plus limitant que le phosphore dans les milieux marins (Howarth et Marino 2006) et que le taux de phosphore est constamment élevé dans les eaux de surface de l'Île-du-Prince-Édouard, peu importe le type d'utilisation des terres (Coffin *et al.*

2018), la concentration de nitrate a été étudiée plus attentivement que les autres nutriments mesurés.

De 2001 à 2017, des prélèvements d'eau pour mesurer les niveaux de nutriments (nitrate, nitrite, ammonium, phosphate, silicate) et d'autres paramètres biotiques et abiotiques (température, salinité, oxygène dissous, chlorophylle *a* et turbidité) ont été effectués chaque semaine entre mai et octobre, dans 11 sites du bassin principal et du bras nord-est (figure 2). L'échantillonnage était effectué de jour par temps calme et sec, mais il n'était pas normalisé en ce qui concerne la hauteur des marées, sauf pour éviter les marées basses qui empêchaient l'accès aux sites d'échantillonnage.

Des sondes ont été utilisés à partir de 2011 pour mesurer continuellement la température, et à partir de 2014 pour mesurer l'oxygène dissous.

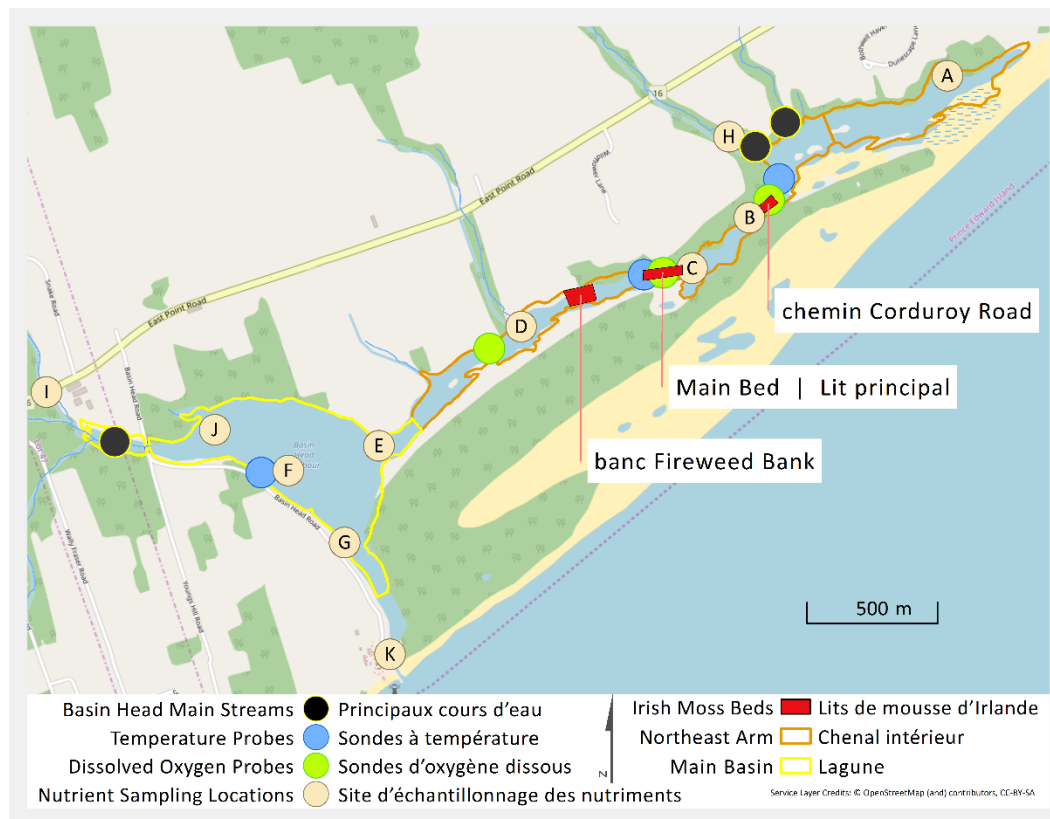


Figure 2. Sites d'échantillonnage des caractéristiques de l'eau à Basin Head de 2001 à 2017. Les neuf sites estuariens sont désignés par les lettres de A à K, et les deux sites d'eau douce par H et I. Les noms des trois bancs actuels de mousse d'Irlande dans le bras nord-est sont également indiqués. Les emplacements des sondes pour enregistrer en continu les températures et l'oxygène dissous sont aussi indiqués.

### Caractéristiques de la qualité de l'eau

L'échantillonnage consistait en des mesures ponctuelles de la température, de la salinité, de l'oxygène dissous, de la chlorophylle *a*, et de la turbidité (tableau 1). La température, la salinité et l'oxygène dissous ont été mesurés à l'aide d'un multimètre portatif. L'eau de surface a été recueillie dans une cuvette propre et rincée et insérée dans un fluorimètre portatif pour lire in vivo la chlorophylle *a* et la turbidité. Pour la surveillance de la chlorophylle *a*, deux modèles de fluorimètres ont été utilisés : un modèle a été utilisé de 2011 à 2014, et un autre à partir de 2015. Les différences entre les deux instruments, notamment en ce qui concerne les protocoles

d'étalonnage, empêchent la comparaison directe des valeurs absolues, mais on considère qu'elles reflètent les concentrations relatives de chlorophylle *a* propres à chaque instrument.

En 2011, trois enregistreurs de température en continu, réglés pour enregistrer la température toutes les heures, ont été déployés à deux endroits dans le bras nord-est et à un endroit dans le bassin principal (figure 2).

Depuis août 2014, des enregistreurs optiques d'oxygène dissous ont été installés dans le bras nord-est; une unité en 2014, et trois unités depuis 2015 (figure 2). L'instrument enregistre l'oxygène dissous toutes les heures. Bien que les enregistreurs aient été débarrassés de l'encrassement périodiquement tout au long de leur déploiement, les enregistreurs des stations de Corduroy Road et de Main Bed se sont retrouvés enfouis dans du limon anoxique et/ou de la laitue de mer (*Ulva spp.*) en 2015. Les données pour cette période sont donc jugées peu fiables, et ont été exclues des analyses.

Un enregistreur de pH a été déployé dans le bras nord-est, mais les données n'ont pas été examinées plus avant en raison de la piètre qualité des données attribuable à la dérive et à l'encrassement des instruments, ainsi qu'à la grande variation naturelle associée au pH dans les zones cotidales influencées par l'eau douce.

Des enregistreurs de pression d'eau (profondeur) ont également été déployés à partir de 2016 dans chacun des bancs de mousse d'Irlande dans le bras nord-est et dans le détroit de Northumberland, juste à l'extérieur de la lagune, afin d'obtenir des données pour la modélisation hydrodynamique. Ces données ne sont pas présentées dans le présent document.

L'Institut océanographique de Bedford du MPO (Dartmouth, Nouvelle-Écosse) a effectué des analyses d'échantillons d'eau aux fins de dosage des nutriments inorganiques dissous (nitrate, nitrite, phosphore, ammonium et silicate). À quelques occasions, des échantillons ont été exclus en raison de résultats anormaux probablement attribuables à la contamination, à des erreurs d'étiquetage, au débordement de bouteilles d'échantillons, ou à la décongélation d'échantillons pendant l'expédition vers le laboratoire.

Tableau 1. Activités de surveillance des caractéristiques de l'eau dans la ZPM de Basin Head.

Paramètre (unité de mesure)	Type d'échantillon	Instrument	Fréquence	Saison	Nombre de sites	Couverture annuelle
Température (°C)	Mesures ponctuelles	Appareil de mesure portatif	Hebdomadaire	Mi-mai à fin août	11	2001-2009
	Mesures ponctuelles	Appareil de mesure portatif	Hebdomadaire	Mi-mai à mi-novembre	11	2010-2017
	En continu	Sonde (enregistreur de données)	Toutes les heures	Toute l'année	5	2011-2017
Salinité (parties par mille)	Mesures ponctuelles	Appareil de mesure portatif	Hebdomadaire	Mi-mai à fin août	11	2001-2009
	Mesures ponctuelles	Appareil de mesure portatif	Hebdomadaire	Mi-mai à mi-novembre	11	2010-2017
Oxygène dissous (mg par L)	Mesures ponctuelles	Appareil de mesure portatif	Hebdomadaire	Mi-mai à fin août	11	2001-2009
	Mesures ponctuelles	Appareil de mesure portatif	Hebdomadaire	Mi-mai à mi-novembre	11	2010-2017

Paramètre (unité de mesure)	Type d'échantillon	Instrument	Fréquence	Saison	Nombre de sites	Couverture annuelle
	En continu	Sonde (enregistreur de données)	Toutes les heures	Juin à décembre	3	2014-2017
Chlorophylle a (ug par L)	Mesures ponctuelles	Appareil de mesure portatif	Hebdomadaire	Mi-mai à fin août	11	2001-2009
	Mesures ponctuelles	Appareil de mesure portatif	Hebdomadaire	Mi-mai à mi-novembre	11	2010-2017
Turbidité (uTN)	Mesures ponctuelles	Appareil de mesure portatif	Hebdomadaire	Mi-mai à fin août	11	2001-2009
	Mesures ponctuelles	Appareil de mesure portatif	Hebdomadaire	Mi-mars à mi-novembre	11	2010-2017
Nutriments inorganiques dissous ( $\mu\text{mol}$ par L)	Mesures ponctuelles	Échantillons d'eau (analyses en laboratoire)	Hebdomadaire	Mi-mai à fin août	11	2001-2009
	Mesures ponctuelles	Échantillons d'eau (analyses en laboratoire)	Hebdomadaire	Mi-mai à mi-novembre	11	2010-2017

### Adéquations

- La surveillance de la température de l'eau à l'aide de sonde enregistrant les données toutes les heures sur les bancs de mousse d'Irlande dans le bras nord-est fournit suffisamment de données pour évaluer l'étendue des températures qui sont sous-optimales et mortelles pour la mousse d'Irlande. Les températures moyennes sont utilisées comme paramètres de stress (20 °C) et les températures maximales quotidiennes sont utilisées pour quantifier dans quelle mesure les températures dépassent la limite potentiellement mortelle (28 °C). Les données indiquent que le réchauffement dans le bras nord-est pourrait actuellement nuire à la mousse d'Irlande et à d'autres composantes de l'écosystème, comme la moule bleue, dont la mousse d'Irlande a besoin pour se fixer.
- La surveillance de l'oxygène dissous à l'aide de sonde enregistrant les données toutes les heures indique que les concentrations moyennes d'oxygène dissous de juin à octobre variaient de 7 à 11 mg par L. La surveillance dans le bras nord-est fournit suffisamment de données pour évaluer l'étendue de l'hypoxie et des conditions stressantes de la mousse d'Irlande et de la moule bleue. La surveillance continue par des sondes indique que des conditions hypoxiques se produisent dans le bras nord-est et peuvent entraîner un stress et la perte de composantes de l'écosystème telles que les moules nécessaires à la persistance de la mousse d'Irlande.
- Le taux de nitrate variait d'une saison à l'autre, les concentrations les plus élevées étant généralement observées au printemps et à l'automne. Les concentrations d'éléments nutritifs dans neuf sites estuariens étaient généralement inférieures à 10  $\mu\text{mol}$  par L et élevées aux sites les plus proches des cours d'eau douce. Les concentrations de nitrates aux deux sites d'échantillonnage des nutriments en eau douce sont très variables, allant de 125 à 275  $\mu\text{mol}$  par L, soit un ordre de grandeur supérieur à celui des sites d'échantillonnage des nutriments en milieu estuarien. En général, les échantillons estuariens ne subissant pas l'influence des cours d'eau douce ont montré des concentrations stables de nitrate pendant la période de 2001 à 2017, probablement en

raison de l'absorption rapide par les macroalgues à croissance rapide comme la laitue de mer (Burkholder *et al.* 2007).

- Les taux de phosphate dans les sites estuariens et d'eau douce étaient semblables et demeuraient généralement inférieurs à 2  $\mu\text{mol}$  par L. Les charges de phosphate sont élevées et considérées comme stables à l'Î.-P.-É. et son ajout ne stimule pas la production primaire.

### Faiblesses

- L'échantillonnage ponctuel pour la température, la salinité et l'oxygène dissous est déficient, car il n'y a pas de normalisation de l'état de la marée au moment de l'échantillonnage ni de mesure de l'étendue des conditions stressantes et/ou mortelles auxquelles la mousse d'Irlande est exposée. L'échantillonnage à des endroits situés à l'extérieur du bras nord-est ne fournit aucune information de surveillance utile sur les conditions pour la mousse d'Irlande.
- Contrairement à la température et à l'oxygène dissous, la salinité n'a pas été mesurée en continu avec des enregistreurs et n'a été mesurée qu'au moyen d'un échantillonnage ponctuel.
- Les concentrations d'oxygène dissous (OD) mesurées ponctuellement pendant la journée à l'aide d'un multimètre portatif variaient entre 7 et 10 mg par L dans tous les sites. Tous les sites présentaient une forte variabilité dans les concentrations d'OD et celles-ci ne reflètent pas les conditions stressantes et anoxiques qui peuvent se développer dans le bras nord-est.
- La chlorophylle *a* est généralement utilisée comme indicateur de la productivité primaire dans les systèmes marins dominés par la production pélagique. Dans les estuaires peu profonds et bien mélangés qui sont dominés par la production benthique comme celui de Basin Head, la chlorophylle *a* pélagique ne représente qu'une partie de la production totale et / ou des effets des nutriments en général (Coffin *et al.* 2018). Les données du fluorimètre étaient extrêmement élevées par rapport à celles d'autres estuaires eutrophiques de l'Île-du-Prince-Édouard, et ces données non étalonnées de chlorophylle *a* in vivo ne sont pas considérées comme fiables ou utiles pour des comparaisons avec d'autres endroits.
- Les valeurs de turbidité étaient parfois négatives, peut-être à cause d'une erreur de l'instrument. La turbidité variait sur le plan spatial dans la lagune, les valeurs les plus élevées étant relevées aux endroits les plus proches des entrées des cours d'eau douce et où la laitue de mer s'accumulait et se décomposait. L'échantillonnage a été effectué à partir de canots dans des conditions calmes; par conséquent, les mesures de turbidité ne reflètent pas toute la gamme des conditions auxquelles la mousse d'Irlande est exposée, particulièrement après des précipitations intenses et des tempêtes, ou en dehors de la saison de l'échantillonnage.
- Les mesures de turbidité telles qu'elles sont actuellement recueillies peuvent refléter en partie l'apport et la remobilisation des sédiments, mais peuvent ne pas refléter les conditions nuisibles aux caractéristiques telles que les herbiers de zostère qui peuvent soutenir la mousse d'Irlande. L'extinction du rayonnement photosynthétiquement actif (atténuation de la lumière, RPA) serait un indicateur plus pertinent à surveiller.
- Il y a de grandes variations dans le pH mesuré, dont les valeurs peuvent varier en fonction du cycle des marées et des apports d'eau douce liés aux précipitations. Les conséquences de ces variations du pH sur la mousse d'Irlande et ses composantes de soutien ne sont pas connues.

- Les concentrations de nutriments relevées aux sites d'échantillonnage dans l'estuaire étaient très variables, comme on pouvait s'y attendre d'un échantillonnage ponctuel. Au final, il est impossible de déterminer s'il y a des tendances dans les apports d'éléments nutritifs dans Basin Head en utilisant ces données, car les concentrations d'éléments nutritifs sont influencées par les périodes sèches, les précipitations et les différences de concentration associées au ruissellement des eaux de surface.
- Puisque le nitrate et l'ammoniac sont assimilés presque immédiatement par les producteurs primaires, notamment la laitue de mer et le phytoplancton, les concentrations d'azote mesurées dans les sites estuariens ne reflètent pas les tendances de la charge en nutriments.
- Le phosphore et le silicate ne sont pas des indicateurs de suivi utiles. Le phosphate n'est pas limitatif dans le milieu marin et le silicate, qui peut l'être dans les systèmes dominés par la production pélagique, ne l'est pas dans Basin Head.

### Modifications à la surveillance

- Poursuivre et améliorer, au besoin, la surveillance de la température, de l'oxygène dissous et de la salinité au moyen de sondes continues pour recueillir des séries de données temporelles avec les considérations suivantes :
  - Assurer la fiabilité des données pour l'oxygène dissous en éliminant plus fréquemment les salissures des sondes.
  - Échantillonnage spatial plus poussé dans le bras nord-est pour évaluer les conditions auxquelles est soumise la mousse d'Irlande.
  - Maintenir un enregistreur de surveillance continue dans le bassin principal.
- Le plan d'échantillonnage ponctuel actuellement en place pour la température, la salinité, l'oxygène dissous, la turbidité et la chlorophylle *a* ne fournit pas de renseignements fiables et utiles pour surveiller la qualité de l'eau de la mousse d'Irlande. Tout échantillonnage ponctuel devrait cibler les principaux points d'entrée et de sortie dans le bras nord-est et le bassin principal. Les protocoles d'échantillonnage devraient être normalisés en ce qui a trait à l'état de la marée, et prévoir un calendrier d'échantillonnage permettant de surveiller toute la gamme des événements saisonniers dans le bassin versant.
- Les analyses préliminaires indiquent que les températures de l'air de la station météorologique la plus proche sont corrélées aux températures de l'eau de Basin Head. Une telle association doit être validée, car elle peut servir de base pour estimer les conditions de température pour les années précédant l'utilisation des enregistreurs de données.
- Au lieu d'un échantillonnage ponctuel à grande échelle, il serait préférable de quantifier la charge d'azote (produit du débit de base et de la concentration moyenne de nitrate) aux entrées d'eau douce. La surveillance du débit des cours d'eau combinée à l'échantillonnage de l'eau aux fins de détection des nutriments et des sédiments, y compris la surveillance à deux points de contrôle de sortie (au bras nord-est vers le bassin principal, du bassin principal au golfe), est nécessaire pour calculer la charge en nutriments et sédiments dans Basin Head.
- En plus des eaux de surface des cours d'eau, la charge en éléments nutritifs des sources et des infiltrations d'eau souterraine devrait être étudiée pour évaluer les apports cumulatifs en éléments nutritifs.



- Envisager d'intégrer d'autres technologies (p. ex. des profileurs de courant acoustiques à effet Doppler) pour surveiller la vitesse des courants qui passent au-dessus des bancs de mousse d'Irlande dans le bras nord-est. Ces unités peuvent également être utilisées pour la surveillance de la turbidité (à l'aide de données sur la force de rétrodiffusion).
- L'extinction de la lumière photosynthétiquement active (c.-à-d. l'atténuation de la lumière) dans la colonne d'eau serait un indicateur pertinent pour la surveillance des conditions de croissance et de production de macrophytes clés, dont la mousse d'Irlande, la laitue de mer et les zostères.

### **Objectif de conservation 2 : préserver les structures physiques de l'écosystème qui soutiennent la mousse d'Irlande.**

Cet objectif vise à maintenir l'intégrité du milieu physique, c'est-à-dire la structure des dunes, l'ouverture de l'océan et la profondeur et le renouvellement de l'eau, et à limiter l'érosion des terres qui cause la sédimentation dans l'estuaire. L'indicateur suivi pour cet objectif de conservation ne concerne actuellement que l'utilisation des terres et les effets connexes sur les processus environnementaux. Les marais salés, les récifs ostréicoles naturels et les herbiers de zostère marine sont d'autres caractéristiques physiques clés de l'estuaire qui influent sur la structure physique, mais pour lesquelles il n'y a actuellement aucun indicateur explicite.

La surveillance annuelle d'images satellites indique que l'utilisation des terres dans le bassin hydrographique de Basin Head est relativement stable depuis l'année 2000. Les terres contiguës aux cours d'eau et au bras nord-est sont très vulnérables à l'érosion en raison de leur pente et de leurs modes d'utilisation agricole.

L'extrémité est du bras nord-est aurait été navigable par des bateaux de pêche dans les années 1950, mais aujourd'hui la profondeur de l'eau n'est pas suffisante pour un canot lorsque la marée est basse.

Au cours des dernières années, on a commencé à effectuer des mesures de la profondeur de l'eau et de l'épaisseur des sédiments pénétrables à proximité des amas de mousse d'Irlande et de moules et le long de transects définis dans le bras central nord-est, ainsi que de la couverture de glace et de l'affouillement du fond par la glace. Des données sur l'utilisation des terres ainsi que des études sur la vitesse du courant ont également été réalisées pour l'ensemble de la lagune de Basin Head (tableau 2).

#### **Adéquations**

- Une analyse par images satellites de l'utilisation des terres dans le bassin versant est effectuée annuellement par la province et peut être répétée.

#### **Faiblesses**

- Bon nombre des activités sont des études exploratoires conçues pour aider à la planification et l'exécution des activités de restauration plutôt que pour la surveillance à long terme.
- La fiabilité des données sur l'utilisation des terres obtenues à partir de l'interprétation des images satellites était variable; les cultures indiquées par les agriculteurs et les arpenteurs qui inspectaient les champs différaient parfois des évaluations fournies par la province.
- Il n'y a pas eu de surveillance régulière de l'étendue de l'érosion des terres dans l'estuaire de Basin Head.
- Les charges de sédiments saisonniers dans les cours d'eau qui pénètrent dans Basin Head sont en grande partie inconnues.

- Il n'y a pas eu de surveillance systématique de la dune ou de l'ouverture du bassin principal au détroit de Northumberland, bien que la province effectue une vérification annuelle de la profondeur de l'eau à l'ouverture, pour des raisons de sécurité publique.

Tableau 2. Activités de surveillance et études à court terme de la structure physique de la lagune Basin Head.

Mesure	Information recueillie	Fréquence d'échantillonnage
Utilisation des terres	Quantification de l'utilisation des terres à partir d'images satellites	Annuel
	Entrevues avec des propriétaires fonciers	2017
	Vérification sur le terrain par des arpenteurs	2014
Érosion des sols	Code de vulnérabilité à l'érosion du sol, basé sur la pente moyenne et la proximité de l'eau, attribué à des champs agricoles individuels dans le bassin versant	Statique
Profondeur de l'eau et sédimentation	Profondeur de l'eau à marée basse et épaisseur des sédiments pénétrables à côté de chaque amas de mousse d'Irlande et de moules	2014, 2015
	Mortalité de la mousse d'Irlande et des moules dans différentes conditions de fond, indice de condition de la mousse d'Irlande exposée à différentes conditions de fond	2015 à 2018
	Profondeur de l'eau à marée basse, épaisseur des sédiments et couverture du fond à des intervalles de 2 m le long de 20 transects transversaux dans le bras nord-est	2016
	Épaisseur des sédiments à 11 sites le long des bords du bras; échantillons de sédiments analysés pour le pH humide, la taille du grain, le pourcentage de matière organique et la composition en nutriments	Quatre fois entre octobre 2016 et octobre 2017
Glace d'hiver	Observations sur le terrain du développement, de l'épaisseur et de la fonte des glaces	Février 2016, décembre 2016, mars 2017
	Surveillance photographique du mouvement des glaces à l'aide de photographies à intervalles de temps à des endroits fixes	Janvier 2017 à 2019
	Disposition de briques à 2 m d'intervalle à l'extrémité est du banc principal pour observer ce qu'il en advient pendant l'hiver	Hivers 2017 et 2018
Vitesse et renouvellement du courant	Courantomètre dans le plus grand des trois bancs de mousse d'Irlande (banc principal)	27 septembre au 7 octobre 2017
	Hauteur des marées, température et salinité à l'aide d'enregistreurs de pression, de température et de conductivité à enregistrement continu	Saison des eaux libres 2016 à 2018
	Profils verticaux continus de la vitesse et de la direction du courant au quai provincial ou à la rampe d'accès à l'eau, enregistrés à l'aide d'un profileur de courant à effet Doppler	26 juin au 1 <sup>er</sup> août 2017

### Modifications à la surveillance

- Obtenir annuellement de la province de l'Î.-P.-É. les données sur l'utilisation des terres du bassin hydrographique de Basin Head et quantifier l'étendue de l'utilisation des terres dans la production agricole qui comprend un labourage.
- Des photographies aériennes anciennes et actuelles pourraient fournir de l'information sur les changements dans la structure de la dune.
- Utilisation du LIDAR ou de l'imagerie de télédétection pour documenter la structure de la dune et d'autres caractéristiques physiques de la région, comme la dynamique de la lisière des marais, selon une périodicité de 5 ans par exemple, qui comprendrait la forme tridimensionnelle de la dune (changements dans la hauteur; perte ou accumulation de sable le long du côté de l'océan; perte le long du marais salé).

- L'analyse de carottes de sédiments de la partie la plus profonde du bassin principal pourrait permettre de décrire les sources et le taux d'accumulation des sédiments, qu'ils proviennent des eaux marines ou d'eau douce, et cette information pourrait servir à définir l'état de référence dans Basin Head.
- Surveiller la charge sédimentaire dans les cours d'eau qui pénètrent dans la lagune de Basin Head dans diverses conditions météorologiques.
- Explorer les options d'analyse d'images à base de drones ou l'utilisation de profileurs de profondeur adaptés à l'environnement estuarien pour la modélisation tridimensionnelle du bras nord-est afin de surveiller les changements dans les profils bathymétriques.
- Répéter les levés par transects choisis en 2016 tous les cinq ans, ou plus souvent s'il y a une onde de tempête majeure, pour documenter les changements dans la profondeur de l'eau et l'épaisseur des sédiments dans les bancs de mousse d'Irlande du bras nord-est.
- Surveiller la morphologie de l'entrée de la lagune (profondeur de la section transversale) et documenter l'existence de travaux de dragage antérieurs ou actuels nuisant à l'hydrodynamique de la lagune.
- Utiliser la modélisation hydrodynamique pour affiner le calcul de la superficie appropriée pour la production de mousse d'Irlande, en fonction de la profondeur de l'eau et de la vitesse des courants.
- Les données provenant de récents déploiements de satellites (Sentinel 2 exploité par l'Agence spatiale européenne) avec une fréquence de passage de 5 jours et une résolution spatiale de 10 m pourraient permettre de surveiller un certain nombre de caractéristiques physiques, comme les variations dans la formation et le départ des glaces, qui peuvent avoir des conséquences sur la persistance de la mousse d'Irlande dans Basin Head.
- La technologie de géoradar pourrait être utilisée pour la modélisation de l'épaisseur des sédiments dans l'ensemble de la zone d'étude.

#### Autres structures physiques clés soutenant la mousse d'Irlande

Des études à court terme sur d'autres structures physiques touchant la mousse d'Irlande à Basin Head, qui n'ont pas été prises en compte dans le plan de gestion, ont été réalisées au cours des dernières années (tableau 3). Les marais salés soutiennent la dune côtière en protégeant Basin Head contre l'action érosive des vagues. Les huîtres et autres mollusques filtreurs nettoient l'eau, et leurs coquillages piègent et stabilisent les sédiments meubles dans les estuaires à substrat mou, ce qui améliore les conditions pour la mousse d'Irlande, la zostère marine, et les moules (y compris le naissain de moules) dans le système de Basin Head.

Tableau 3. Études à court terme d'autres structures physiques de la lagune de Basin Head réalisées au cours des dernières années.

Mesure	Information recueillie	Fréquence d'échantillonnage
Structure des marais salés et taux d'érosion	Analyses géoréférencées des photos aériennes provinciales disponibles pour retracer les changements dans l'emplacement des bords des marais et établir des estimations des taux d'érosion des marais.	1935, 1958, 1968, 1974, 1990, 2000 et 2010
	Insertion de tiges à 5 m d'intervalle le long d'un transect s'étendant d'est en ouest à une distance de 30 cm du bord du marais pour surveiller les taux d'érosion.	Janvier 2017 à aujourd'hui
	Déplacement et devenir des mottes de gazon des marais déplacées dans le bras nord-est. Analyse d'échantillons de carottes de gazon et de sédiments	2017, 2018

Mesure	Information recueillie	Fréquence d'échantillonnage
	environnants pour déterminer le pH humide, la distribution granulométrique, le pourcentage de matière organique, et les concentrations de nutriments.	
	Carottage pour documenter l'épaisseur et la composition de la zone des racines vivantes et des couches de tourbe sous-jacentes, analyses de la salinité et des nutriments (nitrate, phosphore, silicate et ammonium).	2017
Récifs d'huîtres	Données démographiques sur les huîtres d'après les animaux trouvés sur des échantillons de 0,5 m <sup>2</sup> à des intervalles de 5 m le long de transects à Main Bed et Corduroy Road.	2015

Toutes les études et les activités de surveillance visant ces composants étaient ponctuelles et conçues pour répondre à des questions précises. Aucune n'était censée constituer un effort de surveillance à long terme, mais certaines des données pourraient servir de base de référence pour la surveillance future. Le travail de terrain effectué à ce jour est encore exploratoire et les indicateurs appropriés n'ont pas encore été définis.

#### Modifications à la surveillance

- Des analyses géoréférencées de photographies aériennes provinciales remontant à 1935 ont été effectuées afin de quantifier les changements dans l'emplacement des bords des marais et d'établir des estimations des taux d'érosion des marais. Des analyses périodiques d'images contemporaines pourraient être utilisées pour suivre l'évolution constante de ces caractéristiques.
- La surveillance de la présence rétablie d'huîtres et de zostères (espèces indigènes) devrait être ajoutée, car il s'agit d'éléments structuraux importants de la lagune qui soutiennent la mousse d'Irlande (pour les zostères, voir Objectif de conservation 3).

### Objectif de conservation 3 : préserver la santé (la biomasse et la couverture) de la mousse d'Irlande dans Basin Head

En 1980, on estimait qu'entre 14 000 et 16 000 m<sup>2</sup> de fond étaient occupés par des amas de moules et de mousse d'Irlande (Sharp *et al.* 2003). Au moment de la création de la ZPM de Basin Head en 2005, la zone de présence de la mousse d'Irlande avait diminué à environ 2 500 m<sup>2</sup>. La dernière évaluation a révélé que l'abondance et la répartition de la mousse d'Irlande dans la lagune de Basin Head avaient diminué de plus de 99 % entre 1980 et 2008 (MPO 2009a).

#### Indicateur écologique 3a : étendue du banc de mousse d'Irlande

Le plan de gestion de Basin Head prévoit la prise de photographies aériennes pour documenter l'abondance de la mousse d'Irlande dans l'estuaire, ou au minimum dans le bras nord-est, une fois tous les trois ans. Des relevés aériens ont été effectués chaque année de 2001 à 2010, mais ils ont été interrompus lorsque la répartition de la mousse d'Irlande était trop fragmentée pour être quantifiée de façon fiable. Depuis 2012, la répartition et l'abondance ont été surveillées à l'aide d'une méthode de relevé à gué (tableau 4). À compter de 2015, l'utilisation de la photographie par drone a été explorée afin d'élaborer des cartes topographiques de référence pour visualiser la répartition des amas de mousse d'Irlande.

Tableau 4. Activités de surveillance associées à l'évaluation de l'abondance et de la répartition de la mousse d'Irlande dans la lagune de Basin Head.

Méthode	Information recueillie	Fréquence d'échantillonnage
Relevé à gué et plongée avec tuba	Nombre et diamètre des frondes de mousse d'Irlande le long de transects continus de 2 m de largeur sur les hauts-fonds nord du banc principal.	2012 et 2013
	Nombre et diamètre des frondes de mousse d'Irlande le long de transects continus de 2 m de largeur dans toutes les zones du bras nord-est où la présence de mousse d'Irlande est avérée.	2014 à 2017
	Relevés à gué, bandes de 2 m de largeur (3 à 5 par banc) dans chacun des trois bancs de mousse d'Irlande.	2018
Cartographie réalisée à l'aide de drones	Images aériennes permettant d'élaborer des cartes composites pour le bras nord-est.	2015 à 2018
	Cartographie aérienne de la répartition de la mousse d'Irlande et mise au point d'une méthode de quantification de la superficie et de l'abondance.	2017

### Adéquations

- L'imagerie aérienne fournit un instantané de l'ensemble de la lagune de Basin Head à un moment donné, qui peut être reproduit au fil des saisons et des années, sans incidence sur l'écosystème surveillé.
- Les relevés aériens à l'aide de drones peuvent être effectués dans un délai relativement court, mais ils nécessitent des conditions appropriées, notamment des marées extrêmement basses, un temps calme et sec, une eau limpide et du soleil, pour obtenir une imagerie réussie. Des images aériennes recueillies à des hauteurs de survol de 6 m (maximum) et à basse vitesse pour réduire le flou de mouvement, et qui ont été soumises à un traitement de l'image avec algorithmes de débrumage pour en améliorer la qualité, ont fourni une résolution spatiale à 2 cm.
- Les relevés limités par transects peuvent être suffisants pour détecter un déclin important de l'abondance de la mousse d'Irlande, et devraient suffire pour réaliser des relevés de vérification complets des bancs à l'aide d'images aériennes.

### Faiblesses

- Sans un relevé complet, il n'est pas possible de déterminer si les amas de mousse d'Irlande dans une zone limitée ont été perdus, poussés vers un fond adjacent, ou surestimés en raison de la marge d'erreur associée à la géolocalisation des marges et des amas par secteur du relevé.
- Les relevés limités par transects à eux seuls peuvent ne pas fournir suffisamment d'information pour déterminer le succès ou l'échec du rétablissement de la mousse d'Irlande dans chaque banc.
- Les relevés à gué peuvent avoir des conséquences imprévues causées par le piétinement sur la mousse d'Irlande, les huîtres et d'autres biotes, ainsi que par la remise en suspension des sédiments dans la colonne d'eau.
- La quantification de la couverture de mousse d'Irlande à l'aide d'images aériennes n'est pas achevée.

**Modifications à la surveillance**

- Poursuivre l'analyse et la validation des images aériennes tirées des relevés par drones comme solution de rechange aux relevés à gué pour estimer la superficie totale couverte par la mousse d'Irlande.
- Continuer de surveiller annuellement les transects choisis dans chaque banc afin de déceler les changements majeurs dans l'écosystème qui indiqueraient qu'une évaluation du banc complet doit être effectuée par images aériennes.
- Les relevés à gué devraient être effectués le jour et pendant les marées basses de pleine lune, le long des transects de relevé établis en 2018 dans chacun des trois bancs de mousse d'Irlande. La position des amas de mousse d'Irlande doit être géoréférencée et leur diamètre mesuré; les amas constitués seulement de moules doivent être quantifiés.
- Au moins une fois tous les cinq ans, ou plus souvent si c'est possible, effectuer un relevé photographique par drone à basse vitesse et à faible altitude de tous les bancs afin de localiser et de mesurer les amas de mousse d'Irlande. Les données du relevé par transect seraient utilisées pour vérifier sur le terrain les analyses d'images aériennes.

**Indicateur écologique 3b : étendue de la prolifération de la laitue de mer**

La prolifération de la laitue de mer et les zones d'anoxie qui y sont associées ont été désignées comme l'une des menaces pour la mousse d'Irlande, en particulier à l'entrée du bras nord-est (MPO 2009a). Les effets négatifs des proliférations de macroalgues peuvent être plus importants et persistants dans les plans d'eau semi-fermés comme celui de Basin Head. Il y a eu des proliférations annuelles de laitue de mer (principalement *Ulva lactuca* et, dans une moindre mesure, *Ulva intestinalis* et diverses algues filamenteuses) dans la lagune de Basin Head depuis au moins 1980 (MPO 2009a).

Depuis 2011, des photos ont été prises à intervalles hebdomadaires à divers endroits dans Basin Head pendant les mois d'été afin de surveiller la croissance de la prolifération de laitue de mer et sa décomposition subséquente. Une analyse qualitative du dossier de photos du marais Elliot a été réalisée en 2017-2018, en tenant compte de l'influence possible du moment de la formation et de la fonte des glaces, des températures de l'eau de mer et de la charge en nutriments dans l'estuaire causée par les précipitations. On a également examiné des photographies prises sur le terrain au moyen d'une caméra à intervalles attachée à un arbre au banc principal, afin de déceler les tendances relatives à la croissance de la laitue de mer sur la rive intertidale qui borde le bras nord-est.

La surveillance et l'échantillonnage des plantations de mousse d'Irlande sur divers types de fond dans le bras nord-est ont permis de confirmer que des tapis de limon et de laitue de mer se sont accumulés sur le fond des zones où le débit du courant est relativement lent. L'un d'eux, ou la combinaison des deux, a fini par tuer la majorité de la mousse d'Irlande dans les zones touchées, tandis que la couverture de mousse d'Irlande a été maintenue dans des parties de la plantation où le courant est plus important.

**Adéquations**

- L'imagerie hebdomadaire provenant d'emplacements particuliers pourrait être utilisée pour décrire le moment et l'ampleur de la croissance et la mortalité saisonnières de la laitue de mer.

**Faiblesses**

- Bon nombre d'images photographiques n'étaient pas utiles parce que la marée haute empêchait de bien voir la prolifération de la laitue de mer.

- La façon dont les images ont été traitées et la méthode de cueillette des données n'ont été décrites que dans un rapport de recherche sur le terrain non publié.
- Aucune donnée de vérification sur place n'a été obtenue sur la vitesse du courant pour confirmer les zones de basse et de haute énergie, mais un modèle hydrodynamique indique qu'il reste des bancs de mousse d'Irlande dans les zones du bras nord-est où le courant atteint sa vitesse maximale.

#### **Modifications à la surveillance**

- Introduire une surveillance supplémentaire, par exemple une documentation de la couverture de laitue de mer dans les transects de relevé de la mousse d'Irlande, en utilisant un échantillonnage par quadrat.
- Continuer de surveiller la croissance de la laitue de mer intertidale à un emplacement clé du banc de mousse d'Irlande à l'aide de la caméra sur le terrain, et créer une mesure de la dynamique de la laitue de mer (p. ex. nombre, moment et durée des proliférations) qui serait pertinente pour les activités de surveillance à Basin Head.
- À l'aide d'un modèle hydrodynamique mis à jour, réévaluer les zones de haute et de basse énergie selon les vitesses de courant pour concentrer les efforts de plantation sur les zones propres, dures et subtidales du fond (> 10 cm de profondeur à marée basse) où la mousse d'Irlande peut être maintenue.

#### **Indicateur écologique 3c : étendue de la zostère marine**

La lagune de Basin Head était historiquement décrite comme un « système dominé par la zostère marine » (McCurdy 1979) et les rapports sur l'état des connaissances locales décrivent comment, dans les années 1950, les hélices des bateaux de pêche s'arrêtaient parce qu'elles étaient enchevêtrées dans de denses herbiers de zostère marine. Les données tirées de rapports de terrain non publiés et de bases de données archivées semblent indiquer que la zostère marine a connu un important déclin entre 2006 et 2008. Des relevés sur le terrain effectués en 2014 ont révélé que la zostère marine était pratiquement absente du bras nord-est. La présence de la zostère à Basin Head a été de nouveau observée en 2017 à l'extérieur des zones de rétablissement de celle-ci, et elle a continué d'augmenter jusqu'en juin 2019.

#### **Adéquations**

- Les observations ponctuelles ont fourni la première indication de changements pour cette composante.

#### **Faiblesses**

- Il n'y a pas de surveillance systématique et temporelle de la couverture (superficie) des herbiers de zostère à Basin Head, à l'exception de l'échantillonnage aléatoire par quadrat effectué par le Programme communautaire de surveillance aquatique (PCSA) dans quelques sites littorales limités.

#### **Modifications à la surveillance**

- Mesurer les dimensions de toutes les parcelles de zostère marine à l'intérieur et à proximité des transects de relevé permanents utilisés pour la vérification annuelle sur le terrain de la couverture de mousse d'Irlande.
- Analyser les images recueillies par intermittence par des drones pour localiser les parcelles de zostère qui sont naturellement présentes et celles qui sont plantées dans le bras nord-est, et pour en mesurer la superficie. Valider les résultats sur le terrain à l'aide des données des relevés.

## **Objectif de conservation 4 : maintenir l'intégrité écologique de la lagune et du chenal intérieur de Basin Head**

Cet objectif de conservation inclut principalement le maintien de la diversité de la flore et de la faune indigènes.

### **Indicateur écologique 4a : tendances relatives à l'abondance et la diversité des communautés de poissons et d'invertébrés benthiques dans la lagune de Basin Head**

Le PCSA utilise des relevés de senne de plage dans certains estuaires du sud du golfe du Saint-Laurent pour évaluer les variations et les changements dans les communautés côtières de poissons et d'invertébrés (Thériault et Courtenay 2010).

L'échantillonnage par senne de plage est effectué à six stations situées dans le bassin principal ou à proximité. Les communautés côtières d'animaux, qui comprennent des poissons, des crabes et des crevettes, sont recueillies, recensées et dénombrées. Parmi les autres observations effectuées à chaque station d'échantillonnage, mentionnons la quantification de l'étendue de la végétation aquatique submergée (VAS) et des sédiments (taille moyenne des grains et matière organique), ainsi que des estimations ponctuelles de la température de l'eau, de la salinité, de l'oxygène dissous et des concentrations de nutriments. Les données du PCSA de 2004 à 2017, de juin à août seulement, ont été examinées.

#### **Adéquations**

- Le PCSA a utilisé un protocole d'échantillonnage normalisé à des sites fixes dans Basin Head, ce qui est essentiel pour la surveillance des séries chronologiques.
- Le suivi du PCSA a révélé un fort changement dans l'abondance relative des principales espèces capturées, qui sont passées d'un mélange de crevettes grises, de choquemorts et d'autres espèces à des prises actuellement dominées presque exclusivement par la crevette grise. Ce changement dans la dominance des espèces est interprété comme une réponse à la disparition des zostères dans le système, en particulier depuis 2010.
- De plus, les indices du PCSA ont relevé un important signal temporel en ce qui a trait à l'abondance du crabe vert, avec des pics d'abondance du crabe vert observés en 2012 et 2013, suivis d'une réduction spectaculaire du nombre de prises en 2014. Des baisses de l'indice après les hivers de 2013-2014 et 2014-2015 ont également été observées dans d'autres estuaires de l'Î.-P.-É. surveillés par le PCSA et ont été en partie attribuées aux rudes conditions hivernales.

#### **Faiblesses**

- Le PCSA utilise une senne de plage pour recueillir le poisson, et cette méthode d'échantillonnage pourrait nuire à la mousse d'Irlande en la délogeant des amas de moules. Il est également difficile de manœuvrer une senne de plage dans les zones où la laitue de mer est présente en grande quantité. Ainsi, il n'y a qu'une seule station d'échantillonnage du PCSA dans le bras nord-est, près de l'extrémité ouest. Par conséquent, l'évaluation de la biodiversité n'est pas effectuée dans l'habitat principal de la mousse d'Irlande dans la ZPM.
- Les espèces surveillées par le PCSA sont principalement des espèces mobiles de petite taille; par conséquent, les échantillons du PCSA ne sont pas représentatifs des espèces plus grandes et plus mobiles qui sont présentes dans la partie profonde de Basin Head.

#### **Modifications à la surveillance**

- Pour évaluer les communautés de poissons et d'invertébrés, une technique non invasive comme l'ADN environnemental (ADNe) avec métacodage à barres pourrait être utilisée à



divers endroits dans le bras nord-est pour compléter les données du PCSA recueillies dans le bassin principal.

#### **Indicateur écologique 4b : tendances en matière d'abondance et de diversité des communautés de poissons et d'invertébrés benthiques (autres relevés)**

La biodiversité dans le bras nord-est de Basin Head a été échantillonnée par McCurdy (1979, 1980) à l'aide d'un échantillonneur de sédiments avec benne Ekman, et de nombreuses espèces associées à la population d'amas de moules et de mousse d'Irlande ont été explicitement documentées. Une liste limitée d'espèces a été dressée à partir de l'échantillonnage effectué en 1999 par Sharp *et al.* (2003), qui ont ajouté deux gastéropodes et trois isopodes au total des espèces précédemment signalées.

Des relevés par transects des organismes benthiques dans le banc principal et Corduroy Road ont été effectués en 2015. Des carottes d'échantillonnage benthiques ont été prélevées à des intervalles de 5 m le long de trois transects transversaux à Corduroy Road et de quatre transects du banc principal, et des espèces ou groupes d'organismes ont été énumérés qualitativement. Le pourcentage de couverture des macroalgues et des zostères a été estimé à l'aide d'un quadrat d'un mètre carré, et des zones de 0,5 mètre carré de surface de sédiment ont été dégagées à la main pour dénombrer toutes les espèces. Le nombre et la taille des huîtres et des moules échantillonnées ont également été recensés. Les carottes de sédiments benthiques et la surface du fond présentaient de faibles densités d'organismes et un nombre limité de taxons par rapport à ce qui a été rapporté par les relevés de 1979 et 1980.

Le piégeage du crabe vert est pratiqué à Basin Head depuis 2014 à l'aide de divers pièges. Les prises de ces engins donnent un aperçu de la présence et de l'abondance des espèces mobiles plus grandes. Cela dit, les données sur les prises accessoires autres que les prises de crabe commun n'ont été enregistrées que pour la saison de 2015 sur le terrain.

L'échantillonnage des frondes de mousse d'Irlande poussant en suspension dans la colonne d'eau, sur les lignes de fond et dans les amas de moules en 2017 a révélé la présence de sept espèces d'amphipodes. À d'autres occasions, la mousse d'Irlande en suspension sur les lignes de culture était recouverte de naissains de mollusques, dont des moules, des myes, des huîtres et des couteaux.

Aucune technique de surveillance ne peut à elle seule fournir des renseignements exhaustifs sur la biodiversité à Basin Head. La série chronologique du piégeage du crabe vert est courte et l'équipement utilisé est axé sur les espèces mobiles qui sont attirées par les appâts. Ces engins ne capturent pas la gamme complète des espèces qui sont présentes dans la région de Basin Head ou qui utilisent périodiquement cette région. Les données sur les prises des pièges propres au bras nord-est n'ont pas été analysées. La description de la biodiversité est incomplète; par exemple, il n'existe aucune information sur la composition des espèces de macroalgues.

#### **Modifications à la surveillance**

- Des prélèvements de surface et de carottes de sédiments pourraient être effectués périodiquement (tous les cinq ans) dans chaque banc de mousse d'Irlande afin de documenter les variations et les changements dans la diversité benthique, l'abondance des communautés principalement sessiles et les caractéristiques démographiques des moules et des huîtres.
- La présence et l'abondance relative des mollusques (moule bleue, huître, palourde américaine, mye et autres) sur les battures intertidales (à l'extérieur de l'habitat de la mousse d'Irlande) pourraient être évaluées lors des relevés à gué le long des transects.

- Continuer de documenter et de signaler les prises accessoires d'autres espèces dans les pièges à crabe vert en tant qu'indicateurs de la diversité dans les principaux bancs de mousse d'Irlande dans le bras nord-est.

### Surveillance relative aux efforts de restauration

Trois mesures de restauration ont été mises en œuvre à Basin Head pour améliorer la croissance et la durabilité de la mousse d'Irlande : la restauration des amas de mousse d'Irlande et de moules, l'enlèvement et l'évaluation du crabe vert, et la restauration de la zostère marine. Des études ont été menées dans le but de planifier et de comprendre les répercussions immédiates des activités de restauration menées sur différents types de fonds.

#### Restauration des amas de mousse d'Irlande et de moules

Une grande partie du travail sur le terrain associé à cette activité de restauration vise à évaluer la technique la plus appropriée pour la construction artificielle et le déploiement d'amas de moules et de mousse d'Irlande. La surveillance consiste à cartographier l'emplacement des amas artificiels, à effectuer des relevés de suivi pour déterminer si les amas sont toujours présents, et pour évaluer l'état de la mousse d'Irlande sur ces masses. Il s'agit d'études dirigées à court terme.

- Les activités de surveillance de cette mesure de restauration pourraient être incluses dans la surveillance de l'OC-3 : abondance et superficie de la mousse d'Irlande par échantillonnage par transects, surveillance par photos aériennes et interprétation.

#### Enlèvement et évaluation du crabe vert

Un programme dirigé d'enlèvement du crabe vert est l'une des stratégies d'atténuation mises en œuvre pour Basin Head. Les objectifs sont d'enlever le plus grand nombre possible de crabes verts et de réduire l'abondance des crabes verts adultes et de grande taille (largeur de carapace > 35 mm) dans la lagune de Basin Head afin d'augmenter le taux de survie et l'abondance des moules, qui sont essentielles à la survie de la mousse d'Irlande. Les crabes communs capturés pendant les efforts de piégeage du crabe vert ont été transférés du bras nord-est vers le bassin principal.

- Des indicateurs précis de réussite doivent être établis et surveillés pour le programme de piégeage du crabe vert, notamment :
  - Augmentation de l'abondance relative des moules bleues des catégories de tailles plus petites.
  - Réduction des captures par unité d'effort (CPUE) de crabe vert.
  - Changements dans la répartition par taille du crabe vert (c.-à-d. réduction de l'abondance des grands individus).
- Évaluer l'efficacité du transfert du crabe commun du bras nord-est vers le bassin principal (c.-à-d. s'il retourne dans le bras nord-est).
- Surveiller l'abondance relative des taxons de petits invertébrés benthiques (épifaune et endofaune) qui sont préférés par le crabe vert dans son alimentation (c.-à-d. mollusques, polychètes), voir l'OC-3.
- Normaliser le protocole d'échantillonnage pour corriger les facteurs qui peuvent influencer les prises de crabe vert (type de piège, saison, durée d'immersion, profondeur).

### Restauration de la zostère

La zostère marine est une structure physique clé de l'estuaire qui améliore la qualité de l'environnement en stabilisant les sédiments et en offrant un habitat biogénique, par exemple, des aires de croissance pour de nombreuses espèces. Un programme de plantation de zostère a été lancé en 2017. On a planté de la zostère dans trois parcelles de 100 m<sup>2</sup> dans la lagune de Basin Head et le bras nord-est en 2017 et 2018. Les indicateurs de succès pour la zostère marine pourraient être notamment les suivants :

- Surveiller la couverture et les changements au fil du temps de la zostère dans les parcelles plantées.
- Surveiller la zostère marine à l'intérieur et autour des transects de relevé permanents utilisés pour la surveillance de la mousse d'Irlande.
- Étudier la possibilité de suivre la croissance des herbiers de zostère (expansion et contraction) à l'aide d'images prises par drone.
- Surveiller le crabe vert dans les herbiers de zostère marine pour détecter les activités destructrices comme le fouissage.

### Sources d'incertitude

Les enregistreurs d'oxygène dissous n'ont pas été étalonnés de façon systématique. Cela a probablement peu d'effet sur l'interprétation des faibles valeurs d'oxygène dissous, car l'absence d'oxygène est la condition de référence pour ces enregistreurs, et ils sont donc toujours précis par rapport aux faibles valeurs d'oxygène dissous. Les valeurs plus élevées d'oxygène dissous doivent cependant être traitées avec prudence, car des erreurs absolues pour une concentration d'oxygène dissous de 1 ou 2 mg par L peuvent se produire si l'appareil n'a pas été étalonné. Au final, cette source d'erreur pourrait mener à des mesures erronées des conditions d'oxygène dissous moyennes, bien qu'on puisse accorder une plus grande confiance aux données indiquant une faible teneur en oxygène dissous.

Les données du fluorimètre étaient extrêmement élevées par rapport à celles relevées dans d'autres estuaires eutrophiques de l'Î.-P.-É., et ces données non étalonnées de chlorophylle *a* in vivo ne sont pas considérées comme fiables ou utiles aux fins de comparaison avec d'autres endroits. Si les données in situ (pas d'extractions) sont prises pendant la journée alors que le soleil brille (sans adaptation adéquate à l'obscurité), un artefact appelé « désactivation » se produit, ce qui signifie que les chloroplastes sont déjà « ouverts » et la lecture de fluorescence peut être inférieure ou différente de celle prévue. Les données du fluorimètre ne pourraient s'avérer fiables que pour la turbidité.

Le niveau de référence avec lequel la surveillance est censée décrire la situation en ce qui a trait aux objectifs de conservation n'est pas clair. Le rétablissement de la mousse d'Irlande semble être l'objectif établi, ou du moins l'absence de détérioration supplémentaire des conditions.

La lagune de Basin Head devient de moins en moins profonde. Les conséquences à long terme de ce phénomène sur la mousse d'Irlande ne sont pas positives, mais il subsiste une grande incertitude quant à ce changement directionnel dans la morphologie du bassin.

La surveillance des apports dans la lagune provenant de sources d'eau terrestres ne couvre pas toutes les sources d'apports. Certains des apports de nutriments peuvent provenir d'infiltrations d'eaux souterraines dans la lagune elle-même. Certaines de ces infiltrations sont visibles en hiver, mais la contribution cumulative des eaux souterraines par rapport aux cours d'eau terrestres est actuellement inconnue.

## CONCLUSIONS ET AVIS

Les objectifs de conservation du plan de gestion visent le maintien des diverses composantes de Basin Head qui sont nécessaires à la persistance de la mousse d'Irlande, mais les conditions nécessaires pour ce maintien ne sont pas indiquées. En particulier, compte tenu des changements dans l'abondance et la répartition de la mousse d'Irlande à Basin Head depuis la première évaluation datant de 1979, les conditions souhaitées (état final) pour la mousse d'Irlande doivent être définies plus clairement.

Les conditions physiques de Basin Head avant l'effondrement de la mousse d'Irlande n'ont pas été décrites. De nombreux aspects des conditions physiques (p. ex. redistribution des sédiments, chimie des sédiments, érosion du bord des marais) ne sont surveillés que depuis quelques années. L'établissement de conditions de référence pour les caractéristiques physiques représente un défi particulier, compte tenu de la nature très dynamique des estuaires à sédiments meubles et des communautés biologiques qui habitent ces zones. La sédimentation et le remblayage ont entraîné certains des changements structurels les plus importants à Basin Head en raison des effets sur l'hydrodynamique de la lagune, qui ont modifié la qualité de l'habitat de la mousse d'Irlande.

- Les analyses effectuées sur les carottes de sédiments prélevées dans la partie la plus profonde du bassin principal pourraient servir à décrire les sources de dépôts de sédiments ainsi que la quantité et le moment de la sédimentation et du remblayage qui se sont produits au cours des décennies précédentes. Cette information pourrait éventuellement être utilisée pour définir l'état de référence pour Basin Head.
- Des analyses des photographies aériennes historiques et actuelles pourraient également servir à caractériser un état de référence pour la structure de la dune et les marais salés.

Le programme de surveillance dans la ZPM de Basin Head doit être suffisamment sensible ou avoir une résolution suffisante pour permettre de déterminer avec une certitude relative si une mesure de gestion a été efficace. L'objectif principal devrait être d'élaborer et de surveiller des indicateurs qui sont de bons intégrateurs de l'état de l'écosystème.

Bien qu'il y ait de nombreuses questions à examiner, le programme de surveillance devrait être axé sur les indicateurs qui ont un lien direct avec la mousse d'Irlande elle-même ou avec les composantes de l'écosystème qui sont liées à la persistance ou à l'amélioration de la mousse d'Irlande. L'échantillonnage ponctuel de nombreuses variables (chimie de l'eau, nutriments) n'est pas efficace et fournit peu d'information sur les conditions, qui à la longue, peuvent avoir des répercussions sur l'abondance et le maintien de la mousse d'Irlande et de ses composantes de soutien, car il ne tient pas compte des variations sur de courtes périodes de nombreuses caractéristiques physiques et chimiques des estuaires touchés par les marées.

Les activités de surveillance prioritaires suggérées pour les objectifs de conservation et les mesures de restauration actuels, qui sont définies dans le plan de gestion de 2014, sont décrites ci-dessous :

- Effectuer un enregistrement continu de la température, de la salinité et de l'oxygène dissous dans la zone antérieure et actuelle de la mousse d'Irlande dans le bras nord-est, et maintenir une station dans le bassin principal. Comme les conditions peuvent être très variables dans le bras nord-est au cours des cycles horaires, quotidiens et saisonniers, l'emplacement de ces enregistreurs devrait inclure au moins une station de sortie, une station intermédiaire et une station supérieure dans le bras nord-est.
- L'évaluation des charges d'azote et de sédiments devrait être envisagée, car les charges d'azote ont une influence sur l'étendue des proliférations de macroalgues, et les apports en

sédiments contribuent aux changements des caractéristiques physiques du bras nord-est. Cette surveillance serait directement liée à l'étendue des proliférations de macroalgues et à leur décomposition subséquente, qui peuvent entraîner des conditions hypoxiques et anoxiques dans le bassin et le bras nord-est; ces conditions sont nuisibles à la mousse d'Irlande et au biote qui la soutient. Les calculs de la charge nécessiteraient la surveillance des apports d'eau douce (concentrations de nutriments, sédiments et profils de débit). La quantification de la charge totale de nutriments dans le bassin et dans le bras nord-est pourrait servir à évaluer l'efficacité des mesures de gestion liées aux activités d'utilisation des terres et aux apports dans le bassin versant.

- On devrait effectuer périodiquement (p. ex. tous les cinq ans) le profilage bathymétrique et la caractérisation des vitesses des courants pendant les cycles de marée et par rapport aux variations des apports d'eau douce dans les cours d'eau du bras nord-est où se trouvent les bancs de mousse d'Irlande. Cela devrait comprendre une mise à jour du modèle hydrodynamique afin d'évaluer les changements dans l'étendue de l'habitat disponible pour la mousse d'Irlande.
- Des images aériennes pourraient être recueillies et analysées périodiquement (p. ex. tous les cinq ans) pour évaluer les changements dans la structure de la dune et la configuration des marais salés.
- Obtenir des images aériennes des bancs de mousse d'Irlande tous les trois ans (ou plus souvent si la répartition et l'abondance de la mousse d'Irlande présentent des variations importantes sur des périodes plus courtes), à une date constante, pour quantifier intégralement la densité et la couverture de la mousse d'Irlande. Ce relevé pourrait également servir à caractériser la répartition de la zostère marine et la superficie occupée par celle-ci, ainsi que d'autres caractéristiques (p. ex. laitue de mer, récifs d'huître, gisements de myes).
- Surveiller l'étendue et le moment de la croissance et de la détérioration de la laitue de mer à l'aide d'images fixes à un site repère clé (par exemple, le marais d'Elliott), comme indicateur des variations dans les apports de nutriments liées aux mesures de gestion.
- Caractériser les composantes de l'écosystème à l'aide d'un ensemble de méthodes d'échantillonnage, y compris la pêche à la senne (c.-à-d. le protocole du PCSA), les verveux, les pièges appâtés et l'échantillonnage benthique, pour caractériser la diversité des poissons et des invertébrés dans Basin Head et particulièrement dans le bras nord-est.
- La surveillance des efforts de rétablissement de la mousse d'Irlande et de la zostère marine peut être intégrée aux activités de surveillance décrites ci-dessus.
- Surveiller les indicateurs de l'efficacité du programme d'enlèvement du crabe vert, notamment la dynamique des populations de moules bleues et de crabes verts (p. ex. abondance, catégories de taille). Un protocole d'échantillonnage normalisé devra être utilisé pour corriger les facteurs pouvant influencer sur les prises de crabe vert (p. ex. la conception du piège, la durée d'immersion, la profondeur, la saison).

Les techniques d'échantillonnage sur le terrain peuvent fournir des données pour plusieurs indicateurs et objectifs de conservation simultanément (tableau 5).

Tableau 5. Techniques de collecte de données et indicateurs surveillés pour les objectifs de conservation correspondants (OC 1 à 4, restauration) de la ZPM de Basin Head.

Technique d'échantillonnage	Méthode / mesure	OC-1 Qualité de l'eau	OC-2 Environnement physique	OC-3 Abondance de la mousse d'Irlande	OC-4 Biodiversité	Mesures de restauration
Échantillonnage ponctuel	Appareils de mesure portatifs, échantillons d'eau, débit d'eau	Charge de nutriments, charge de sédiments	Modélisation hydrodynamique	S. O.	S. O.	S. O.
Enregistreurs de données en continu	Température, pression, OD, densité du flux lumineux, profileurs de courant	Quantifier le stress, la densité du flux lumineux, la qualité de l'eau	Modélisation hydrodynamique	S. O.	S. O.	S. O.
Relevés à gué par transects	Visuel, règles, quadrats d'échantillonnage, géolocalisation, lignes de transects, périmètres des secteurs du relevé marqués	S. O.	Pénétration des sédiments, profils de profondeur de l'eau	Nombre et superficie des amas de moules et de mousse d'Irlande, présence et superficie de zostère marine, présence et superficie de laitue de mer	Épifaune et endofaune	Restauration de la mousse d'Irlande, restauration de la zostère marine, indices liés au crabe vert
Téledétection	Satellite, aérien (par drones)	S. O.	Structure et dynamique de la dune, érosion des marais salés, bathymétrie, modélisation hydrodynamique	Nombre et superficie des amas de mousse d'Irlande, présence et superficie de zostère marine, présence et superficie de laitue de mer	S. O.	Présence et superficie de la mousse d'Irlande, présence et superficie de zostère marine
Imagerie fixe	Caméra sur mât	S. O.	Dynamique des glaces, panaches de sédiments, couverture de laitue de mer	Laitue de mer, dynamique saisonnière	S. O.	S. O.
Senne de plage	Quadrats, diversité faunique par le PCSA	S. O.	S. O.	S. O.	Prises accessoires, végétation aquatique submergée, biodiversité de la faune et de la flore	CPUE et répartition par taille du crabe vert, présence de laitue de mer et de zostère marine
Piégeage du crabe vert	Pièges captures et prises accessoires	S. O.	S. O.	S. O.	Prises accessoires, biodiversité de la faune	CPUE et répartition par taille du crabe vert
Carottage des fonds	Carottes de sédiments, datation des couches	S. O.	Historique de la sédimentation, conditions de référence	S. O.	Relevés sur les communautés benthiques (biodiversité de l'endofaune)	S. O.

Les analyses statistiques des données de surveillance à long terme sont jusqu'à présent minimales, à l'exception de l'analyse des données du PCSA, ce qui a donné lieu à de nombreuses discussions sur les observations sur le terrain. Afin d'assurer un certain degré de fiabilité statistique pour les indicateurs de surveillance dans les travaux futurs, il faut tenir

compte de la taille de l'effet à détecter (puissance statistique), qui dépendra du plan d'échantillonnage, de la variabilité des mesures et du traitement statistique appliqué. Les considérations relatives au coût font obstacle à de nombreuses solutions de surveillance, tout comme la complexité de bon nombre de techniques potentielles d'échantillonnage et d'analyse des échantillons.

Enfin, il faut garder à l'esprit que des éléments importants de la surveillance sur le terrain ont été et continuent d'être effectués par le groupe local d'intendance du bassin hydrographique. Les activités de surveillance doivent donc être élaborées en coordination avec ce groupe, en tenant compte de sa capacité et de sa formation, ainsi que des contraintes logistiques sur le terrain qui touchent la ZPM de Basin Head (par exemple, l'interdiction d'utiliser des embarcations motorisées dans la zone 1).

## LISTE DES PARTICIPANTS DE LA RÉUNION

Nom	Affiliation
Sonier, Rémi (président)	MPO Sciences Région du Golfe
Barrell, Jeff	MPO Sciences Région du Golfe
Braceland, Frances	Souris and Area Wildlife Branch
Boudreau, Monica	MPO Gestion des océans Région du Golfe
Cairns, David	MPO Sciences Région du Golfe
Chaput, Gérald	MPO Sciences Région du Golfe
Cheverie, Fred	Souris and Area Wildlife Branch
Coffin, Mike	MPO Sciences Région du Golfe
Comeau, Luc	MPO Sciences Région du Golfe
Coomber, Chantal	MPO Sciences Région du Golfe
Garbary, David	Université St. Francis Xavier
Godin, Carole	MPO Gestion des océans Région du Golfe
Guyondet, Thomas	MPO Sciences Région du Golfe
Joseph, Venitia	MPO Sciences Région du Golfe
Méthé, Denise	MPO Sciences Région du Golfe
Novaczek, Irné	MPO Gestion des océans Région du Golfe
Ouellette, Marc	MPO Sciences Région du Golfe
Ramsay, Aaron	Province de l'Î.-P.-É., Département de l'agriculture et des pêcheries
Ready, Chloe	MPO Gestion des océans Ottawa
Rolland, Nicolas	MPO Sciences Région du Golfe
Therriault, Marie-Hélène	MPO Gestion des océans Région du Golfe
Tummon Flynn, Paula	Université de l'Île-du-Prince-Édouard
van den Heuvel, Michael	Université de l'Île-du-Prince-Édouard

## SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de la réunion régional des sciences de revue par les pairs des 11 et 12 juin, 2019 de l'examen de l'efficacité des activités de surveillance dans la zone de protection marine de Basin Head pour évaluer l'atteinte des objectifs de conservation. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada](#).

- Burkholder, J.M., Tomasko, D.A., and Touchette, B.W. 2007. Seagrass and Eutrophication. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 350: 46–72.
- Coffin, M., Courtenay, S., Pater, C., and van den Heuvel, M. 2018. An empirical model using dissolved oxygen as an indicator for eutrophication at a regional scale. *Mar. Poll. Bull.* 133: 261-270.
- Howarth, R.W., and Marino, R. 2006 Nitrogen as the limiting nutrient for eutrophication in coastal marine ecosystems: Evolving views over three decades *Limnol. Oceanogr.* 51(1, part 2): 364–376.
- McCurdy, P. 1979. A preliminary study of the ecology of Basin Head harbour and South Lake P.E.I. Final report, Canada Summer Job. Corps Project 16-01-009S. 57 p.
- McCurdy, P. 1980. Investigation of a unique population of *Chondrus crispus* in Basin Head Harbour, Prince Edward Island. Internal report to National Research Council of Canada under Contract CS155-0-6302, 080-005, 34 pp.
- MPO. 2009a. [Évaluation écologique de la mousse d'Irlande \(\*Chondrus crispus\*\) de la zone de protection marine Basin Head](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2008/059.
- MPO. 2009b. [Plan de gestion opérationnel de la Zone de protection marine de Basin Head](#). Direction des océans et de l'habitat, Région du Golfe. N° de catalogue Fs 119/2009F. 42 p. avec annexes.
- MPO 2016. [Zone de protection marine de Basin Head : Plan de gestion opérationnel de 2014](#). Série sur la gestion de Basin Head. 2016/01 : viii + 52 p.
- Sharp, G.R., Connolly, K., Blok, R., Audet, D., Cairns, D., and Courtenay, S. 2003. Ecological assessment of the Basin Head lagoon: A proposed Marine Protected Area. *Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2641, 69 p.
- Thériault, M.-H., et Courtenay, S. 2010. [Vue d'ensemble des analyses du Programme de Surveillance de la Communauté Aquatique \(PSCA\) dans la lagune de Basin Head de 2002 à 2008](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2010/001. iv + 34 p.
- Vaquer-Sunyer, R., and Duarte, C.M. 2008. Thresholds of hypoxia for marine biodiversity. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 105: 15452-15457.



**CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :**

Centre des avis scientifiques (CAS)

Région du Golfe

Pêches et Océans Canada

C. P. 5030

Moncton (Nouveau-Brunswick)

E1C 9B6

Téléphone : 506-851-6253

Courriel : [csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca](mailto:csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca)

Adresse Internet : [www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/)

ISSN 1919-5117

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2020



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2020. Examen de l'efficacité des activités de surveillance dans la zone de protection marine de Basin Head pour évaluer l'atteinte des objectifs de conservation. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2020/003.

*Also available in English:*

*DFO. 2020. Review of monitoring activities in the Basin Head Marine Protected Area in the context of their effectiveness in evaluating attainment of conservation objectives. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2020/003.*