



ÉVALUATION ÉCOLOGIQUE DE LA MOUSSE D'IRLANDE (*Chondrus crispus*) DE LA ZONE DE PROTECTION MARINE BASIN HEAD



Photo : Bob Semple (MPO)

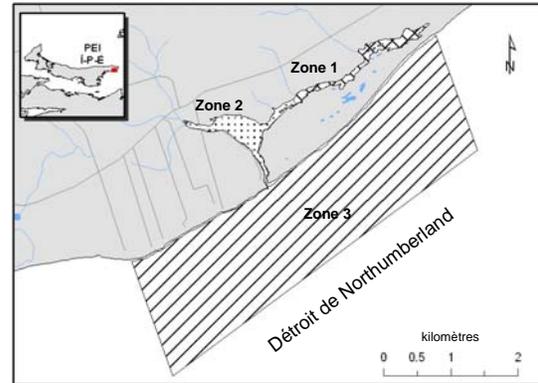


Figure 1. Zone de protection marine Basin Head

Contexte :

La zone de protection marine (ZPM) Basin Head, qui englobe plusieurs zones de gestion, a été créée en octobre 2005 en vertu de la Loi sur les océans. Cette désignation visait à protéger et à conserver une forme distincte de mousse d'Irlande (*Chondrus crispus*) et son habitat dans la lagune Basin Head. Cette mousse est retenue au fond de l'eau par le byssus de moules, est nettement plus grande que la forme dite « normale », se reproduit presque exclusivement par fragmentation asexuée et se concentre principalement dans la zone 1 de la ZPM. Des règlements ont été pris en vertu de la Loi sur les océans pour régir l'activité humaine dans la lagune Basin Head. Citons notamment une interdiction générale de perturber, d'endommager, de détruire ou d'enlever tout organisme marin vivant ou toute partie de son habitat dans la zone 1 de la ZPM. En outre, le MPO a adopté un plan de gestion opérationnelle pour orienter ses travaux de surveillance, d'application des règlements et de vérification de la conformité, en vue d'atteindre les objectifs de conservation et de gestion établis pour la ZPM.

Dès 2005, les travaux de surveillance de la lagune Basin Head indiquaient un changement dans l'abondance et l'état de cette algue particulière. Les causes précises en sont actuellement inconnues. La Gestion des océans et de l'habitat a demandé aux Sciences de lui fournir un avis sur les causes possibles du déclin de la mousse d'Irlande de la lagune. Les responsables du Processus consultatif scientifique se sont réunis dans le but d'examiner la situation de cette mousse d'Irlande, les facteurs qui pourraient contribuer aux déclins signalés ainsi que les travaux de recherche et les mesures de gestion possibles. Le présent avis orientera le choix des mesures de gestion à prendre à l'appui des objectifs de conservation et de gestion de la ZPM. La réunion a eu lieu à Moncton (N.-B.) les 26 et 27 novembre 2008. Les participants étaient issus du MPO (Région du Golfe et Région des Maritimes), du milieu universitaire, du gouvernement provincial et du conseil consultatif de Basin Head.

SOMMAIRE

- La forme de mousse d'Irlande qui pousse dans la lagune Basin Head se distingue des autres parce que, au lieu de se fixer au fond de l'eau, elle est maintenue en place par le byssus des moules; de plus, on la trouve presque exclusivement au stade de la reproduction asexuée, et elle se propage par fragmentation.
- Les conditions qui règnent dans la lagune Basin Head ont produit et maintenu cette forme distinctive de l'espèce pendant des décennies.
- De 1980 à 2008, les chercheurs ont observé dans la lagune une importante baisse du pourcentage de couverture, de la densité et de la biomasse de la mousse d'Irlande ainsi qu'un fort recul de la superficie du banc.
- La biomasse, estimée à 110 tonnes en 1980, était à son niveau le plus bas en 2008, soit un peu plus d'une tonne.
- Les mesures à prendre pour atténuer le déclin de la mousse d'Irlande dépendent des facteurs les plus susceptibles de contribuer aux conditions de croissance sous-optimales de la lagune Basin Head.
- Les effets cumulatifs de l'apport de nutriments dans le bassin, de même que les proliférations annuelles d'algues vertes et la piètre qualité de l'eau qui en résultent, sont considérés comme des facteurs qui contribuent grandement à ces conditions sous-optimales.
- Le crabe vert a récemment envahi les eaux de la lagune. Il se nourrit abondamment de moules bleues, qui jouent le rôle d'agents de fixation de la mousse d'Irlande. Cette prédation intensive est considérée comme un agresseur important pour l'espèce et pour tout l'écosystème de la lagune.

INTRODUCTION

La zone de protection marine Basin Head a été créée en 2005 sous le régime de la *Loi sur les océans*. Cette lagune aux eaux peu profondes se trouve à l'extrémité est de l'Île-du-Prince-Édouard (figure 1). La ZPM Basin Head occupe une superficie de 22,77 km², ce qui comprend la zone côtière extérieure. Le bassin versant de la lagune est relativement petit (17,5 km²); il compte plusieurs petits ruisseaux qui se jettent dans le bassin d'eau par le côté nord. La lagune proprement dite fait environ 3,8 km de longueur et occupe une superficie de 0,60 km². Elle est formée d'un petit goulet de 0,5 km de longueur qui la relie à l'océan, d'un bassin principal de 0,24 km² et d'une branche étroite (appelée *bras nord-est*) qui court sur 2,9 km parallèlement à la côte, derrière le réseau de dunes (figure 2).

La lagune Basin Head est peu profonde : les eaux y font moins d'un mètre en moyenne. Les secteurs les plus profonds se trouvent dans le bassin principal et dans le goulet menant à l'océan. Le banc de mousse d'Irlande se trouve dans le bras nord-est de la lagune (figure 2), et il baigne dans moins d'un mètre d'eau. Ce prolongement de la lagune est soumis à un brassage intense, les courants atteignant de 0,5 à 0,8 m s⁻¹ à des profondeurs minimales de 40 cm. Le substrat sablonneux domine au centre du bras nord-est et la zostère (*Zostera*) borde les zones peu profondes.

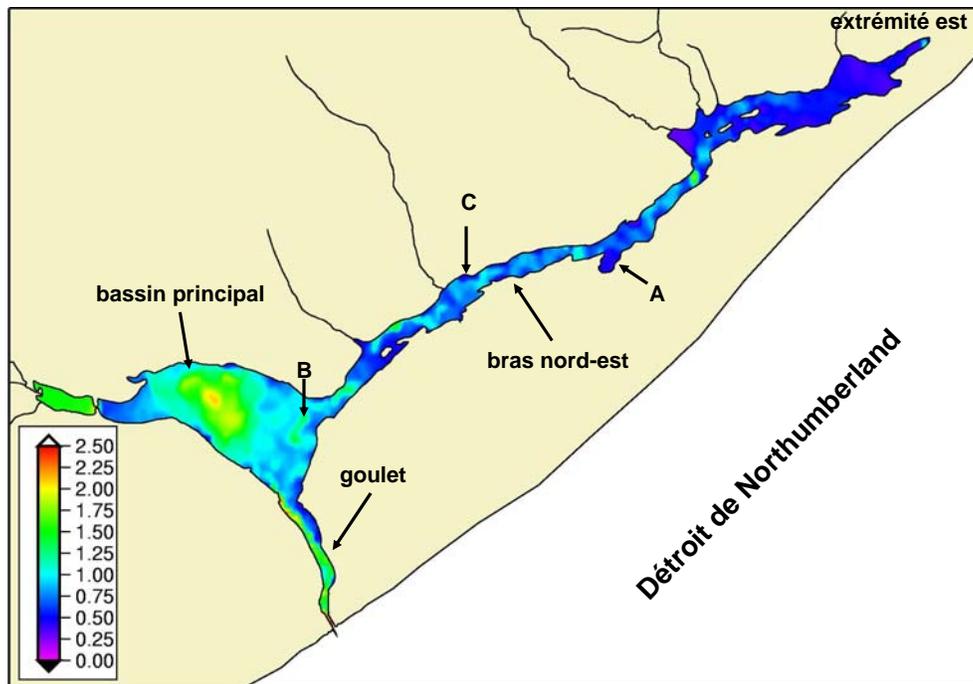


Figure 2. Lagune Basin Head : bathymétrie (en mètres), caractéristiques géographiques et stations d'échantillonnage mentionnées dans le texte.

La mousse d'Irlande (*Chondrus crispus*) est une algue rouge des régions tempérées, qui pousse depuis Long Island (New York) jusqu'au Labrador. L'espèce est exploitée principalement pour l'extraction du carraghénane, substance utilisée comme épaississant ou comme stabilisant dans une gamme variée d'aliments, de produits de beauté et de produits liés à la santé. La température optimale pour la croissance de la mousse d'Irlande se situe entre 10 et 15 °C. Le *Chondrus crispus* peut tolérer divers degrés de salinité (de 10 à 58 ppm), mais sa croissance est sensiblement réduite à une salinité inférieure à 30 ppm. Le mouvement de l'eau cumule deux rôles importants, celui d'enlever les métabolites et celui de favoriser les échanges de nutriments.

Le cycle biologique de la mousse d'Irlande comporte généralement trois stades : le stade mâle, le stade femelle et le stade de production de spores. L'espèce conserve la même taille et la même morphologie tout au long de ce cycle. La reproduction se fait principalement par voie sexuée, par la production de spores qui forment ensuite de petites plantes. Le second mode de reproduction, généralement moins fréquent, est la multiplication végétative ou asexuée, par laquelle des parties de la plante se détachent pour se fixer à un substrat dur.

La mousse d'Irlande de la lagune Basin Head présente diverses caractéristiques distinctives, notamment le stade de reproduction, la morphologie des frondes et les habitudes de croissance. Elle existe presque exclusivement au stade de reproduction asexuée et se reproduit par fragmentation. Ses frondes sont larges et plates, ce qui contraste avec les frondes dichotomes étroites et branchues des plantes trouvées dans les eaux côtières extérieures (figure 3). De plus, cette forme distinctive conserve une coloration allant du rouge foncé au brun tout au long de l'année, alors que les formes typiques des eaux côtières extérieures passent du rouge au jaune et au vert au fil des saisons.

Contrairement à la mousse d'Irlande des eaux côtières extérieures qui se fixe au substrat rocheux par un crampon incrustant, celle de la lagune Basin Head est dépourvue de crampon et

est retenue dans la vase par le poids et le byssus des moules bleues (*Mytilus edulis*). Les frondes individuelles peuvent être très grandes (un poids frais pouvant aller jusqu'à 0,5 kg). La mousse d'Irlande de la lagune ne semble pas présenter de particularités génétiques lorsqu'elle est comparée à d'autres morphotypes conspécifiques.

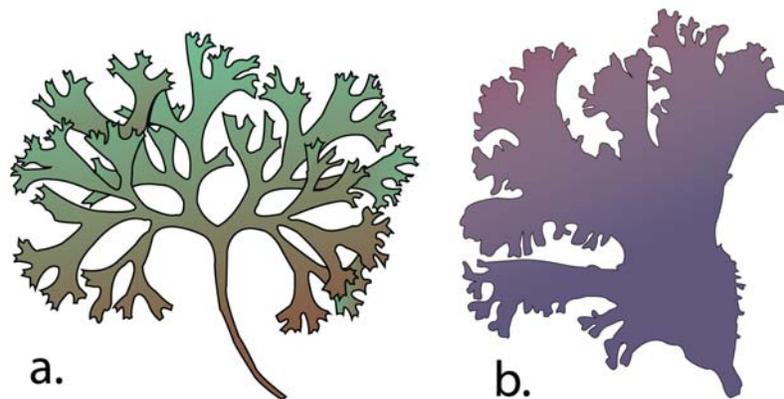


Figure 3. Morphologie comparative de la mousse d'Irlande (*Chondrus crispus*) : a) thalle des eaux peu profondes des zones côtières extérieures entourant l'Île-du-Prince-Édouard; b) thalle de forme large trouvé dans la lagune Basin Head.

Les conditions de croissance et de survie de la mousse d'Irlande de la lagune Basin Head ne sont pas optimales. Dès le début de juillet, les eaux de la lagune dépassent généralement les températures les plus propices à la croissance, soit de 10 à 15 °C. Le degré de salinité varie de 9 à 30 ppm, selon l'amplitude des marées et les précipitations. La lagune renferme des niveaux de nitrate et de phosphate suffisants pour la croissance pendant tout l'été. La pigmentation foncée des frondes confirme que les tissus ont une forte teneur en nutriments dans ces eaux aux réserves abondantes. Le secteur de la lagune où pousse le banc de mousse d'Irlande correspond à l'endroit où les courants sont les plus forts, si l'on fait abstraction de l'entrée principale de la lagune. La baisse des niveaux d'oxygène pendant l'été est attribuable à la hausse des températures ainsi qu'à la dégradation et à la putréfaction des matières organiques qui n'ont pas été expulsées de la lagune par les courants. L'accumulation de particules de matière organique observée par un certain nombre de chercheurs permet aussi de conclure à un brassage insuffisant. À la longue, les particules de matière réduisent les échanges de métabolites à la surface de la plante et limitent la quantité d'énergie lumineuse qui parvient à la plante.

ÉVALUATION

Changements dans l'abondance, la répartition, l'état et la croissance

L'abondance de la mousse d'Irlande dans la lagune Basin Head a été mesurée en 1980, en 1987 et annuellement de 1999 à 2008. Les limites du banc ont été déterminées par la présence ou l'absence de frondes le long des transects établis ou par l'interprétation de photos aériennes. La zone occupée représente l'aire de répartition totale de la mousse d'Irlande. La couverture (exprimée en pourcentage) correspond aux points d'échantillonnage renfermant de la mousse d'Irlande par rapport à l'ensemble des points d'échantillonnage. Les méthodes

employées pour estimer la superficie occupée par la mousse d'Irlande et le pourcentage de couverture ont varié pendant la période visée par l'étude, soit de 1980 à 2008. Pour estimer la densité (poids par unité de surface), les chercheurs ont prélevé tous les spécimens de mousse d'Irlande d'une structure d'échantillonnage normalisée de forme circulaire ou carrée de 0,25 m² qui a été tassée dans le substrat. Dans toutes les études, la biomasse totale correspond au produit de la superficie du banc (m²) et de la densité humide moyenne (g m⁻²).

Superficie et couverture

D'après les résultats de la première étude complète sur la répartition de la mousse d'Irlande dans la lagune Basin Head en 1980, la biomasse était largement concentrée dans une partie restreinte du bras nord-est. De 1999 à 2008, la couverture du banc avait une longueur maximale de 600 m et chevauchait les aires de répartition calculées en 1980 et en 1997. La carte détaillée du banc, qui a été dressée au moyen de photos aériennes prises en 2000 et en 2002, indique que le banc semble être dynamique et que seules quelques touffes demeurent stables d'année en année. De 2000 à 2002, une brèche a été décelée dans la partie centrale du banc. Elle s'est élargie en 2003 et était complètement exempte de touffes de mousse d'Irlande en 2005. Depuis 2006, cette partie du banc de mousse a complètement disparu, et le banc est essentiellement confiné à une section de 200 m du bras nord-est.

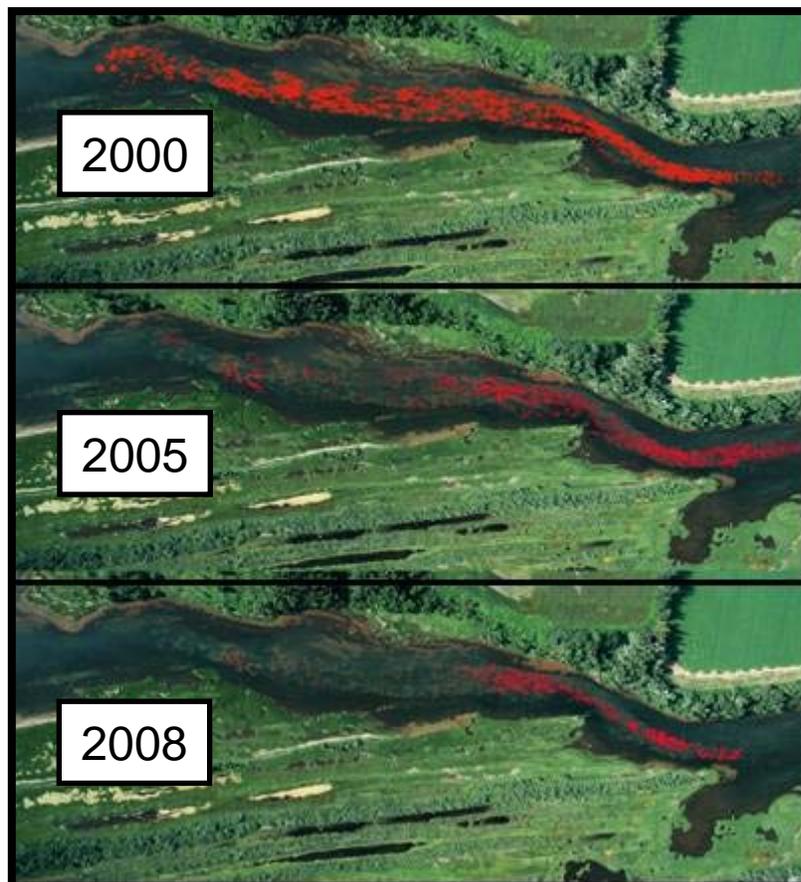


Figure 4. Photos aériennes illustrant la répartition de la mousse d'Irlande (en rouge) dans le bras nord-est de la lagune en 2000, en 2005 et en 2008. Les zones en rouge, qui correspondent à la présence de la mousse d'Irlande, ont été ajoutées par interprétation des photos aériennes.

La couverture (en pourcentage) et la superficie du banc (en mètres carrés) ont toutes deux diminué de 1980 à 2008. Après 1999, le recul de la couverture et de la superficie a été constant (figure 5). Une comparaison supplémentaire de la couverture de 1999 et de celle de 2007 sur sept transects sélectionnés révèle un nombre croissant de brèches dans le banc. De plus, les échantillons de touffes de mousse d'Irlande prélevés de 1996 à 1999 faisaient jusqu'à 30 cm de hauteur et résultaient de la coalescence de plusieurs touffes empilées les unes sur les autres. En 2006, les touffes prélevées mesuraient moins de 15 cm de hauteur et étaient isolées les unes des autres.

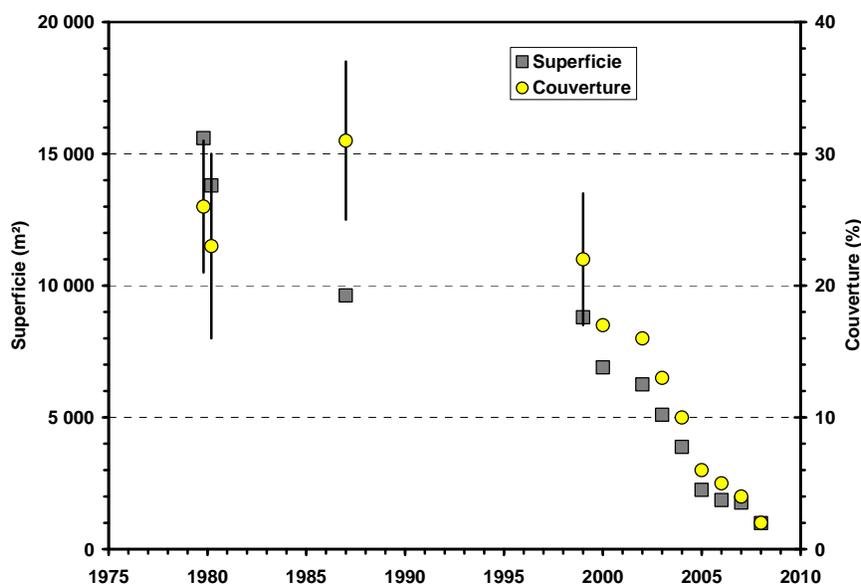


Figure 5. Superficie (m²) et couverture (%) du banc de mousse d'Irlande dans la lagune Basin Head, de 1980 à 2008. Deux relevés ont été réalisés en 1980, le premier en juin et le second en août. Les points de données de 1987 représentent les estimations tirées des échantillons prélevés uniquement dans la partie la plus dense du banc. Aucune donnée n'a été recueillie en 2001. Des barres représentant un écart-type sont illustrées pour la moyenne. Pour 2000 à 2008, la couverture représente une valeur absolue, obtenue par mesure directe à partir des photos aériennes, plutôt qu'une estimation réalisée à la lumière des travaux d'échantillonnage sur le terrain, comme dans les années antérieures.

Biomasse

En 1987, le relevé ne couvrait que la partie la plus dense du banc de mousse et a donc produit l'estimation la plus élevée tant pour la couverture que pour la densité. Les résultats de quatre études (1980, 1987, 1999 et 2006) indiquent que la densité moyenne (g m⁻²) a peu varié de 1980 à 1999. La diminution de la biomasse totale estimative en 1999 (60 tonnes) par rapport à 1980 (de 128 tonnes à 154 tonnes) s'explique par une réduction de la superficie du banc en 1999 (8 800 m²) par rapport à 1980, année où elle se situait entre 13 800 et 15 600 m² (figures 5 et 6). Les estimations relatives à la biomasse totale pour la période de 1999 à 2004 sont fondées sur une densité fixe de 7,5 kg m⁻² estimée à la lumière des travaux d'échantillonnage de 1999; ainsi, le changement observé dans la biomasse totale reflète uniquement le changement de superficie totale. En 2006, les nouveaux échantillons prélevés dans les mêmes régions du banc de mousse d'Irlande indiquent que la densité estimative (1,6 kg m⁻²) était nettement inférieure à celle de 1999. La valeur de 2006 a été appliquée aux jeux de données de 2005 à 2008. La biomasse totale s'élevait à un peu plus d'une tonne en

2008. Cette diminution continue est attribuable à deux facteurs : la réduction de la superficie du banc et une baisse substantielle de la densité moyenne par rapport à celle de 1999 (figure 6).

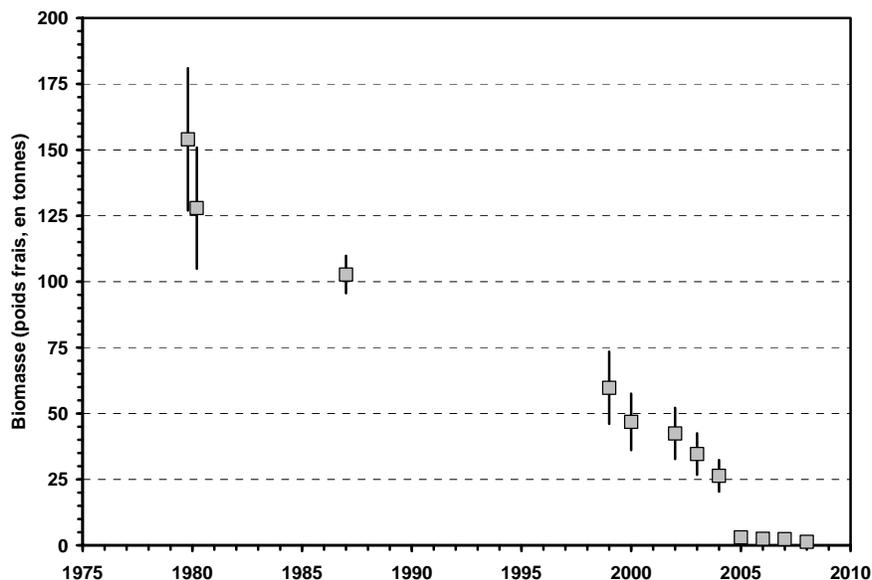


Figure 6. Biomasse totale estimée (poids frais, en tonnes) de la mousse d'Irlande de la lagune Basin Head, de 1980 à 2008. Les points de données des deux relevés de 1980 sont décalés horizontalement afin de réduire les chevauchements. Des barres représentant un écart-type sont illustrées pour la moyenne.

État et croissance

La mousse d'Irlande est très malléable. Dans le bras nord-est de la lagune Basin Head, trois types de spécimens ont été décrits : les thalles branchus (branches étroites pourvues de nombreuses pointes formant des touffes en forme de balle), les thalles foliacés (thalles larges et épais pourvus de quelques pointes seulement) et thalles normaux (frondes larges pourvues de nombreuses pointes et texture caoutchouteuse). Tous trois étaient présents dans le banc en 1999.

Les thalles « en santé » montrent peu de traces de broutage ou d'érosion des tissus, et ils ne soutiennent que quelques épiphytes. Des changements à l'état « sain » de la mousse d'Irlande de la lagune Basin Head ont été observés pour la première fois au printemps 2005. Les thalles avaient une apparence déchiquetée qui, de prime abord, semblait être le résultat du broutage. Les touffes larges et denses étaient moins abondantes et, dans certains secteurs du banc, il ne subsistait que quelques petites touffes attachées à des moules. Les frondes photographiées en 2008 ressemblaient davantage au type « branchu », à la différence que leurs extrémités étaient érodées et cassées.

Dans l'ensemble, la mousse d'Irlande transplantée dans d'autres lieux de croissance a mieux poussé que dans la lagune même. Les chercheurs ont également noté un rythme de croissance plus faible en juillet dans la lagune Basin Head en 1980, époque où la biomasse de mousse d'Irlande était élevée (figure 7).

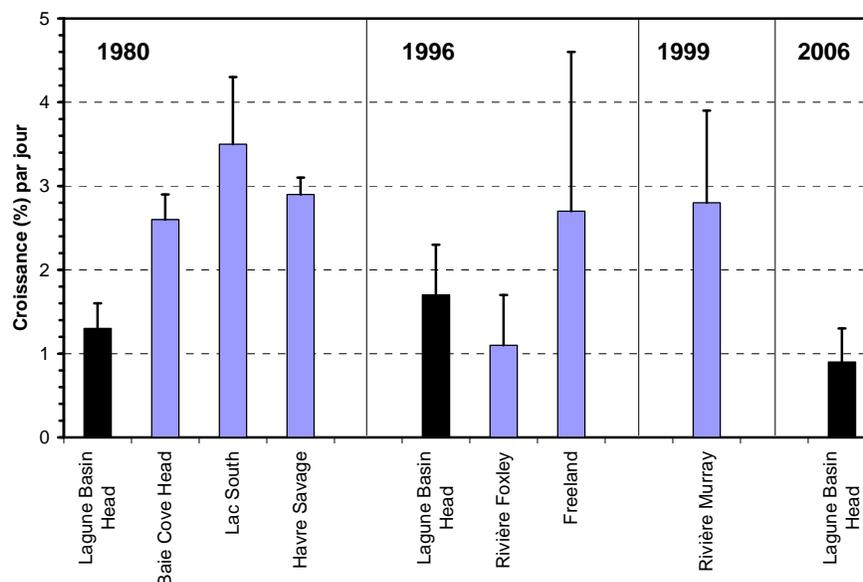


Figure 7. Taux de croissance (% par jour), en juillet, des frondes de *Chondrus* qui sont demeurées dans la lagune Basin Head et de celles qui ont été transplantées ailleurs – 1980, 1996, 1999 et 2006. Le graphique illustre les barres représentant un écart-type.

Dans les expériences de culture, les gros fragments de fronde ont poussé plus vite que les petits fragments tout au long des mois de juin et de juillet, parce que les gros fragments conservent un plus grand nombre de pointes intactes. Ce phénomène est lié à la situation naturelle de la lagune Basin Head, où les thalles érodés, cassés ou broutés doivent se remettre des dommages causés avant que les pointes ne puissent commencer à se former. Si ces impacts s'intensifient, la capacité de production de chaque fronde pourrait être inhibée.

Facteurs pouvant influencer sur l'abondance, la structure et la répartition de la mousse d'Irlande dans la lagune Basin Head

Les chercheurs ont énuméré plusieurs facteurs qui pourraient contribuer au déclin de la population.

Proliférations de macroalgues

Lors de l'examen devant mener à l'attribution du statut de zone de protection marine (ZPM) à la lagune Basin Head, les proliférations d'algues du genre *Ulva* (laitue de mer) et l'anoxie correspondante ont été reconnues comme des menaces pour la mousse d'Irlande, surtout dans la partie supérieure du bras nord-est. Les proliférations de macroalgues sont un symptôme reconnu de l'eutrophisation des eaux côtières peu profondes. Leurs effets négatifs peuvent se faire sentir à plus grande échelle et pendant plus longtemps dans les bassins d'eau semi-fermés, comme celui de la lagune Basin Head. Les algues vertes foliacées sont essentiellement des éponges à nutriments, et elles réagissent à des conditions favorables en accroissant rapidement leur biomasse. À la longue, cette biomasse devient autolimitative : les algues meurent et se dégradent rapidement, ce qui peut engendrer de nombreux problèmes, dont l'appauvrissement esthétique, la réduction de la qualité de l'eau et la création d'épisodes

anoxiques ou de zones mortes. De plus, les thalles d'*Ulva* ont la minceur d'une feuille; à mesure que la production s'accroît, ils peuvent pousser sans être fixés au fond de l'eau et former ainsi des couches ou des tapis de végétation dans la colonne d'eau. L'ombre créée par ces couches de végétaux peut ralentir la productivité des macrophytes présents au fond de l'eau.

Des proliférations d'algues du genre *Ulva* (surtout d'*Ulva lactuca* et, dans une moindre mesure, d'*Ulva intestinalis*) sont observées chaque année dans la lagune Basin Head depuis au moins 1980. L'accumulation de biomasse débute au printemps, dans les secteurs où le brassage de l'eau est le moins intense (extrémité supérieure du bras nord-est et embouchure du bassin principal de la lagune). Au fur et à mesure que l'été progresse, la biomasse d'algues vertes occupe une place grandissante parmi les macrophytes qui recouvrent le substrat dans toutes les régions de la lagune. Au milieu de l'été, période où la prolifération atteint son point culminant, de grands tapis flottants d'*Ulva* se déplacent avec le courant. Une fois l'automne venu, les marées ont déjà retiré la majorité de la biomasse d'algues vertes, de sorte qu'il n'en subsiste dans la lagune que quelques fragments très érodés.

De 2001 à 2008, le taux de croissance des algues du genre *Ulva* et d'autres algues vertes a été évalué dans deux stations d'échantillonnage : la station A, qui est adjacente à la partie principale du banc de mousse d'Irlande du bras nord-est, et la station B, qui se trouve à l'entrée du bras nord-est (figure 2). Au cours de la plupart des années, les peuplements d'algues *Ulva* de la station A ont atteint leur apogée à la fin de mai, après quoi ils ont été marqués par un rapide déclin en juin. L'ampleur de la prolifération printanière variait considérablement d'une année à l'autre. En général, les taux de croissance estivale étaient inférieurs à $20\% \text{ j}^{-1}$ en moyenne. En 2007 et en 2008, cette tendance a changé : la croissance de juillet a dépassé $38\% \text{ j}^{-1}$, et une troisième poussée de croissance ($60\% \text{ j}^{-1}$), enregistrée en août 2008, a excédé la prolifération printanière. La croissance observée en 2007 et en 2008 a été soutenue pendant une période plus longue et à un rythme plus élevé qu'au début des années 2000 (figure 8).

Il n'est pas possible de déterminer avec certitude si l'abondance accrue des algues *Ulva* dans la lagune Basin Head contribue au déclin de la mousse d'Irlande. On peut écarter l'hypothèse d'une réduction de la croissance attribuable à l'ombrage créé par les proliférations d'*Ulva*, puisque les eaux du bras nord-est sont très peu profondes et que la majeure partie du banc est soumise à des courants forts qui empêchent les algues *Ulva* de s'accumuler pour former des tapis à la surface. Cependant, les chercheurs ont vu passer au-dessus du banc de mousse d'Irlande des tapis d'*Ulva* en dégradation et de petites particules de matière issues de l'extrémité supérieure du bras nord-est. Ces matières organiques pourraient avoir des effets sur la quantité de lumière qui pénètre dans l'eau. Les proliférations d'algues *Ulva* sont un signe d'eutrophisation, et ce phénomène a sans doute un plus grand impact sur la croissance ou la survie de la mousse d'Irlande dans la lagune Basin Head.

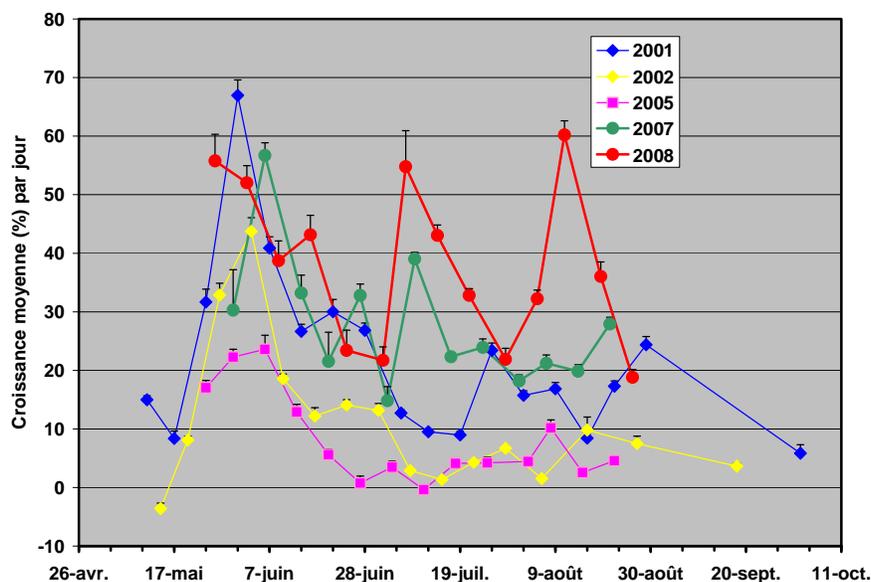


Figure 8. Taux de croissance quotidien moyen (%) de la surface occupée par les disques d'*Ulva lactuca* à la station d'échantillonnage A, dans le bras nord-est de la lagune Basin Head, de 2001 à 2008. Le graphique montre les barres représentant un écart-type (fourchette supérieure).

Eutrophisation et qualité du milieu ambiant

Les effets cumulatifs de l'apport de nutriments dans la lagune, de même que les proliférations annuelles d'algues vertes et l'appauvrissement de la qualité de l'eau qui en résultent, pourraient contribuer au déclin de la mousse d'Irlande.

La coloration de la mousse d'Irlande, qui reste rouge foncé ou pourpre tout au long de l'année, témoigne de la charge élevée en nutriments des eaux de la lagune. Chez les populations de *Chondrus* des eaux côtières extérieures, les tissus perdent de leurs nutriments en été, à mesure que diminue la quantité de nutriments ambiants. Cette déperdition transforme la couleur des plantes, qui passent du rouge au jaune, puis au vert. Même si les eaux de la lagune perdent de leurs nutriments en été, les spécimens qui y poussent conservent des nutriments stockés à des niveaux de deux à trois fois supérieurs à ceux des plantes transférées hors de la lagune. La forte teneur en azote des tissus explique la fragilité de la plante et peut entraîner une fragmentation et une mortalité excessives. Les taux de croissance négatifs observés en août chez la mousse d'Irlande de la lagune Basin Head sont également associés au stress accru provenant d'autres facteurs, tels que les températures élevées.

En l'absence d'un programme de surveillance du milieu ambiant entre 1980 et 1999, les conclusions au sujet des changements survenus dans la lagune Basin Head ont été tirées des tendances observées dans d'autres estuaires ou bassins versants de l'Île-du-Prince-Édouard. L'accroissement continu de la charge en nutriments dans les bassins versants représente le principal changement de cette période. Les niveaux de nitrate associés à l'anoxie sont habituellement supérieurs à $0,4 \text{ mg l}^{-1}$. En 1999, le nitrate s'élevait à plus de $1,0 \text{ mg l}^{-1}$ à l'extrémité supérieure de la lagune, là où l'apport d'eau douce provenant du bassin versant est le plus important. C'est aussi dans ce secteur que la charge en nitrate est demeurée la plus élevée. Les niveaux de phosphate étaient les plus élevés ($> 0,2 \text{ mg l}^{-1}$) à l'extrémité supérieure du bras nord-est, où, chaque année, survient une importante dégradation de tissus d'algues vertes accumulées.

De 2001 à 2008, les chercheurs ont réalisé des travaux d'échantillonnage hebdomadaires d'avril à août dans un maximum de 13 stations du bassin versant de la lagune Basin Head, afin de mesurer la température de l'eau, la salinité, le niveau d'oxygène dissous, le niveau de chlorophylle et la quantité de nutriments inorganiques dissous. Certaines variations obtenues dans la mesure de ces paramètres peuvent fort probablement s'expliquer par l'état de la marée pendant le prélèvement des échantillons. Les valeurs saisonnières pour les paramètres clés de la station établie dans le banc de mousse d'Irlande (station C) se situent dans une fourchette de valeurs permettant la croissance de la mousse d'Irlande : salinité de 15 à 30 ppm, température de 15 à 25 °C en juillet et en août, oxygène dissous de 5 à 14 mg/l, quantité d'azote sous forme de nitrate généralement inférieure à 0,3 mg/l. Les niveaux de nitrate, en particulier à la station C, ont baissé de façon générale de 2001 à 2008. L'apport de nitrate (concentrations) a également diminué en général dans les stations d'échantillonnage en eau douce. Cependant, la teneur en azote des tissus demeure élevée dans la lagune, en raison de poussées d'ammoniac à la fin de l'été.

Les nutriments qui pénètrent dans la lagune pourraient provenir de plusieurs sources, dont un certain nombre d'activités d'aménagement du territoire et d'activités industrielles. La capacité d'autoépuration du marais bordant l'extrémité supérieure de la lagune a été réduite par remplissage. La lagune a déjà connu des épisodes où les indices de coliformes fécaux étaient élevés, et ces augmentations étaient chaque fois imprévisibles. Tous ces facteurs d'agression exercent une influence cumulative sur l'écosystème de la lagune.

Régimes de circulation de l'eau

Les marées qui influent sur le golfe du Saint-Laurent viennent principalement de l'océan Atlantique en provenance du détroit de Cabot. Dans la région de la lagune Basin Head, l'amplitude des marées est d'environ 1,8 m. Les glaces sont présentes dans la partie est du détroit de Northumberland de 100 à 105 jours par année en moyenne. À la mi-février, cette partie du détroit est couverte de glace 100 % du temps. En général, les glaces demeurent présentes jusqu'à la deuxième semaine d'avril. La glace de mer peut protéger le rivage contre l'érosion pendant les tempêtes.

La température de la surface de la mer au large de la lagune Basin Head augmente légèrement depuis le milieu des années 1990, et un changement plus appréciable est observé depuis 2002 (figure 9). Comme cette eau est celle qui pénètre dans la lagune à chaque cycle des marées, ces changements pourraient fort bien avoir une influence sur les températures de la lagune. Les chercheurs ont aussi noté un changement des températures de la surface de la mer dans le détroit de Northumberland et autour de l'Île-du-Prince-Édouard.

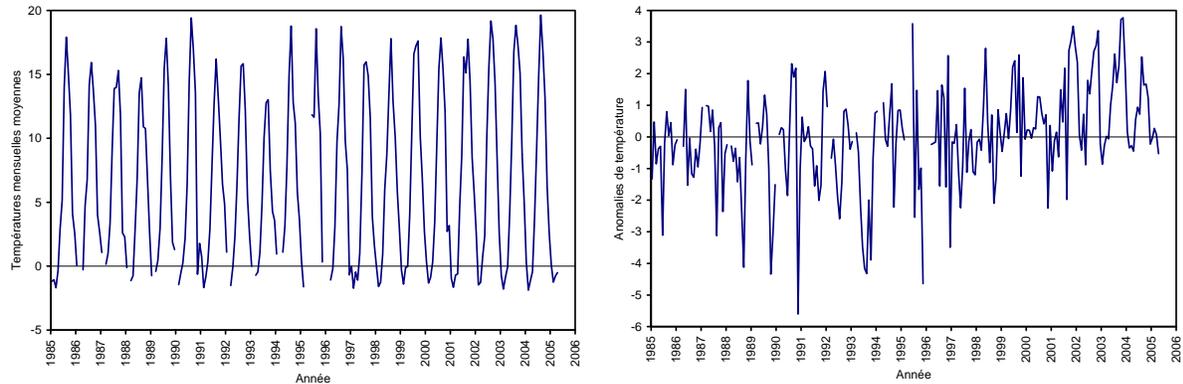


Figure 9. Températures mensuelles moyennes de la surface de la mer (gauche) et anomalies de température (droite) dans les eaux situées au large de la lagune Basin Head.

Les courants de marée qui pénètrent dans la lagune Basin Head atteignent un maximum de $1,4 \text{ m s}^{-1}$ entre les brise-lames situés à l'embouchure. Des courants forts sont également observés dans le bras nord-est, qui renferme le banc de mousse d'Irlande (figure 10). Le bassin d'eau principal est généralement soumis à des courants plus lents que les autres parties de la lagune, et les courants de surface y sont plus forts que les courants de fond.

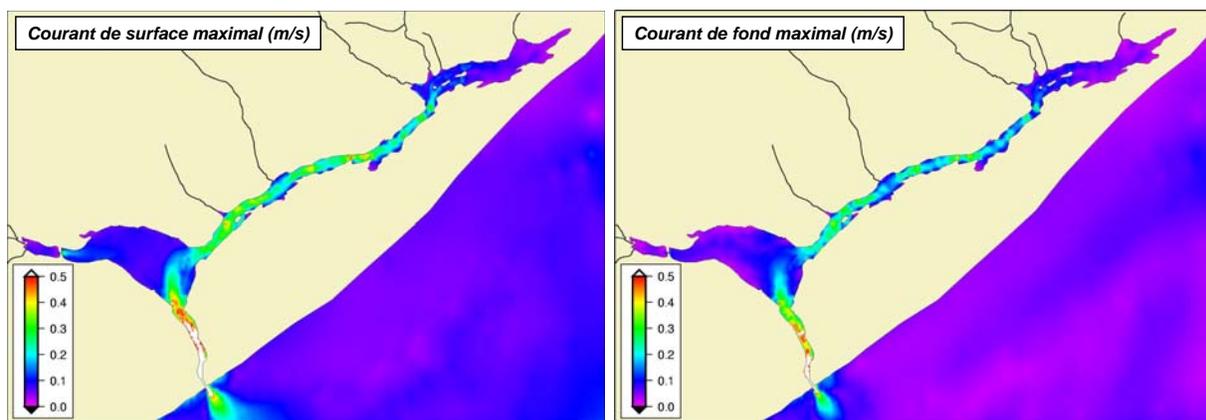


Figure 10. Courants de surface (gauche) et de fond (droite) maximums moyens (m/s) dans la lagune Basin Head en raison de la composante de marée M2 et du ruissellement de l'eau douce.

Selon la méthode de « prisme de marée » en tenant compte du volume et de la superficie de la lagune, l'eau de la lagune met en moyenne 24,5 heures à se renouveler. Le délai de renouvellement serait plus long dans les secteurs reculés du bassin et plus court dans le goulet. Le banc de mousse d'Irlande est exposé à un fort brassage en raison des puissants courants de marée.

Une onde de tempête survenue le 27 décembre 2004 a poussé les chercheurs à étudier plus à fond les impacts possibles des phénomènes météorologiques sur le banc de mousse d'Irlande. Ils s'attendaient à une certaine dispersion du banc à la suite de cette tempête. Un macrophyte qui n'est pas fixé au fond est essentiellement une algue « à la dérive ». Les frondes se fragmentent après avoir atteint leur taille maximale. De plus, les touffes de frondes qui ont atteint une taille critique peuvent être déplacées par les courants de marée et les vents. Par suite de l'onde de tempête, le niveau de l'eau était de 1,2 m supérieur à la marée la plus haute.

Ce phénomène météorologique a causé d'importants dommages à l'entrée de la lagune, détruisant certaines des dunes adjacentes ainsi que des quais aménagés en guise de protection. Cet épisode de brassage a fait grimper le niveau d'eau partout dans la lagune et aurait, pendant une courte période, changé le mode de circulation de l'eau dans le bras nord-est. D'autres signes attestant la dégradation du banc de mousse d'Irlande ont été observés en 2005, mais ils ne pouvaient pas être attribués avec certitude à l'onde de tempête.

Il est impossible de déterminer si l'onde de tempête de décembre 2004 a créé une perturbation et des courants suffisamment forts pour déplacer et endommager encore davantage le banc de mousse d'Irlande dans le bras nord-est. En outre, il n'existe aucune information sur les changements survenus dans les régimes de circulation de l'eau de la lagune, changements qui pourraient expliquer les déclinés observés depuis 1999 dans le banc de mousse d'Irlande.

Autres facteurs

Parmi les autres facteurs théoriquement capables de contribuer au déclin continu des peuplements de mousse d'Irlande dans la lagune Basin Head depuis 1999, plusieurs sont peu susceptibles d'être en cause.

Les seules activités connues de récolte commerciale ont été réalisées en 1987, année où 23 tonnes de mousse d'Irlande ont été retirées des eaux. La biomasse était alors estimée à 103 tonnes. Comme aucune autre récolte commerciale déclarée n'a été pratiquée dans la lagune, force est de conclure que cette activité n'a pas contribué au déclin de la biomasse pendant la période de 1999 à 2008.

Trois agents pathogènes de la mousse d'Irlande ont été identifiés, principalement dans la culture en bassin de différentes souches. Premièrement, une souche pathogène de bactérie a été isolée de frondes en santé et trouvée dans des tissus nécrotiques. Chez les plantes cultivées en bassin, cette bactérie peut causer la pourriture verte – une maladie caractérisée par la formation de trous dans les parties matures de la plante. Ces trous n'ont pas été observés sur la mousse de la lagune, mais ils pourraient s'être refermés ou avoir causé la fragmentation de la fronde. Deuxièmement, le stade de mousse d'Irlande présent dans la lagune résiste à l'*Acrochaete operculata*, un agent pathogène des algues vertes qui est virulent chez les autres stades de l'espèce. Finalement, le champignon parasite *Petersenia pollagaster* détruit sélectivement les pointes des frondes et pourrait être à l'origine des extrémités déchiquetées observées sur les tissus autres que ceux des pointes sur les frondes de la lagune. Cependant, les premiers stades de ce parasite n'ont pas été observés lorsque les tissus nécrotiques sont apparus à l'extrémité des frondes. De façon générale, la présence de ces parasites ou pathogènes n'a jamais été vérifiée, mais deux spécimens transplantés pour la culture en bassin en 2007-2008 présentaient une bonne productivité et des frondes en santé.

Les expériences réalisées en laboratoire et sur le terrain donnent à penser que la présence d'herbivores (gastéropodes) et de détritivores (amphipodes) ne nuit pas à la croissance de la mousse d'Irlande de la lagune Basin Head. La mousse d'Irlande est une algue robuste, et il se peut fort bien que la présence de gastéropodes et d'amphipodes contribue à en éloigner les épiphytes. La densité des gastéropodes utilisés dans les expériences en laboratoire et sur le terrain était semblable à celle qui a été observée à l'état sauvage. Si les chercheurs avaient eu recours à des densités artificiellement élevées, il se peut que les gastéropodes aient eu un effet plus marqué sur les tissus de la mousse d'Irlande.

Incertitudes

Il est possible que les fines particules de matière trouvées sur les structures d'exclusion des herbivores de la lagune en 2007 nuisent à la croissance et à la survie de la mousse d'Irlande. Ces particules pourraient en effet créer de l'ombrage, entraver les échanges de gaz ou témoigner de conditions anoxiques localisées – trois facteurs susceptibles de réduire la croissance des plantes et d'entraîner leur fragmentation. Il se peut que ces particules de matière soient le résultat de la dégradation des algues *Ulva* qui ont proliféré par suite de la forte charge en azote de la lagune. Les chercheurs ignorent les impacts de la dégradation massive de matières biologiques (principalement des proliférations d'algues) sur la qualité de l'eau aux environs du banc de mousse. La fragmentation ou la perte directe de thalles de mousse d'Irlande par les mécanismes décrits ci-dessus doivent être vérifiées au moyen d'expériences en laboratoire et sur le terrain.

Le crabe vert (*Carcinus maenas*) est une espèce envahissante dont la présence a été confirmée pour la première fois dans la lagune Basin Head en 1999. Les études réalisées directement dans la lagune et les programmes de surveillance révèlent que le nombre de crabes verts a augmenté dans la lagune et que l'espèce est présente dans le bras nord-est, à l'intérieur du banc de mousse d'Irlande. Des études montrent que le crabe vert peut être un prédateur de la moule bleue. Les effets néfastes possibles du crabe vert sur la mousse d'Irlande pourraient être indirects et associés à la prédation de la moule, organisme essentiel à la fixation des frondes de la mousse d'Irlande.

Il existe de nombreux documents sur le rôle essentiel que joue la moule dans la fixation, la stabilité et le recrutement de la mousse d'Irlande. Tous les thalles de mousse d'Irlande de la lagune qui sont fixés au substrat sont associés à des colonies de moules. Comme cette forme de mousse se reproduit presque exclusivement par fragmentation, on peut présumer que les fragments à la dérive doivent entrer en contact avec des moules qui, par leur byssus, les retiendront au fond de l'eau. Une prédation intense de la moule par le crabe vert réduirait les possibilités de fixation des mousses fragmentées. L'appauvrissement des conditions ambiantes pourrait également entraver la production du byssus qui sert à fixer les frondes aux moules. De même, l'anoxie ou la mauvaise qualité de l'eau pourraient provoquer la mortalité des moules, de sorte que les touffes de mousse d'Irlande se détacheraient du fond de l'eau et pourraient ainsi partir à la dérive, hors du bras nord-est et de la lagune. Ces relations fonctionnelles nécessitent des recherches plus poussées.

Outre l'eutrophisation, les changements apportés au régime d'aménagement du territoire et aux pratiques agricoles dans les bassins versants pourraient aussi exercer une influence sur l'écosystème. Aucune information liée à ces changements n'a été examinée lors de la réunion. On sait cependant que les bassins versants du réseau hydrographique de la lagune Basin Head sont soumis à une culture intensive. Il importe de déterminer la quantité de nutriments transportés dans la lagune par les ruisseaux ainsi que la charge annuelle globale en nutriments.

Les ondes de tempête et d'autres mécanismes de forçage contribuent aux changements physiques qui surviennent dans la lagune Basin Head. Les effets de ces phénomènes épisodiques et potentiellement catastrophiques sur la mousse d'Irlande sont inconnus. De même, la variabilité de l'état des glaces dans la lagune, en particulier pendant les hivers où les grandes fluctuations de température entraînent fréquemment la formation, la rupture et le mouvement des glaces, pourrait causer des dommages physiques au banc de mousse qui se trouve dans les eaux peu profondes du bras nord-est.

CONCLUSIONS ET AVIS

La mousse d'Irlande de la lagune Basin Head se distingue par plusieurs caractéristiques, notamment par la forme de ses frondes et par l'invariabilité de sa coloration au fil des saisons. De plus, elle dépend presque complètement de la fragmentation asexuée pour se disperser et se reproduire, et elle a besoin de la moule bleue pour se fixer au fond de l'eau. Cette forme de mousse d'Irlande se différencie aussi des autres par son faible taux de croissance. Ces caractéristiques sont définies par les conditions ambiantes de la lagune.

La mousse d'Irlande de la lagune Basin Head a perdu plus de 99 % de sa biomasse de 1980 à 2008. La quantité estimée la plus faible, soit un peu plus d'une tonne (poids frais), a été mesurée en 2008. Ce déclin précipité a été observé pendant une période où l'espèce a fait l'objet d'une surveillance intensive, soit de 1999 à 2008. La superficie du banc a elle aussi connu un important recul.

Les conditions qui règnent actuellement dans la lagune Basin Head ne sont pas optimales pour maintenir les niveaux d'abondance historiques de cette forme de mousse. La situation date probablement d'avant 1999. L'eutrophisation de la lagune et ses effets correspondants – intensification des proliférations d'algues vertes et augmentation de leur couverture spatiale, dégradation de matières biologiques et création de conditions anoxiques dans certaines parties du bassin d'eau, production de matières toxiques (sulfure d'hydrogène, ammonium), forte accumulation de matières folliculaires en suspension et accroissement des températures en été – pourraient aussi contribuer aux contraintes imposées à la mousse d'Irlande de la lagune Basin Head.

Le bassin d'eau est vulnérable à d'intenses ondes de tempête, mais les impacts de ces phénomènes météorologiques sur l'abondance de la mousse d'Irlande demeurent inconnus. En l'absence de données historiques sur les changements survenus dans les courants internes, la bathymétrie et d'autres paramètres physiques de la lagune, il est impossible de formuler des conclusions concernant l'effet de ces facteurs sur l'abondance de la mousse d'Irlande.

Le crabe vert a récemment envahi l'écosystème de la lagune, et il s'agit d'un agresseur important. La relation particulière qui existe entre la mousse d'Irlande de la lagune Basin Head et les moules semble être une interaction importante qui mérite d'être étudiée plus à fond, tout comme la prédation potentiellement intensive de la moule par le crabe vert.

L'état caractérisant la mousse d'Irlande de la lagune est le résultat des effets cumulatifs d'un certain nombre d'agresseurs répétitifs. Le problème n'est pas confiné à la lagune et s'inscrit dans une situation qui touche l'écosystème de nombreuses régions côtières de la province.

Mesures de gestion possibles

Les mesures propres à atténuer le déclin de la mousse d'Irlande dépendent des facteurs les plus susceptibles de contribuer aux conditions sous-optimales qui caractérisent la lagune Basin Head.

L'eutrophisation du bassin d'eau, phénomène fort probablement associé aux effets cumulatifs des pratiques intensives d'aménagement du territoire dans le bassin versant, représente une menace pour la mousse d'Irlande. Les modifications au régime d'aménagement du territoire qui diminueraient l'apport de nitrate et de phosphate dans la lagune auraient pour effet de réduire les contraintes imposées à l'écosystème, mais, à elles seules, elles ne mèneraient pas

nécessairement à une augmentation de la biomasse et de la couverture du banc de mousse d'Irlande dans la lagune.

Lorsque des espèces envahissantes comme le crabe vert sont établies, il est difficile, voire impossible, de les éradiquer. Les chercheurs devraient s'employer en priorité à étudier les effets indirects éventuellement très importants du crabe vert sur la mousse d'Irlande de la lagune. Il y aurait lieu d'envisager la réalisation d'expériences sur le terrain, dans le genre de celles qui ont servi à vérifier l'hypothèse de l'herbivorie sur la mousse d'Irlande. Selon l'échelle spatiale choisie, ces expériences pourraient favoriser la croissance de la mousse d'Irlande dans la lagune.

La culture artificielle de la mousse d'Irlande de la lagune Basin Head se pratique actuellement en laboratoire. L'objectif consiste à produire des spécimens pour la recherche et, éventuellement, pour la retransplantation dans la lagune. Les conditions actuelles du bassin d'eau sont considérées comme sous-optimales pour la croissance et la survie de la mousse d'Irlande. Si les agresseurs qui contribuent au déclin de cette forme de mousse ne sont pas identifiés et éliminés, la culture artificielle à des fins de transplantation devra faire l'objet d'efforts soutenus.

AUTRES CONSIDÉRATIONS

Efficacité du programme de surveillance

Depuis 2000, la superficie du banc de mousse d'Irlande est calculée au moyen de photos aériennes et par interprétation de photos numériques. Ce travail de surveillance a permis de confirmer l'important déclin de la mousse d'Irlande dans le bras nord-est. Conjugué aux échantillonnages sur le terrain, ce programme de surveillance fournit l'information nécessaire pour assurer le suivi annuel des changements qui surviennent dans l'abondance, la structure du banc et l'état de la mousse d'Irlande. Par suite de la dispersion du banc dans les dernières années, il faut maintenant prévoir des travaux de vérification au sol sur transect. Les chercheurs ignorent encore à quelle période de l'année les pertes surviennent, du fait qu'il n'y a eu aucune répétition saisonnière régulière des efforts d'échantillonnage. S'il devient possible de circonscrire la période où surviennent les principales pertes, les chercheurs seront mieux à même de cerner les facteurs les plus importants à considérer.

Par l'analyse de photos aériennes et la réalisation de nouveaux travaux d'échantillonnage sur le terrain, le programme de surveillance pourrait étoffer les données sur la superficie occupée par les algues *Ulva*. Même si le taux de croissance est bien mesuré à l'heure actuelle, cet indicateur ne fournit aucun renseignement sur l'ampleur globale des proliférations dans la lagune.

Jusqu'à présent, les initiatives de surveillance du milieu ambiant ont surtout porté sur le prélèvement périodique d'échantillons à des points uniques disséminés dans diverses stations. La variabilité de nombreux facteurs soupçonnés de contribuer aux conditions de croissance sous-optimales dans la lagune est associée à des cycles quotidiens, saisonniers et annuels qui ne sont pas suffisamment caractérisés dans les programmes d'échantillonnage actuels. Avec de nouvelles technologies, il serait possible de mettre à contribution de l'équipement de surveillance continue dans la lagune pour mesurer les variations de ces paramètres à des échelles temporelles appropriées. Les programmes d'échantillonnage devraient être élargis de manière à permettre la surveillance en toute saison.

Il faudrait envisager de mesurer non seulement la teneur en nitrate et en phosphate, mais aussi la quantité d'ammonium. Cette série de paramètres donnerait un meilleur aperçu de la dynamique des nutriments. La surveillance de l'ammonium permettrait aux chercheurs d'obtenir un meilleur indicateur des contraintes exercées sur l'écosystème de la lagune Basin Head.

Le programme de surveillance de la faune (Programme communautaire de surveillance aquatique) se limite à la zone de bord de mer et ne compte qu'une station dans le bras nord-est. Aucun échantillonnage se fait dans le banc de mousse d'Irlande pour recueillir des données sur la démographie, l'abondance et la répartition des moules ou des crabes verts. Compte tenu du rôle fonctionnel avéré des populations de moules dans la survie de la forme distincte de mousse d'Irlande ainsi que de l'incertitude entourant l'impact de la présence du crabe vert sur l'effectif de la population de moules, il y aurait tout lieu d'envisager la mise en place d'un programme d'échantillonnage d'indicateurs quantitatifs. Par exemple, ce programme pourrait être fondé sur l'analyse quantitative d'images numériques sous-marines, une méthode d'échantillonnage non intrusive.

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Sharp, G., R. Semple, K. Connolly, R. Blok, D. Audet, D. Cairns et S. Courtenay. 2003. Ecological assessment of the Basin Head lagoon: a proposed marine protected area, *Rapport manuscrit canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, n° 2641, vi + 70 p.

Sharp, G., R. Semple, H. Vandermeulen, M. Wilson, C. Larocque et S. Nebel. En prép. The Basin Head *Chondrus crispus* : population abundance and distribution 1980 to 2008. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. (en préparation).

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Communiquer avec : Venitia Joseph
Pêches et Océans Canada
C. P. 5030
Moncton (Nouveau-Brunswick)
E1C 9B6

Téléphone : 506-851-6741
Télécopieur : 506-851-3027
Courriel : josephv@dfp-mpo.gc.ca

Ce rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Golfe
Ministère des Pêches et des Océans
C. P. 5030
Moncton (Nouveau-Brunswick)
Canada E1C 9B6

Téléphone : 506-851-2022
Télécopieur : 506-851-2147
Courriel : CSAS@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas

ISSN 1480-4921 (imprimé)
© Sa Majesté la Reine, Chef du Canada, 2009

The English version is available upon request at the above address.



LA PRÉSENTE PUBLICATION DOIT ÊTRE CITÉE COMME SUIT :

MPO. 2009. 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. 2009/059.