

Revue de la biologie et des pratiques de récolte des macroalgues de l'Atlantique Nord : suggestions de modifications et d'ajouts pour le Québec

Stéphanie Roy, Virginie Roy, Andrew Smith, Rénaud Belley

Direction Régionale des Sciences
Région du Québec
Direction des sciences démersales et benthiques
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Maurice-Lamontagne
850, route de la Mer, C.P. 1000
Mont-Joli, Québec, G5H 3Z4

2025

**Rapport technique canadien des
sciences halieutiques et aquatiques 3705**



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Canada

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports techniques contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution aux connaissances actuelles, mais qui ne sont pas normalement appropriés pour la publication dans un journal scientifique. Les rapports techniques sont destinés essentiellement à un public international et ils sont distribués à cet échelon. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques de Pêches et Océans Canada, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports techniques peuvent être cités comme des publications à part entière. Le titre exact figure au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports techniques sont résumés dans la base de données *Résumés des sciences aquatiques et halieutiques*.

Les rapports techniques sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement auteur dont le nom figure sur la couverture et la page du titre.

Les numéros 1 à 456 de cette série ont été publiés à titre de Rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457 à 714 sont parus à titre de Rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715 à 924 ont été publiés à titre de Rapports techniques du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 925.

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Technical reports contain scientific and technical information that contributes to existing knowledge but which is not normally appropriate for primary literature. Technical reports are directed primarily toward a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on subject matter and the series reflects the broad interests and policies of Fisheries and Oceans Canada, namely, fisheries and aquatic sciences.

Technical reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is abstracted in the data base *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Technical reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page.

Numbers 1-456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457-714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715-924 were issued as Department of Fisheries and Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was changed with report number 925.

Rapport technique canadien
des sciences halieutiques et aquatiques 3705

2025

Revue de la biologie et des pratiques de récolte des macroalgues de l'Atlantique Nord :
suggestions de modifications et d'ajouts pour le Québec

Stéphanie Roy, Virginie Roy, Andrew Smith et Rénaud Belley

Direction régionale des sciences
Région du Québec
Direction des sciences démersales et benthiques
Pêches et océans Canada
Institut Maurice-Lamontagne
850, Route de la Mer
Mont-Joli, QC
G5H 3Z4

© Sa Majesté le Roi du Chef du Canada, représenté par le
ministre du ministère des Pêches et des Océans, 2025
N° de catalogue Fs97-6/3705F-PDF ISBN 978-0-660-77821-1 ISSN 1488-545X
<https://doi.org/10.60825/cy3c-1q11>

On doit citer la publication comme suit :

Roy, S., Roy, V., Smith, A. et Belley, R. 2025. Revue de la biologie et des pratiques de récolte des macroalgues de l'Atlantique Nord : suggestions de modifications et d'ajouts pour le Québec. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3705 : ix + 72 p. <https://doi.org/10.60825/cy3c-1q11>

TABLE DES MATIÈRES

Liste des figures.....	v
Liste des tableaux.....	vii
Résumé	viii
Abstract.....	ix
1. Introduction	1
2. État actuel des connaissances de la biologie et de l'écologie des macroalgues à intérêt commercial	2
2.1 Les macroalgues	2
2.2 Macroalgues brunes (Phéophycées).....	5
2.2.1 <i>Agarum clathratum</i> (Agar criblé)	8
2.2.2 <i>Alaria esculenta</i> (Alarie succulente, wakamé atlantique).....	9
2.2.3 <i>Laminaria digitata</i> (Laminaire digitée)	10
2.2.4 <i>Hedophyllum nigripes</i>	11
2.2.5 <i>Saccharina latissima</i> (Laminaire sucrée, kombu royal)	12
2.2.6 <i>Saccorhiza dermatodea</i> (Saccorhize)	14
2.2.7 <i>Ascophyllum nodosum</i> (Ascophylle noueuse)	15
2.2.8 <i>Fucus</i> spp.	16
2.2.9 <i>Chorda filum</i> (Lacet de mer)	18
2.2.10 <i>Chordaria flagelliformis</i>	19
2.3 Macroalgues rouges (Rhodophytes)	20
2.3.1 <i>Chondrus crispus</i> (Mousse d'Irlande).....	23
2.3.2 <i>Palmaria palmata</i> (Main de mer palmée, dulse)	24
2.3.3 <i>Devaleraea ramentacea</i>	25
2.3.4. <i>Porphyra</i> spp., <i>Pyropia</i> spp., <i>Wildemania</i> spp. (Porphyres, nori).....	26
2.4 Macroalgues vertes (Chlorophytes)	28
2.4.1 <i>Ulva</i> spp. (Ulves, laitues de mer, entéromorphes).....	29
3. Portrait des pratiques de récolte des macroalgues au Canada et ailleurs	33
3.1 Périodes optimales et à éviter pour la récolte durable	39
3.2 Hauteurs de coupe au-dessus du méristème pour une repousse maximale	39
3.3 Arrachage du crampon : toléré ou interdit?	40
3.4 Pourcentage de récolte maximale permis pour un renouvellement efficace de la ressource	40
3.5 Les jachères : un repos pour le rétablissement	41

3.6	Zone tampon : bon pour le recrutement	41
3.7	Suivis scientifiques et approche écosystémique	42
4.	Suggestions de modifications et d'ajouts aux conditions de permis de récolte des macroalgues sauvages au Québec	42
4.1	Modifications et ajouts principaux	43
4.1.1	Arrachage accidentel de crampons toléré	43
4.1.2	Hauteur de coupe des laminaires au-dessus du méristème	43
4.1.3	Période de récolte restreinte	44
4.2	Autres suggestions	45
4.2.1	Conditions de permis de récolte actuelles à conserver	45
4.2.2	Conditions de permis de récolte actuelles à modifier ou à ajouter	45
5.	Conclusion et perspectives	51
6.	Remerciements.....	52
7.	Glossaire.....	52
	Références	55
	Annexes.....	67

Liste des figures

Figure 1. Morphologies types de <i>Saccharina latissima</i> (gauche) et de <i>Ascophyllum nodosum</i> (droite). (Illustration originale de l'auteur principale, S. Roy).....	4
Figure 2. Cycle de reproduction monogénétique dioïque de <i>Fucus vesiculosus</i> . Les gamètes mâles motiles sont libérés par le sporophyte mâle et iront féconder l'oosphère libérée par le gamétophyte femelle dans la colonne d'eau. Le nouveau zygote s'ancrera au substrat pour se développer en nouveau sporophyte. Les réceptacles d'une espèce hermaphrodite (<i>Fucus spiralis</i>) contiennent à la fois des anthéridies (mâle) et des oogonies (femelle), tandis que chez les espèces dioïques (illustrées), un individu est soit mâle, où tous les réceptacles contiennent des anthéridies, soit femelle, où tous les réceptacles contiennent des oogonies (Hatchett et al. 2022). (Illustration originale de l'auteur principale, S. Roy).....	6
Figure 3. Cycle de reproduction en alternance de générations hétéromorphes <i>S. latissima</i> (laminaire sucrée). Les spores motiles mâles et femelles sont libérées par le sporophyte. Les spores s'ancreront au substrat et formeront des gamétophytes microscopiques mâles et femelles. Les gamétophytes mâles libéreront des gamètes mâles qui iront féconder les gamètes femelles. Le zygote ainsi créé pourra se développer en sporophyte. (Illustration originale de l'auteur principale, S. Roy.).....	7
Figure 4. A. <i>A. clathratum</i> accompagnée en majorité de Rhodophytes dans les eaux claires de l'île d'Anticosti (Qc). B. <i>A. clathratum</i> échouée sur une plage de l'île d'Anticosti (Qc).	8
Figure 5. A. <i>A. esculenta</i> accompagnées de <i>Ulva</i> sp. et de <i>S. latissima</i> à Pointe-au-Père (Qc). B. <i>A. esculenta</i> arrachées et en état de dégradation avancé à l'île d'Anticosti (Qc).	10
Figure 6. <i>L. digitata</i> ou <i>H. nigripes</i> de l'île d'Anticosti (Qc). Il est impossible de les distinguer par photo.....	11
Figure 7. Morphologie de <i>L. digitata</i> (A et B) et de <i>H. nigripes</i> (C-E) récoltées à Hansneset, Spitsbergen, Norvège. Échelle = 10 cm. Tiré de Dankworth et al. (2020).....	12
Figure 8. A. <i>S. latissima</i> de l'île d'Anticosti (Qc) avec un couvert de bryozoaires principalement visible sur les stipes. B. <i>S. latissima</i> formant une arche avec une lame trouée et parsemée de petits gastéropodes (points noirs). C. <i>S. latissima</i> dans son morphotype à stipe court accompagné de quelques individus de <i>A. esculenta</i> dont les lames sont sénescents.....	14
Figure 9. A. Banc de <i>S. dermatodea</i> dans les eaux peu profondes de l'île d'Anticosti (Qc). B. Plusieurs individus de <i>S. dermatodea</i> échoués sur une plage de l'île d'Anticosti (Qc).....	15
Figure 10. <i>A. nodosum</i> échouée sur une plage de l'île d'Anticosti (Qc).	16
Figure 11. A. <i>Fucus</i> spp. submergé à marée haute sous sa forme érigée de l'île d'Anticosti (Qc). B. <i>F. vesiculosus</i> échoué sur une plage de l'île d'Anticosti (Qc).	17
Figure 12 A. <i>C. filum</i> échoué à la Pointe aux Anglais, Rimouski (Qc). B. Deux individus de <i>C. filum</i> originant du même petit crampon discoïde, Rimouski (Qc).....	19
Figure 13. A. <i>C. flagelliformis</i> échouée sur une plage de Rimouski, Qc. B. Individu pressé de <i>C. flagelliformis</i> de la collection personnelle de Stéphanie Roy.....	20
Figure 14. Cycle de reproduction triphasique en alternance de générations isomorphes de <i>Chondrus crispus</i> . Les spores non-motiles, ici appelé tétraspoires, sont libérées par le sporophyte, ici appelé tétrasporophyte. Les spores s'ancreront au substrat et formeront des gamétophytes mâles et femelles. Les gamétophytes mâles libéreront leurs gamètes pour féconder le gamétophyte femelle sur le carpogone. Après la fécondation, le carposporophyte se développera sur le gamétophyte femelle où il formera des protubérances. Il pourra libérer les carpospores qui se développeront en nouveaux tétrasporophytes. La lame du gamétophyte mâle est plus étroite et porte des sores près de la zone apicale en forme de bandes rosées ou	

blanches (Tveter-Gallagher et al. 1980). La lame du gamétophyte femelle est plus large et lorsque fertile, porte des tissus reproducteurs distincts formant des amas de cellules allongées près de la zone apicale de la lame (Fredericq et al. 1992). La lame du tétrasporophyte a des extrémités apicales plus larges, comme le gamétophyte femelle. Lorsque fertile, il est couvert de tétrasporanges qui forment des renflements de couleur rouge-orangé sur les surfaces de la lame (Taylor et Chen, 1973). (Illustration originale de l'auteure principale, S. Roy.).....	21
Figure 15. Cycle de reproduction biphasique en alternance de générations hétéromorphes de <i>Porphyra</i> spp. Les spores non-motiles, ici appelés conchospores sont libérées par le sporophyte microscopique, ou conchocelis, qui est chez <i>Porphyra</i> sp. incrusté dans une coquille de mollusque. Les spores s'ancreront au substrat et formeront des gamétophytes mâles et femelles. Les gamétophytes mâles libèreront leurs gamètes pour féconder les gamètes femelles sur le gamétophyte femelle. Le zygote sera libéré pour former un nouveau sporophyte microscopique. Le gamétophyte peut aussi produire des neutrospores qui formeront de nouveaux gamétophytes, et ce, sans passer par le stade de conchocelis (Illustration originale de l'auteure principale, S. Roy).	22
Figure 16. <i>C. crispus</i> récoltée à l'île d'Anticosti (Qc).....	23
Figure 17. A. <i>P. palmata</i> échouée et accrochée sur le stipe de <i>S. latissima</i> (Rimouski, Qc). B. Spécimen pressé de <i>P. palmata</i> de la collection personnelle de Romy Léger-Daigle.....	25
Figure 18. A. Individu de <i>D. ramentacea</i> de l'Anse à Capelan, St-Fabien-sur-Mer (Qc). B. Spécimen pressé de <i>D. ramentacea</i> de la collection personnelle de Romy Léger-Daigle	26
Figure 19. A. <i>Porphyra</i> sp. délogée et échouée à marée basse (St-Fabien-sur-Mer, Qc). B. Spécimen pressé de <i>Porphyra</i> sp. de la collection personnelle de Romy Léger-Daigle.....	27
Figure 20. Cycle de reproduction biphasique à alternance de générations isomorphes de <i>Ulva</i> spp. Les spores motiles à quatre flagelles sont libérées par le sporophyte. Les spores s'ancreront au substrat et formeront des gamétophytes mâles et femelles. Les gamètes à deux flagelles mâles et femelles seront libérés et la fécondation aura lieu dans la colonne d'eau. Après la fécondation, le zygote s'ancrera au substrat et se développera en sporophyte (Mantri et al. 2020). (Illustration originale de l'auteure principale, S. Roy.)	28
Figure 21. A. <i>Ulva</i> sp. et <i>S. latissima</i> dans les eaux peu profondes de Pointe-au-Père (Qc). B. <i>Ulva</i> sp. exposées à marée basse à l'île d'Anticosti (Qc). C. Spécimen pressé d' <i>Ulva</i> sp. de la collection personnelle de Romy Léger-Daigle.	30

Liste des tableaux

Tableau 1. Caractéristiques biologiques principales des macroalgues sauvages d'intérêt commercial au Québec. n.d. : information non disponible, qqs : quelques	31
Tableau 2. Sommaire des pratiques actuelles de récolte de macroalgues sauvages dans quatre pays de l'Atlantique Nord. Les pratiques sont divisées selon une application à l'individu récolté ou au site de récolte. Ce tableau présente certaines entités géographiques qui ont été déterminées selon l'information disponible, d'autres sont présentées dans l'Annexe 2. Ac : <i>Agarum clathratum</i> , Ae : <i>Alaria esculenta</i> , An : <i>Ascophyllum nodosum</i> , Cc : <i>Chondrus crispus</i> , Cf : <i>Chorda filum</i> , Cfla : <i>Chordaria flagelliformis</i> , Dr : <i>Devaleraea ramentacea</i> , Fspp : <i>Fucus</i> spp., Ld : <i>Laminaria digitata</i> , Pp : <i>Palmaria palmata</i> , Pspp : <i>Porphyra</i> spp., Sl : <i>Saccharina latissima</i> , Uspp : <i>Ulva</i> spp., n.d. : information non disponible.	34
Tableau 3. Sommaire des suggestions de modifications ou d'ajouts de pratiques de récolte des macroalgues d'intérêt commercial au Québec. Les pratiques sont classées selon qu'elles s'appliquent à l'individu récolté ou au site de récolte. Les périodes de croissance et de reproduction peuvent varier selon le secteur. n.a. : non applicable.	48

Résumé

Roy, S., Roy, V., Smith, A. et Belley, R. 2025. Revue de la biologie et des pratiques de récolte des macroalgues de l'Atlantique Nord : suggestions de modifications et d'ajouts pour le Québec. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3705 : ix + 72 p.

<https://doi.org/10.60825/cy3c-1q11>

Les macroalgues jouent un rôle essentiel dans les écosystèmes marins, en plus d'être de plus en plus recherchées comme ressource première notamment dans les secteurs de la pharmaceutique et de l'alimentation. Dans le but de réaliser une récolte durable et rentable, il est recommandé d'adapter les pratiques et les conditions de permis de récolte de macroalgues selon les plus récentes données scientifiques en lien avec la biologie et l'habitat des espèces. Cette revue de littérature recense d'abord l'état actuel des connaissances de la biologie et de l'écologie de quinze espèces de macroalgues brunes, rouges et vertes. De plus, la revue dresse un portrait des pratiques de récolte des principales espèces dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent et les comparent à celles d'autres régions de l'Atlantique Nord. Finalement, des suggestions de mises à jour des pratiques générales et spécifiques de récolte durables sont présentées pour le Québec. D'une part, un taux d'arrachage accidentel des crampons, auparavant interdit, pourrait être toléré à un maximum de 10 % de la biomasse totale récoltée par espèce. D'autre part, pour favoriser une repousse rapide des macroalgues suivant la récolte, il est suggéré de couper au-dessus de la zone de croissance active des tissus, c'est-à-dire au-dessus du méristème, ou d'en laisser une partie. Enfin, il faudrait optimalement privilégier une récolte pendant la période de croissance des macroalgues et éviter la récolte pendant la période de reproduction. D'autres pratiques faciles d'application pourraient être mises en place rapidement comme la mise en jachère et les suivis scientifiques. En effet, bien que ces recommandations soient basées sur la littérature existante, elles devraient être validées par des suivis et des expériences sur le terrain puisque les écosystèmes de macroalgues du Québec sont soumis à une forte saisonnalité influençant leur cycle de vie. La mise en place de suivis scientifiques réguliers ainsi qu'une approche écosystémique de la gestion des forêts de macroalgues seraient à privilégier pour une gestion durable de la ressource au Québec. Ce document ne constitue pas une nouvelle réglementation, mais bien un document de référence scientifique qui pourra être utilisé par les décideurs pour modifier au besoin les conditions de permis de récolte actuelles.

Abstract

Roy, S., Roy, V., Smith, A. et Belley, R. 2025. Revue de la biologie et des pratiques de récolte des macroalgues de l'Atlantique Nord : suggestions de modifications et d'ajouts pour le Québec. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3705 : ix + 72 p.

<https://doi.org/10.60825/cy3c-1q11>

Seaweeds play an essential role in marine ecosystems in addition to being increasingly sought after as a primary resource, particularly in the pharmaceutical and food sectors. In order to have a sustainable and profitable harvest, it is necessary to adapt harvesting practices and regulations to the latest scientific studies linked with the species habitat and biology. This literature review therefore summarizes the current state of knowledge on the biology and ecology of fifteen species of brown, red, and green seaweeds. It also aims to review the harvesting practices of the main seaweeds harvested in the Estuary and Northern Gulf of St. Lawrence and to compare them to those from other administrative regions within the North Atlantic. Finally, modification and additions to the general and specific harvesting practices are presented for Quebec. An accidental holdfast uprooting rate, previously prohibited, could be tolerated up to a maximum of 10% of the total biomass harvested per species. To promote rapid regrowth following harvest, it is suggested to always cut above the active growth area of the tissues, that is, above the meristem. Optimally, harvesting should occur during the seaweed growth period and be avoided during the reproduction period. Other easily applicable practices could be implemented, such as fallow period and scientific monitoring. Although these recommendations are based on the available literature, they should be validated through monitoring and field experimentation since the macroalgae ecosystems in the Quebec region are subject to strong seasonality influencing their life cycle. Regular scientific monitoring and an ecosystem approach to the management of seaweed forests should be prioritized for sustainable resource management in Quebec. This document does not constitute new regulation but rather is a scientific reference document that can be used by decision-makers to modify current harvesting conditions as needed.

1. INTRODUCTION

Les écosystèmes de macroalgues fournissent de multiples services écosystémiques. Entre autres, les macroalgues sont des espèces ingénieuses (Jones et al. 1994) qui servent de pouponnière, de site d'alimentation et de reproduction à plusieurs espèces d'importance commerciale au stade adulte et juvénile comme le homard et plusieurs espèces de poissons tels que le hareng et le capelan (Steneck et al. 2002; Dutil et al. 2006; Seeley et Schlesinger 2012; Cotas et al. 2023; Eger et al. 2023). De plus, les macroalgues offrent une protection côtière en atténuant l'effet des vagues et créent un environnement local favorable à l'augmentation du pH. Ceci facilite la calcification des organismes calcaires (Noisette et Hurd 2018; Pfister et al. 2019), ce qui est particulièrement important dans un contexte de changements climatiques.

Les macroalgues sont de plus en plus utilisées comme matière première, entre autres dans les secteurs alimentaires et pharmaceutiques (p. ex. alginates, carraghénanes; Buschmann et al. 2017). En effet, l'intérêt commercial pour les macroalgues est en expansion depuis le début des années 2000, avec une récolte de macroalgues sauvages de 1,3 millions de tonnes et une production mondiale atteignant 37,8 millions de tonnes en 2022 (FAO 2024). Les récoltes canadiennes de macroalgues de façon industrielle ont commencé vers la fin des années 1950 et proviennent principalement des provinces maritimes (Nouvelle-Écosse et Nouveau-Brunswick; MPO 1998; MPO 2013).

L'exploitation industrielle des macroalgues au Québec est encore à ses débuts. Le centre de recherche Merinov (Gaspé, Qc, Canada) souligne toutefois le potentiel d'utilisation des macroalgues, dont la biomasse sauvage s'élève à plusieurs centaines de tonnes, et ce, sans même considérer l'entièreté du littoral québécois (Lionard et al. 2014). À ce jour, l'exploitation des macroalgues reste limitée à quelques sites au Bas-Saint-Laurent, en Gaspésie et sur la Côte-Nord, principalement en raison du manque de connaissances des marchés et des modes de transformation, du manque de connaissances scientifiques disponibles sur les macroalgues ainsi que du manque d'intérêt des organismes de développement régional. La ressource est donc bien disponible, mais n'est pas exploitée à son plein potentiel.

Au Canada, les écosystèmes de macroalgues sont à ce titre considérées comme faisant partie de l'habitat du poisson et doivent donc être préservées sous la *Loi sur les pêches* (Justice Canada 2024). Contrairement aux provinces Maritimes qui pratiquent des inventaires et des suivis des écosystèmes de macroalgues depuis les années 80 (Chapman 1984; Scrosati et Mudge 2004; Garbary et al. 2012; Lukeman et al. 2012; Vandermeulen 2013), le manque de données sur les stocks québécois justifie l'approche précautionneuse appliquée à la récolte de macroalgues qui vise, avant tout, à assurer la pérennité de la ressource. En effet, la distribution des écosystèmes de macroalgues, la diversité des espèces et la quantité disponible pour la récolte au Québec sont largement méconnues. Encore à ce jour, la plupart des recensements de macroalgues marines au Québec sont incomplets et remontent à plus de trente ans (South et Cardinal 1970; Cardinal 1990; Lionard et al. 2014). Certaines études ont été réalisées dans les dernières années pour caractériser les écosystèmes de macroalgues dans l'estuaire, le nord du golfe du Saint-Laurent (EnGSL), et la Baie des Chaleurs (Béland 2012; Roy et al. 2023; Grégoire et al. 2024; Provencher-Nolet et al. 2024). Par contre, les données acquises restent géographiquement limitées et insuffisantes pour certaines espèces d'intérêt commercial. De

plus, le suivi des populations de macroalgues dans les zones de récolte n'est pas obligatoire actuellement, ce qui empêche de savoir comment les stocks de macroalgues répondent à la récolte commerciale. Ceci entrave donc la mise en place d'un plan de gestion qui reflète à la fois la capacité de renouvellement des écosystèmes de macroalgues sauvages, et la mise en place de pratiques de récolte accessibles, rentables, durables et en phase avec le développement de l'économie bleue québécoise (Bourgault-Faucher 2020; Bernic et al. 2022; Webber et al. 2023; Cotas et al. 2023). Les conditions de permis de récolte de macroalgues actuellement en place au Québec pourraient tout de même bénéficier d'être revues et adaptées, en tenant compte à la fois de la biologie des macroalgues et de la réalité de la récolte sur le terrain.

La présente revue de littérature constitue le principal livrable d'un projet scientifique du MPO-région du Québec visant à évaluer les conditions de permis de récolte des macroalgues au Québec ([Annexe 1](#)). Elle rassemble les informations scientifiques à jour et disponibles sur la biologie et le cycle de vie des espèces visées, ainsi que les pratiques de récolte dans d'autres régions de l'Atlantique Nord pourvues d'espèces similaires à celles de l'EnGSL. Des suggestions de modifications et d'ajouts de pratiques de récolte sont également émises dans le but de garantir la disponibilité des macroalgues pour les générations futures, mais aussi afin de maintenir un niveau d'exploitation qui génère des revenus économiques.

Il est important de noter que ce document n'est pas une nouvelle réglementation, mais bien un document de référence scientifique à jour qui présente un éventail de possibilités pouvant être appliquées par les décideurs lors d'une éventuelle mise à jour des conditions de permis de récolte. Les suggestions de modifications et d'ajouts de pratiques de récolte présentées ne devraient pas toutes être mises en place. Au contraire, certaines de ces suggestions pourraient être appliquées tandis que d'autres pourraient être laissées de côté, dépendamment de la biologie de l'espèce et des particularités environnementales. En effet, des particularités régionales et locales pourraient nécessiter des pratiques de récolte spécifiques ainsi que des essais sur le terrain pour les tester au préalable. Ces particularités devraient être discutées entre les récolteurs et les décideurs lors d'une éventuelle mise à jour des conditions de permis de récolte.

2. ÉTAT ACTUEL DES CONNAISSANCES DE LA BIOLOGIE ET DE L'ÉCOLOGIE DES MACROALGUES À INTÉRÊT COMMERCIAL

2.1 LES MACROALGUES

Les macroalgues sont des producteurs primaires marins majoritairement présents dans les eaux peu profondes des zones polaires à tempérées où les eaux froides et riches en nutriments permettent l'établissement d'une densité et d'une biomasse importante (Jayatilake et Costello 2020). Elles nécessitent généralement un substrat solide pour s'établir. C'est la raison pour laquelle elles sont le plus souvent rencontrées sur des fonds rocheux, bien qu'elles puissent aussi s'ancrer sur d'autres substrats tels que de petites roches, des coquillages ou des supports vivants comme d'autres macroalgues et la zostère marine (*Zostera marina*). Elles ne comportent pas de système vasculaire, ni de racines, et ne produisent pas de fleurs. Elles constituent donc un groupe distinct des plantes marines comme la zostère marine et la spartine alterniflore (*Sporobolus alterniflorus*; Graham et al. 2016). Les plantes marines et les

macroalgues peuvent être regroupées sous le terme macrophytes (Chabot et Rossignol 2003). Les macroalgues sont réparties en trois principales classes: les Phéophycées (macroalgues brunes), les Rhodophytes (macroalgues rouges) et les Chlorophytes (macroalgues vertes). Elles sont classées selon leur couleur dominante, indicatrice des pigments accessoires présents dans les tissus photosynthétiques. Ces groupes se distinguent par ailleurs par leurs structures, habitats et cycles de reproduction (Graham et al. 2016).

La distribution des macroalgues peut être assez variable selon les années en fonction de facteurs abiotiques (l'environnement) et biotiques (autres espèces). Effectivement, les tempêtes, vagues, courants et l'abrasion par la glace peuvent arracher des quantités importantes de macroalgues et dicter la recolonisation de la roche nue en favorisant des espèces opportunistes et annuelles (Keats et al. 1985). De plus, les herbivores, comme l'oursin vert (*Strongylocentrotus droebachiensis*), lorsqu'en densité assez élevée, peuvent réduire les écosystèmes de macroalgues à la roche nue, créant des déserts sous-marins (*urchin barren*; Scheibling et al. 1999). D'autres herbivores, comme certains gastéropodes (p. ex. *Lacuna vincta*), peuvent quant à eux grandement endommager les lames des macroalgues favorisant ainsi l'arrachement naturel par les vagues et les courants (Johnson et Mann 1988; Krumhansl et Scheibling 2011). Les macroalgues peuvent servir de support à plusieurs espèces, certaines pouvant s'avérer nuisibles comme le bryzoaire membranipore (*Membranipora membranacea*). En effet, les lames couvertes de cette espèce envahissante deviennent moins souples et plus lourdes et peuvent être arrachées plus facilement (Krumhansl et al. 2011). Cette colonisation peut aussi nuire à la capacité photosynthétique des macroalgues et leur potentiel de reproduction, et ce, surtout pendant l'été où les eaux sont suffisamment chaudes pour le développement du membranipore (Saier et Chapman 2004; Scheibling et Gagnon 2009; Krumhansl et al. 2011).

Le réchauffement des eaux cause également un changement dans l'aire de répartition des macroalgues, avec un déplacement des espèces vers le nord, et une contraction au sud. Ce changement de distribution est particulièrement critique pour les espèces situées à la limite de leur tolérance thermique (Khan et al. 2018; Wilson et al. 2019). Les changements climatiques apportent une multitude de facteurs de stress aux espèces indigènes (p. ex. acidification, augmentation de la température, augmentation de la fréquence des tempêtes), en plus de potentiellement modifier la réponse de certains organismes associés (p. ex. épisodes d'herbivorie; Harley et al. 2012). Puisque les effets cumulatifs de ces facteurs de stress n'ont généralement pas été étudiés, il est difficile de prédire la nature et l'intensité des principaux changements à venir dans les écosystèmes de macroalgues (Harley et al. 2012).

Les macroalgues pérennes peuvent vivre plusieurs années tandis que les macroalgues annuelles ont une espérance de vie beaucoup plus courte d'environ un an. Celles-ci sont souvent considérées comme des algues opportunistes, pouvant coloniser plus rapidement les milieux perturbés (Keats 1991; Chabot et Rossignol 2003; Stagnol et al. 2013). La morphologie des macroalgues est assez simple, avec trois composantes principales : la lame, aussi appelée fronde ou thalle, le stipe, et le crampon, aussi appelé pied ou disque ([Figure 1](#); Teagle et al. 2017). La lame représente le corps de la macroalgue et le principal siège de la photosynthèse. Le stipe est une structure qui sert à supporter la lame. Chez certaines espèces, le stipe est réduit ou absent, tandis que chez d'autres, il est très long et sert à absorber le choc des vagues et à rapprocher la lame de la surface. Le crampon est la structure d'ancrage de la macroalgue lui permettant de rester accrochée sur son substrat. Le méristème est l'endroit où les nouveaux

tissus sont produits (division cellulaire). Son emplacement varie grandement d'une espèce à l'autre. Il peut être situé soit à quelques centimètres au-dessus de la jonction entre la lame et le stipe, dans le crampon, aux extrémités apicales de la lame, en zone basale de la lame, bien qu'il y ait plusieurs variations et combinaisons possibles ([Figure 1](#), [section 2](#); Belsher et al. 1986; Graham et al. 2016).

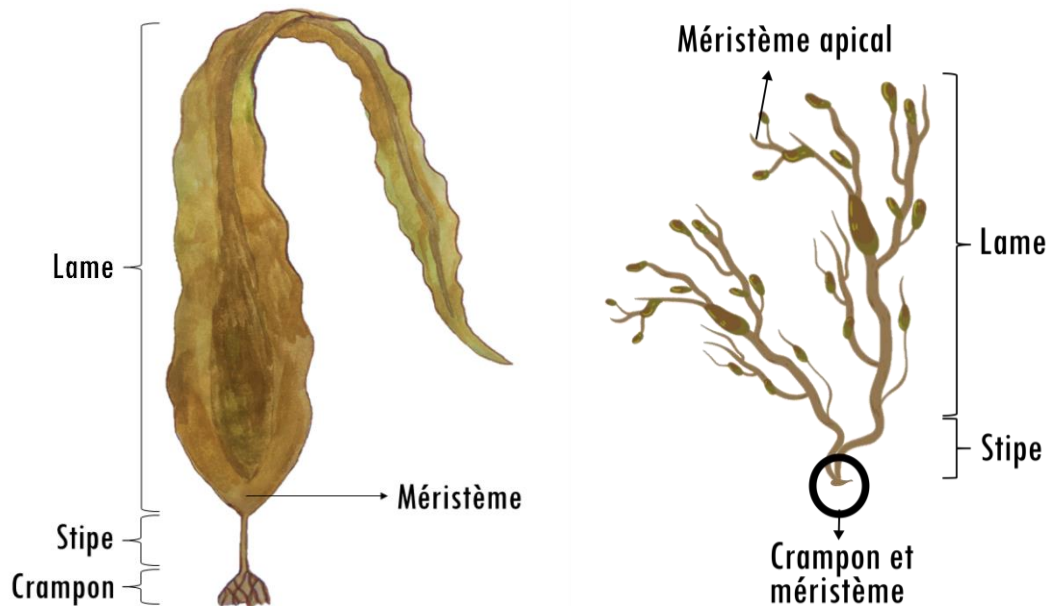


Figure 1. Morphologies types de *Saccharina latissima* (gauche) et de *Ascophyllum nodosum* (droite). (Illustration originale de l'auteure principale, S. Roy)

Les macroalgues peuvent se reproduire de façon asexuée et/ou sexuée. En effet, certaines espèces de macroalgues se reproduisent uniquement de manière asexuée, mais beaucoup se reproduisent de façon sexuée et asexuée (Graham et al. 2016).

La reproduction asexuée est essentiellement un processus qui permet à une algue de se reproduire sans la nécessité d'une fécondation, et qui produit des algues génétiquement identiques à l'algue parentale (Graham et al. 2016). Cela peut se faire, par exemple, par reproduction végétative (p. ex. fragmentation, formation de propagules), par formation de spores asexuées ou par mitose (Baud 2023).

La reproduction sexuée en revanche est un peu plus complexe et implique la production de gamètes (par méiose), la fusion de deux cellules sexuelles haploïdes (fécondation) pour former un zygote, puis une nouvelle algue (Graham et al. 2016). Chaque gamète (haploïde, n) apporte la moitié du matériel génétique nécessaire, qui se combine pour créer une algue diploïde ($2n$) avec un ensemble unique de gènes. La reproduction sexuée peut se produire par fécondation externe, lorsque les gamètes sont libérés dans l'eau, ou par fécondation interne, lorsque la fusion des gamètes a lieu au sein des tissus de l'algue (Graham et al. 2016). La reproduction sexuée favorise la diversité génétique, ce qui peut aider les algues à s'adapter à de nouvelles conditions environnementales (Graham et al. 2016). Dans certains cycles de vie, les phases gamétophytiques (gamétophyte) engendrent des phases sporophytiques (sporophyte). Ces phases peuvent être morphologiquement similaires, un phénomène appelé alternance de générations isomorphes où les deux générations se présentent sous forme macroscopique

identique. Dans d'autres cas, les générations sont hétéromorphes, alternant entre un gamétophyte et un sporophyte morphologiquement différent pouvant être microscopique ou macroscopique. Les stades de vie microscopiques sont souvent de nature pérenne et procurent ainsi aux espèces une banque de semences qui peuvent être relâchées lorsque les conditions environnementales sont favorables, ce qui s'avère avantageux après une récolte ou toute autre perturbation (Schiel et Foster 2006). Différents cycles de reproduction sont illustrés dans les [sections 2.2](#), [2.3](#) et [2.4](#). Pour plus d'information sur les cycles de reproduction des espèces qui n'ont pas été représentés dans ces sections, consultez le document intitulé « [Récolte des algues de rive en Bretagne – Édition Décembre 2022](#) » qui comportent les cycles de vie de la plupart des espèces présentes au Québec. Un [glossaire](#) est également présent à la fin du document.

2.2 MACROALGUES BRUNES (PHÉOPHYCÉES)

La productivité élevée et la pérennité de la plupart des macroalgues brunes leur permettent de former de vastes forêts sous-marines et font d'elles des espèces dominantes en biomasse dans les zones médiolittorale et infralittorale (Graham et al. 2016). Leur couleur brune est due à la présence dominante de fucoxanthine, un pigment qui leur permet d'absorber la lumière à des profondeurs plus grandes. Elles sont parfois munies de vésicules remplies de gaz, aussi appelées pneumatocystes ou vésicules aérifères. Elles peuvent également posséder du gaz dans leur stipe ou leur lame, leur permettant de maintenir une position verticale dans la colonne d'eau. Les macroalgues brunes produisent des composés phénoliques avec des concentrations variables selon l'espèce, qui sont destinés à repousser les herbivores en réduisant leur comestibilité (Steinberg 1984; Graham et al. 2016). Les macroalgues brunes produisent également une variété de polysaccharides d'intérêt commercial comme les alginates et les fucoïdanes (Bernic et al. 2022).

À l'exception des Fucales qui présentent un cycle de reproduction monogénétique dioïque ([Figure 2](#)), les macroalgues brunes présentent généralement une alternance des générations hétéromorphes ([Figure 3](#); Graham et al. 2016).

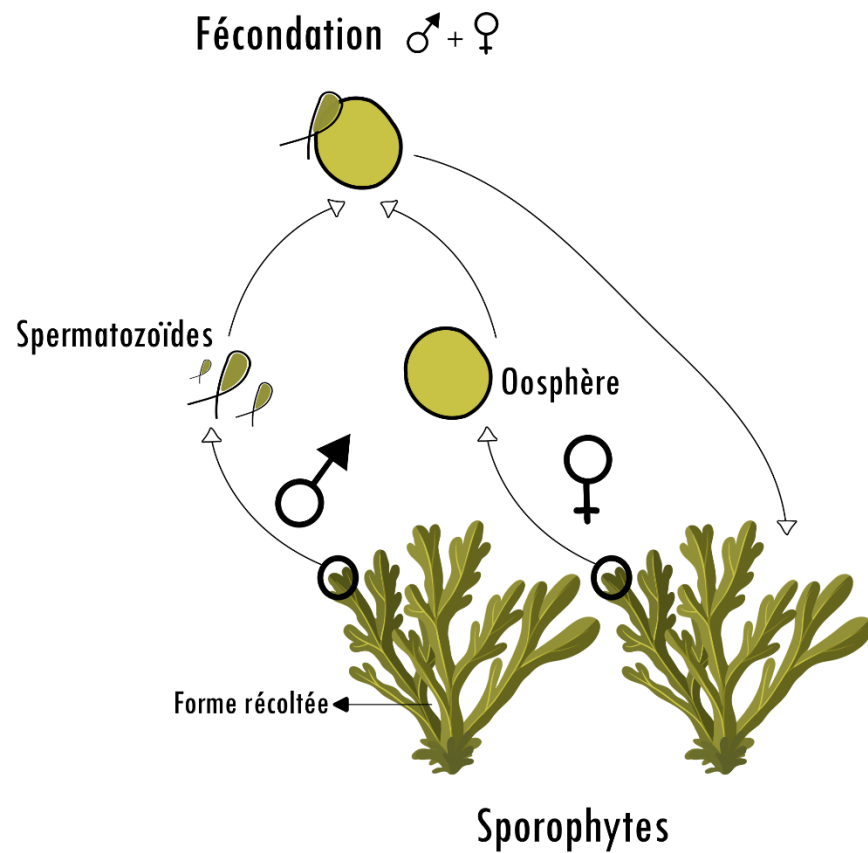


Figure 2. Cycle de reproduction monogénétique dioïque de *Fucus vesiculosus*. Les gamètes mâles motiles sont libérés par le sporophyte mâle et iront féconder l'oosphère libérée par le gamétophyte femelle dans la colonne d'eau. Le nouveau zygote s'ancrera au substrat pour se développer en nouveau sporophyte. Les réceptacles d'une espèce hermaphrodite (*Fucus spiralis*) contiennent à la fois des anthéridies (mâle) et des oogonies (femelle), tandis que chez les espèces dioïques (illustrées), un individu est soit mâle, où tous les réceptacles contiennent des anthéridies, soit femelle, où tous les réceptacles contiennent des oogonies (Hatchett et al. 2022). (Illustration originale de l'auteure principale, S. Roy).

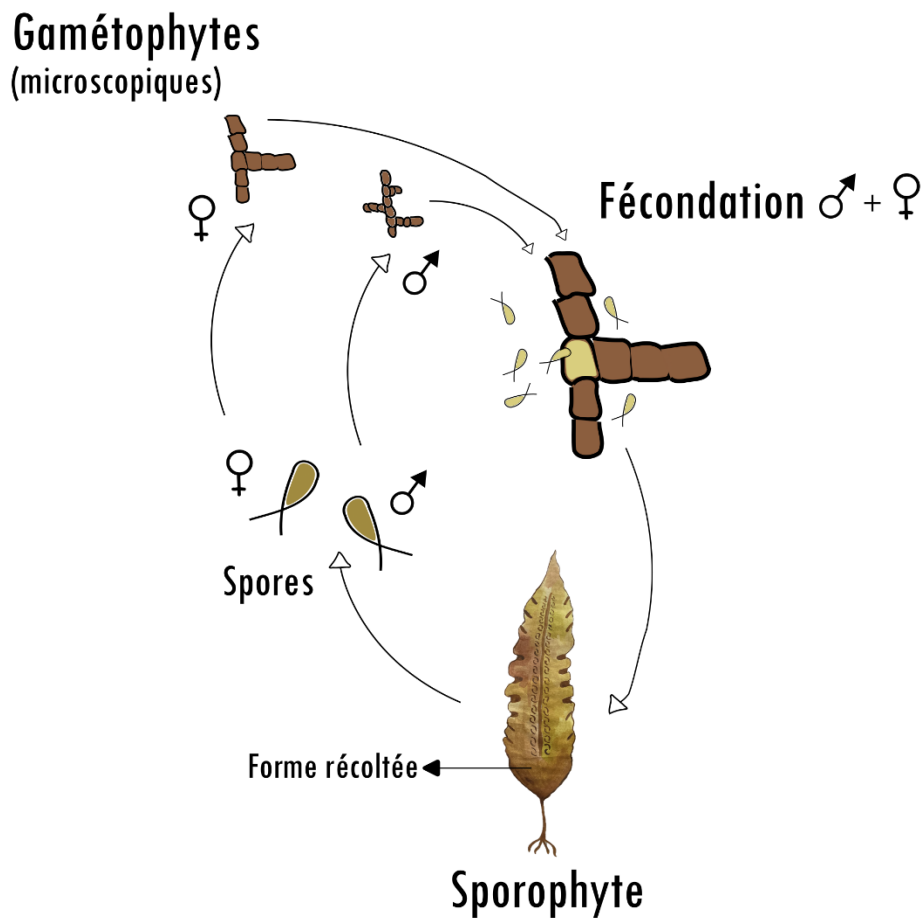


Figure 3. Cycle de reproduction en alternance de générations hétéromorphes *S. latissima* (laminaire sucrée). Les spores motiles mâles et femelles sont libérées par le sporophyte. Les spores s'ancreront au substrat et formeront des gamétophytes microscopiques mâles et femelles. Les gamétophytes mâles libéreront des gamètes mâles qui iront féconder les gamètes femelles. Le zygote ainsi créé pourra se développer en sporophyte. (Illustration originale de l'auteure principale, S. Roy.).

Dix macroalgues brunes d'intérêt commercial, regroupées par ordre phylogénétique (Laminariales, Tilopteridales, Fucales, Chordales et Ectocarpales), sont présentées plus en détails. Les informations ci-dessous sont importantes à garder en tête pour adapter des conditions de permis de récolte pour chaque espèce.

2.2.1 *Agarum clathratum* (Agar criblé)

DESCRIPTION : Algue brune de l'ordre des Laminariales et de la famille des Agaracées, elle est identifiable par sa lame trouée, son épaisse nervure centrale et son gros crampon ([Figure 4](#); Gagnon et al. 2005). Son stipe est relativement court, entre 2 et 5 cm, et cette espèce peut atteindre une taille de 60 cm (Chabot et Rossignol 2003). **HABITAT** : *A. clathratum* est présente dans l'EnGSL, et est régulièrement observée de manière dominante en Minganie et au sud de Cap Gaspé (Grégoire et al. 2024). Elle est souvent trouvée de façon éparse ou en petits agrégats, bien qu'elle puisse également former des regroupements plus extensifs, par exemple sous des bancs de *Alaria esculenta* (alarie succulente; Gagnon et al. 2005; Adey et Hayek 2011; Roy et al. 2023). *A. clathratum* partage son habitat avec l'oursin vert dans la limite inférieure de la zone infralittorale des champs de macroalgues. Elle est peu consommée par les oursins (Hurd et al. 2014), puisque cette espèce produit des composés chimiques qui la rendent peu comestible pour les herbivores. *A. clathratum* nécessiterait la présence d'oursins pour supprimer ces compétiteurs et ainsi pouvoir s'établir, étant elle-même une piètre compétitrice comparativement à d'autres espèces de laminaires (Gagnon et al. 2005). **REPRODUCTION** : *A. clathratum* a un cycle de vie à alternance de générations hétéromorphes ([Figure 3](#)). Le sore a une couleur brun pâle et est situé au centre de la lame. Cette espèce se reproduit au cours de l'automne et de l'hiver, le recrutement a donc lieu de la mi-automne jusqu'à la fin du printemps (Gagnon et al. 2005; Adey et Hayek 2011). **CROISSANCE** : *A. clathratum* est une algue pérenne avec un méristème situé à quelques centimètres au-dessus de la jonction entre le stipe et la lame. Cette espèce présente un taux de croissance élevée vers la fin de l'automne, en hiver et au début du printemps, soit lorsque les températures sont plus basses (Mann 1972; Vadas 1968). Par ailleurs, *A. clathratum* est aussi une espèce qui tolère mieux les hausses de température contrairement à d'autres espèces de laminaires comme *S. latissima* et *Laminaria digitata* (Simonson et al. 2015).

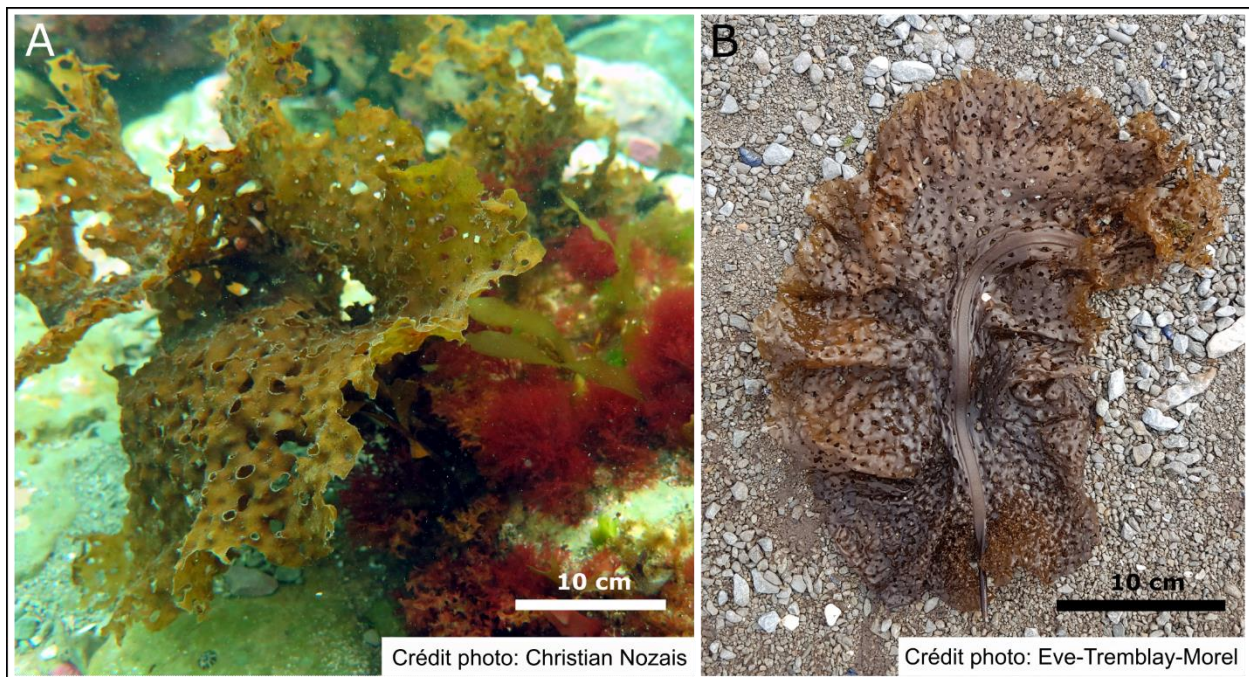


Figure 4. A. *A. clathratum* accompagnée en majorité de Rhodophytes dans les eaux claires de l'île d'Anticosti (Qc). B. *A. clathratum* échouée sur une plage de l'île d'Anticosti (Qc).

2.2.2 *Alaria esculenta* (Alarie succulente, wakamé atlantique)

DESCRIPTION : Algue brune de l'ordre des Laminariales et de la famille des Alariacées, *A. esculenta* est identifiable par son stipe court et plat qui se poursuit en nervure centrale qui traverse une lame mince et ondulée ([Figure 5](#)). Sous la lame se trouvent les structures reproductrices appelées sporophylles qui produiront les spores (MPO, 1999). *A. esculenta* atteint une longueur moyenne de 1 à 2 m dans l'EnGSL, mais peut atteindre une taille maximale de 5 m (Côté-Laurin et al. 2016; MPO, 1999). **HABITAT :** *A. esculenta* est souvent retrouvée en bancs monospécifiques et en association avec *L. digitata*, *S. latissima* et *Saccorhiza dermatodea*. Elle est dominante notamment en Minganie, à quelques endroits dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent et au nord de la Gaspésie (Gagnon et al. 2004; Grégoire et al. 2024). Elle n'a pas ou peu été observée dans la Baie des Chaleurs, probablement en raison de températures plus élevées que son seuil de tolérance thermique maximal (Côté-Laurin et al. 2016; Grégoire et al. 2024). Cette macroalgue s'établit près de la limite inférieure de la zone médiolittorale et dans la zone infralittorale et, parfois dans les cuvettes, le plus souvent en milieu exposé aux vagues (MPO 1999a). **REPRODUCTION :** *A. esculenta* a un cycle de reproduction à alternance de générations hétéromorphes ([Figure 3](#)) et elle atteint sa maturité sexuelle entre 8 et 14 mois (Birkett et al. 1998; Wilding et al. 2021). Elle se reproduit principalement au printemps et au début de l'été, par contre sa reproduction peut être retardée à l'automne dans certaines régions (Côte-Nord; Tamigneaux et al. 2022). Puisque les sporophylles sont situées à proximité du fond, la distance de dispersion des spores est assez limitée (~ 10 m; Kraan 2020), bien que cette distance puisse s'allonger lorsque des individus en reproduction sont arrachés et dérivent. **CROISSANCE :** *A. esculenta* est une espèce pérenne (5 à 10 ans) colonisatrice qui croît rapidement, surtout au printemps et au début de l'été (Buggeln 1977; Keats et al. 1985; MPO 1999a; Chabot et Rossignol 2003). Elle a une température optimale de croissance située entre 0 et 10°C et tolère mal des températures qui se situent au-dessus de 16 °C (MPO 1999a; Fredersdorf et al. 2009; Kraan 2020). Cependant, il est possible que le crampon, le stipe et les sporophylles survivent à des températures supérieures à 16 °C, et se régénèrent pour produire des sores fertiles (Kraan 2020). Le méristème de *A. esculenta* se trouve au-dessus de la jonction entre le stipe et la lame (Kraan 2020). Vers la fin de l'été, les tissus minces de chaque côté de la nervure s'érodent, ne laissant que la nervure centrale (Roy et al. 2023). Ces lames réduites ont été observées à Anticosti et en Gaspésie, mais semblent rester intactes plus longtemps au Bas-Saint-Laurent et sur la Côte-Nord (Tamigneaux et al. 2022).

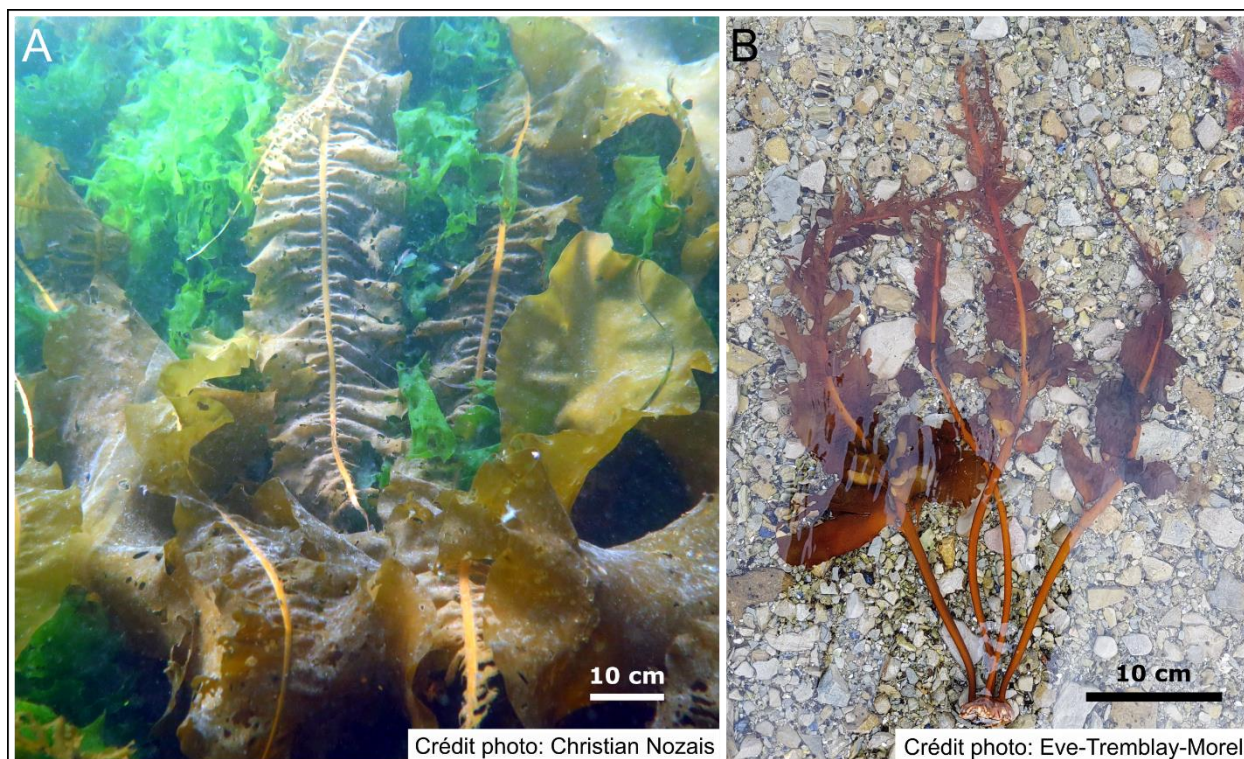


Figure 5. A. *A. esculenta* accompagnées de *Ulva* sp. et de *S. latissima* à Pointe-au-Père (Qc). B. *A. esculenta* arrachées et en état de dégradation avancé à l'île d'Anticosti (Qc).

2.2.3 *Laminaria digitata* (Laminaire digitée)

DESCRIPTION : Algue brune de l'ordre des Laminariales et de la famille des Laminariacées, elle est identifiable par son crampon robuste et son stipe court. Sa lame est épaisse, foncée et large à la base et se divise en plusieurs lanières, dont le nombre augmente avec le niveau d'exposition aux vagues (Figure 6; Belsher et al. 1986; MPO 1999b; Hill 2008a). *L. digitata* possède généralement une lame plus courte (0,5 m à 1,5 m) que celles des autres espèces de laminaires. Elle peut facilement être confondue avec la laminaire *Hedophyllum nigripes*, qui est morphologiquement très similaire (Dankworth et al. 2020). La principale différence est l'absence de canaux de mucilage sur le stipe de *L. digitata* (Longtin et Saunders 2015). **HABITAT :** *L. digitata* tolère les eaux subarctiques plus froides, mais n'a pas été identifiée dans l'arctique canadien, comme *H. nigripes* (Neiva et al. 2020). La distribution géographique des deux espèces dans l'Atlantique du nord-ouest se chevauchent, mais *L. digitata* serait davantage présente au sud (p. ex. dans les provinces maritimes) alors que *H. nigripes* serait plus au nord (p. ex. en Arctique). *L. digitata* est définie comme une espèce de zone tempérée froide, mais elle est la laminaire la moins abondante dans l'EnGSL (Grégoire et al. 2024). Rarement observée en bancs monospécifiques (Grégoire et al. 2024), *L. digitata* est retrouvée sur des sites à exposition aux vagues moyennes à élevées, souvent associées avec des bancs de *A. esculenta*, ou moins souvent, de *S. latissima* (MPO 1999a). Dans les zones soumises à l'abrasion des glaces, *L. digitata* se fait souvent supplanter par *A. esculenta* (MPO 1999b). Son aire de répartition à sa limite sud pourrait être réduite dans les prochaines années, en lien avec les changements climatiques, et s'étendre plus vers le nord (Wilson et al. 2019; Neiva et al. 2020). **REPRODUCTION :** *L. digitata* a un cycle de reproduction à alternance de générations

hétéromorphes ([Figure 3](#); Belsher et al. 1986). Elle atteint la maturité entre 18 et 20 mois après son recrutement (Belsher et al. 1986). Les sores forment des taches brun foncé et sont présents sur les lanières de la lame (Belsher et al. 1986). La production de spores est optimale entre 5 et 10 °C et leur dispersion est présumée limitée (< 10 m) dû à la courte durée de vie des spores (< 72 h), sauf dans l'éventualité où un individu en reproduction est arraché et transporté, ce qui peut considérablement augmenter la distance de dispersion (Billot et al. 2003). La reproduction dans l'Atlantique Nord se fait au printemps et au début de l'été (MPO 1999b; Jasper 2015). **CROISSANCE** : *L. digitata* est une algue pérenne (3 à 5 ans). Cette espèce a un bon taux de croissance dans les eaux à moins de 15°C, donc elle croit bien au printemps et au début de l'été (MPO 1999b; Franke et al. 2021). Son méristème se trouve à quelques centimètres au-dessus de la jonction entre la lame et le stipe.



Figure 6. *L. digitata* ou *H. nigripes* de l'île d'Anticosti (Qc). Il est impossible de les distinguer par photo.

2.2.4 *Hedophyllum nigripes*

DESCRIPTION : Algue brune de l'ordre des Laminariales et de la famille des Laminariacées, elle est souvent confondue avec *L. digitata*, ces deux espèces ayant une morphologie similaire (Dankworth et al. 2020). Des analyses génétiques récentes révèlent que les deux espèces sont présentes dans l'EnGSL (Neiva et al. 2020). Contrairement à *L. digitata*, *H. nigripes* présente une lame plus large, un stipe court et de couleur foncée, et des structures reproductrices à la base de la lame ([Figure 7](#); Dankworth et al. 2020). Ces structures se retrouvent sur les lanières de la lame chez *L. digitata*. De plus, *H. nigripes* possède des canaux de mucilage dans le cortex du stipe qui sont absents du stipe de *L. digitata* (Longtin et Saunders 2015). **HABITAT** : Cette espèce se retrouve sur les côtes rocheuses exposées aux vagues et balayées par les courants (Grant et al. 2020). Dans l'Atlantique du nord-ouest, elle est présente aux mêmes profondeurs que *L. digitata*, mais sa répartition semble davantage dirigée vers le nord, comme au Labrador et dans l'arctique canadien (Neiva et al. 2020). Au Québec, elle a été retrouvée notamment en Gaspésie et au Bas-Saint-Laurent (Neiva et al. 2020). En Nouvelle-Écosse, une diminution de

l'abondance de *H. nigripes*, et son remplacement par une compétitrice, *L. digitata*, a été rapportée après des températures hivernales de plus de 8 °C (Longtin et Saunders 2016). Avec le réchauffement anticipé des eaux côtières de l'EnGSL, il est possible que l'abondance de *H. nigripes* diminue. **REPRODUCTION & CROISSANCE** : La reproduction et la croissance de *H. nigripes* est mal connue dans l'EnGSL, puisque la détection de cette espèce dans les eaux québécoises est récente (Neiva et al. 2020). Par contre, il est probable que les périodes de reproduction et de croissance ressemblent à celle *L. digitata* et *S. latissima*, deux espèces de la même famille que *H. nigripes*. Cette dernière est définie comme étant une espèce subarctique qui tolère mal les températures élevées, l'intervalle de température pour le recrutement du sporophyte étant situé entre 0 et 15 °C (Franke et al. 2021). *H. nigripes* a été observée fertile en Gaspésie en décembre (I. Gendron-Lemieux, comm. pers.).



Figure 7. Morphologie de *L. digitata* (A et B) et de *H. nigripes* (C-E) récoltées à Hansneset, Spitsbergen, Norvège. Échelle = 10 cm. Tiré de Dankworth et al. (2020).

2.2.5 *Saccharina latissima* (Laminaire sucrée, kombu royal)

DESCRIPTION : Algue brune de l'ordre des Laminariales et de la famille des Laminariacées, elle peut être identifiée par sa lame festonnée ou non. Cette caractéristique dépend des conditions hydrodynamiques du milieu, où la lame sera plus festonnée en milieu abrité, pour optimiser les échanges d'éléments dissous dans des conditions trop calmes ([Figure 8](#)). À l'opposé, la lame sera lisse en milieu exposé pour réduire la force de traînée et limiter la

turbulence pour permettre les échanges d'éléments dissous (Buck et Buchholz 2005; Hurd et Pilditch 2011). Elle possède un stipe cylindrique qui peut être plein ou creux. Le morphotype au stipe creux était autrefois considéré comme une espèce distincte, *Saccharina longicruris*. Une analyse a cependant révélé que *S. latissima* et *S. longicruris* sont en fait la même espèce (McDevit et Saunders 2010). Le morphotype au stipe court est associé avec une petite lame qui se dépose sur le fond, tandis que celui au stipe long et creux est associé avec une longue lame qui s'étend pour former des arches dans la colonne d'eau. Le morphotype au stipe creux peut atteindre des longueurs impressionnantes de plus de 10 m (Chabot et Rossignol 2003).

HABITAT : *S. latissima* préfère les eaux calmes et est le plus souvent retrouvée dans les sites abrités et semi-abrités comme dans les baies (Côté-Laurin et al. 2016), bien qu'elle puisse aussi être retrouvée en milieu plus exposé (Grégoire et al. 2024). Elle peut s'établir sur une variété de substrat comme des petits cailloux et des coquilles de moules en milieu abrité, ou de grosses roches et de la roche-mère. *S. latissima* est une des espèces dominantes dans l'EnGSL où elle forme de vastes bancs monospécifiques ou en association avec d'autres espèces comme *L. digitata* et *S. dermatodea* (Grégoire et al. 2024). **REPRODUCTION :** *S. latissima* a un cycle de reproduction à alternance de générations hétéromorphes ([Figure 3](#)) et atteint sa maturité entre 8 et 15 mois après son recrutement (Bartsch et al. 2008). Le sore de cette espèce se situe au centre de la lame, qui devient brun foncé et plus épaisse lors de la reproduction (Diehl et al. 2024). Les spores sont libérées à la fin de l'été et à l'automne et les nouvelles recrues se développent de l'hiver au printemps (Tamigneaux et al. 2022). Il semble y avoir une variabilité spatiale assez importante par rapport au moment où cette espèce est fertile, et il serait possible de trouver des individus fertiles en dehors des périodes mentionnées ci-haut selon les régions (I. Gendron-Lemieux, comm. pers.). **CROISSANCE :** *S. latissima* est pérenne et peut vivre jusqu'à 5 ans (Côté-Laurin et al. 2016), mais peut aussi être une espèce annuelle opportuniste (White et Marshall 2007). La croissance se fait à partir du méristème situé à quelques centimètres au-dessus de la jonction entre le stipe et la lame (Parke 1948; Diehl et al. 2024). Sa croissance ralentit vers la fin de l'été et l'automne, qui coïncide souvent avec des eaux plus chaudes et la présence plus prononcée de certains invertébrés comme les bryozoaires et les gastéropodes sur la lame (Johnson et Mann 1988; Scheibling et Gagnon 2009; Roy et al. 2024). La présence de ces invertébrés accentue les phénomènes naturels d'érosion et d'arrachement, surtout à l'automne, mais peut perdurer jusqu'au printemps (Krumhansl et al. 2011). Les quantités de *S. latissima* arrachées peuvent être particulièrement élevées dans les zones de forêts de laminaires denses (p. ex. Anticosti, S. Roy obs. pers.).

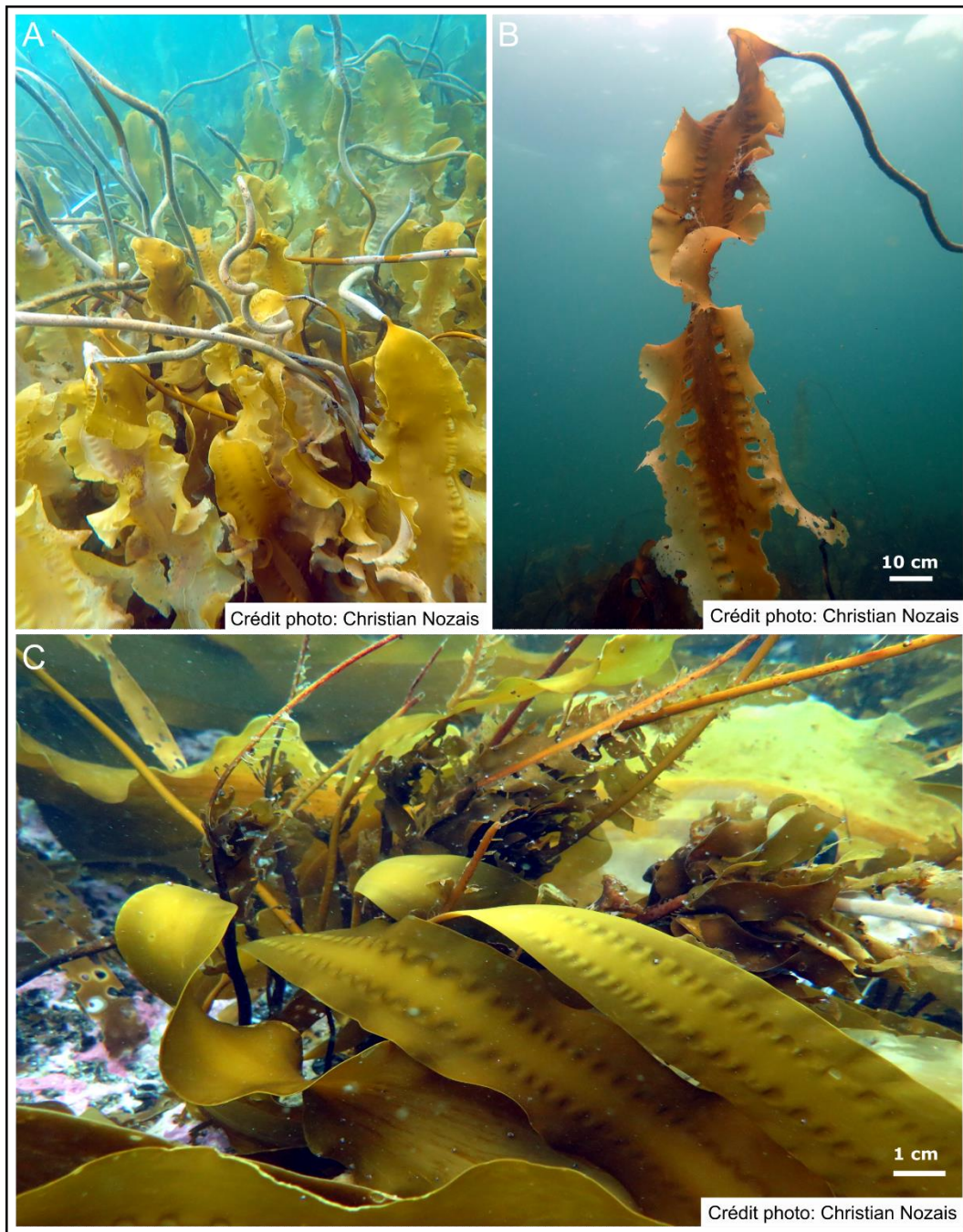


Figure 8. A. *S. latissima* de l'île d'Anticosti (Qc) avec un couvert de bryozoaires principalement visible sur les stipes. B. *S. latissima* formant une arche avec une lame trouée et parsemée de petits gastéropodes (points noirs). C. *S. latissima* dans son morphotype à stipe court accompagné de quelques individus de *A. esculenta* dont les lames sont sénescents.

2.2.6 *Saccorhiza dermatodea* (Saccorhize)

DESCRIPTION : Algue brune de l'ordre des Tilopteridales et de la famille des Phyllariacées, elle se distingue par son stipe court nettement aplati, spécialement à la jonction avec la lame, et son crampon discoïde ([Figure 9](#)). Sa lame peut atteindre 1,5 m et s'épaissit au cours de la

saison de croissance pour finalement être très opaque et avoir une consistance de vieux cuir. La lame peut parfois se séparer dans le sens de la longueur et ressembler à *L. digitata* et *H. nigripes*. Elle peut être différencier de ces deux espèces par son stipe nettement aplati contrairement aux stipes circulaires de *L. digitata* et *H. nigripes*. **HABITAT** : *S. dermatodea* est une espèce arctique à distribution circumboréale (Norton 1972). Bien que parfois rencontrée dans les cuvettes, elle préfère les milieux exposés dans l'infralittoral (Norton 1972).

REPRODUCTION : Comme les Laminariales, elle a un cycle de reproduction à alternance de générations hétéromorphes (Figure 3). Elle atteint sa maturité en moins d'un an, après quoi les spores sont relâchées à l'automne (Norton 1972) et jusqu'en hiver à certains endroits (p. ex. Gaspésie; Tamigneaux et Pieddesaux 2017). Le sporophyte adulte mourra éventuellement pendant l'hiver et les nouvelles recrues pourront commencer leur croissance pendant l'hiver et le printemps (Keats et al. 1985; Keats et South 1985; Tamigneaux et Pieddesaux 2017).

CROISSANCE : *S. dermatodea* est une algue annuelle et opportuniste (Keats 1991; Tamigneaux et Johnson 2016), ce qui signifie que sa distribution peut grandement varier selon les années selon le patron de colonisation. Son méristème se trouve à quelques centimètres au-dessus de la jonction du stipe et de la lame, comme pour les laminaires.

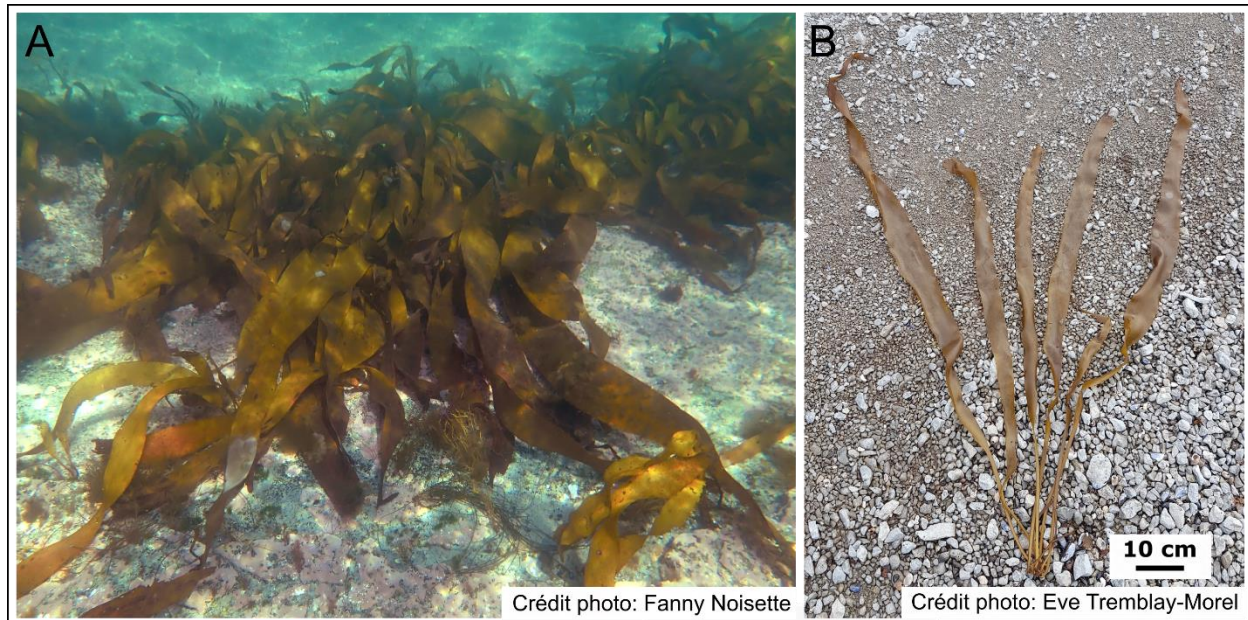


Figure 9. A. Banc de *S. dermatodea* dans les eaux peu profondes de l'île d'Anticosti (Qc). B. Plusieurs individus de *S. dermatodea* échoués sur une plage de l'île d'Anticosti (Qc).

2.2.7 *Ascophyllum nodosum* (Ascophylle noueuse)

DESCRIPTION : Algue brune de l'ordre des Fucales et de la famille des Fucacées, elle forme des touffes denses qui se séparent de façon dichotomique et forment des rameaux aplatis et étroits pouvant atteindre jusqu'à 2 m de long (Figure 10; MPO 1999c). *A. nodosum* se fixe aux roches avec un petit crampon en forme de disque. Des vésicules aérifères sont présentes sur les axes principaux se séparant en plusieurs petites branches courtes qui portent les structures reproductrices sous forme de réceptacles (MPO 1999c). **HABITAT** : *A. nodosum* est retrouvée dans la zone médiolittorale et préfère les milieux abrités, bien qu'elle puisse être trouvée en milieu plus exposé en association avec *Fucus* spp. (surtout *F. vesiculosus*; Graham et al. 2016).

Elle s'établit principalement dans les milieux avec peu ou pas d'abrasion par les glaces hivernales (Sharp et Semple 1986; MPO 1999c). **REPRODUCTION** : *A. nodosum* n'atteint la maturité sexuelle qu'après 5 ans, et a de la difficulté à coloniser les sites dénudés en raison de sa reproduction sexuée peu efficace (Dudgeon et Petraitis 2005). Ce qui fait son succès est la reproduction végétative à partir d'un crampon déjà existant (Sharp et Semple 1986). Les nouvelles pousses ont leur propre crampon et s'établissent très près du plant mère, ce qui laisse très peu d'espace pour la colonisation par d'autres espèces (MPO 1999c). Dans l'EnGSL, la reproduction sexuée de type monogénétique dioïque ([Figure 2](#)) se produit au printemps et au début de l'été où les gamètes sont libérés des réceptacles, qui eux-mêmes se détacheront après la reproduction (Sharp et Semple 1986). **CROISSANCE** : *A. nodosum* est une algue pérenne avec une espérance de vie d'environ 15 ans, tandis que son crampon peut perdurer jusqu'à 40 ans (Chabot et Rossignol 2003). *A. nodosum* présente un taux de croissance lent, et croît surtout l'été. Le méristème se situe aux extrémités apicales des rameaux, ainsi que dans le disque basal qui peut aussi générer de nouveaux tissus (Sharp et Semple 1986).

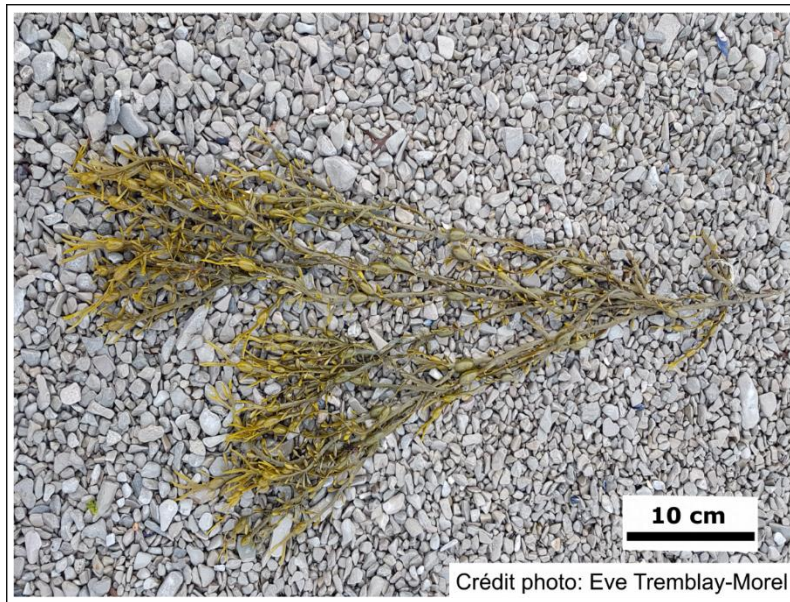


Figure 10. *A. nodosum* échouée sur une plage de l'île d'Anticosti (Qc).

2.2.8 *Fucus* spp.

DESCRIPTION : Algues brunes de l'ordre des Fucales et de la famille des Fucacées, ces espèces forment des touffes denses et se distinguent par leurs lames aplaties qui se divisent en rameaux appelées ramifications dichotomiques ([Figure 11](#); Graham et al. 2016). La lame est parcourue par une nervure médiane et peut mesurer jusqu'à 1 m de long (Graham et al. 2016). Elles se fixent aux roches avec un petit crampon en forme de disque. Comme *A. nodosum*, les structures reproductrices (réceptacles) se trouvent aux extrémités apicales des embranchements (Graham et al. 2016; Hatchett et al. 2022). Pendant la saison de reproduction, il est facile de distinguer les différentes espèces par la forme de leurs réceptacles. *Fucus vesiculosus* (fucus vésiculeux) présente des réceptacles plus globulaires, avec des vésicules aérifères le long de la lame, de part et d'autre de la nervure centrale. *Fucus distichus evanescens* (fucus évanescent) a des réceptacles plutôt larges, courts et fourchus. *Fucus distichus edentatus* (fucus édenté) possède des réceptacles plutôt allongés

semblables à des cornes pointues et fourchues (Guiry et Guiry 2024). **HABITAT** : Quatre espèces et sous-espèces de fucus sont présentes au Québec, dont trois étant plus communes : *F. vesiculosus*, *F. distichus edentatus*, *F. distichus evanescens*. L'autre espèce est *Fucus spiralis* (fucus spirale; Seaweed of Canada 2025). Les *Fucus* spp. sont dominants en milieu exposé à abrité, dans la zone médiolittorale moyenne et inférieure et dans les cuvettes, avec un étagement spécifique selon les espèces. *F. vesiculosus* est présent dans le médiolittoral moyen tandis que *F. spiralis* sera présent dans le médiolittoral inférieur (Hatchett et al. 2022). Ces espèces sont résistantes à la dessiccation, pouvant rester de longues heures exposées à l'air durant les marées basses (Chapman 1995). **REPRODUCTION** : La reproduction de *Fucus* spp. est très semblable à *A. nodosum*, soit une reproduction sexuée de type monogénétique dioïque (Figure 2) à partir de gamètes relâchés par les réceptacles au printemps, et une reproduction végétative par le disque basal pendant l'été (Chapman 1995; Hatchett et al. 2022). Leur maturité arrive beaucoup plus tôt que *A. nodosum*, soit après un ou deux ans (Sideman et Mathieson 1983). La distance de dispersion de *Fucus* spp. peut être assez grande puisque ces espèces flottent ou ont une flottabilité neutre (Schiel et Foster 2006). **CROISSANCE** : Les *Fucus* spp. sont des macroalgues pérennes avec une espérance de vie de 3 à 5 ans (Chapman 1995). Par contre, elles sont parfois caractérisées comme espèces opportunistes à croissance rapide pouvant coloniser rapidement les milieux perturbés (Sideman et Mathieson 1983; Keser et Larson 1984). Tout comme *A. nodosum*, le méristème se trouve aux extrémités apicales des rameaux, mais aussi dans le disque basal où de nouveaux tissus peuvent aussi être produits. La période de croissance la plus importante a lieu pendant l'été (Sideman et Mathieson 1983; Keser et Larson 1984).

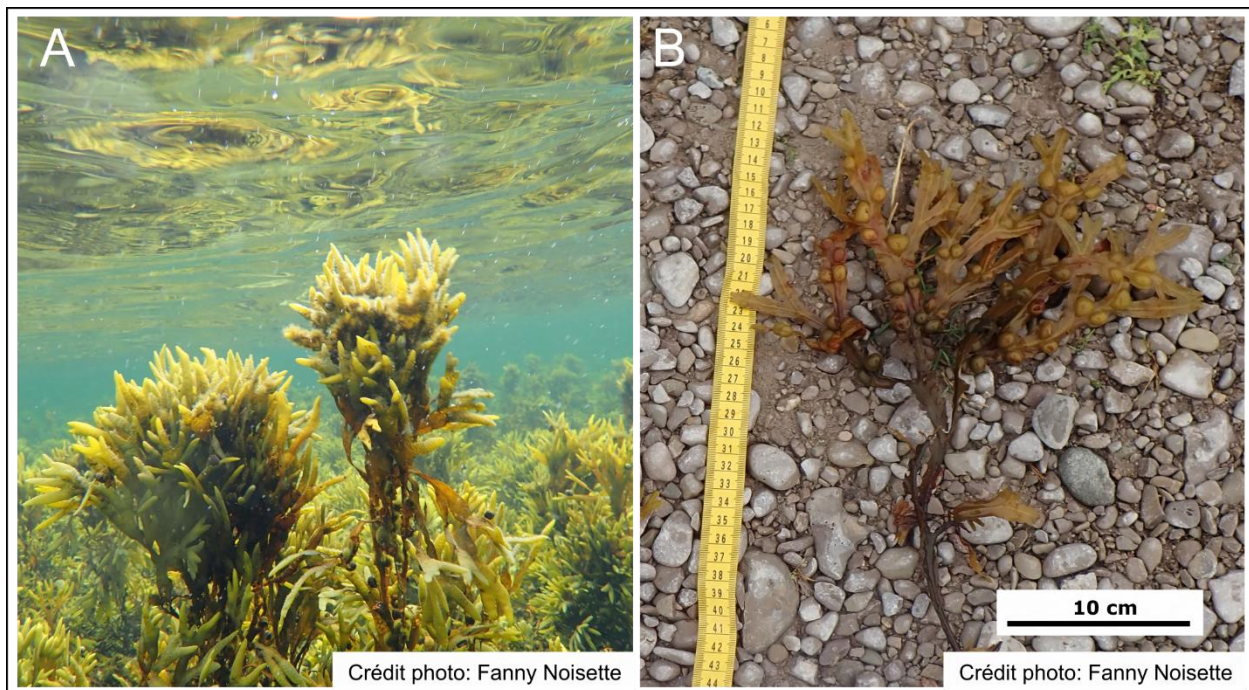


Figure 11. A. *Fucus* spp. submergé à marée haute sous sa forme érigée de l'île d'Anticosti (Qc). B. *F. vesiculosus* échoué sur une plage de l'île d'Anticosti (Qc).

2.2.9 *Chorda filum* (Lacet de mer)

DESCRIPTION : Algue brune de l'ordre des Chordales et de la famille des Chordacées, elle se distingue par sa forme longue, filiforme et cylindrique de 5 mm de diamètre. *C. filum* mesure en moyenne de 4 à 5 m, mais peut atteindre jusqu'à 7 m de long ([Figure 12](#); South et Burrows 1967; Novaczek et al. 1986; Chabot et Rossignol 2003). Sa lame creuse et remplie de gaz lui permet d'avoir une position érigée dans la colonne d'eau (Novaczek et al. 1986). La lame est également couverte de petits poils courts et transparents, qui deviennent plus rares ou absents lorsque l'individu vieillit (South et Burrows 1967; Novaczek et al. 1986). *C. filum* s'attache aux roches avec un minuscule crampon discoïde qui supporte souvent plusieurs individus qui se partagent la même structure d'ancrage (South et Burrows 1967). **HABITAT :** Cette espèce préfère les eaux calmes et s'attache souvent à des substrats instables comme des petits cailloux ou des coquillages, ou même du sable (White 2006; Gendron-Lemieux et al. 2016). Elle est généralement absente des milieux fortement exposés. *C. filum* a été observé sur la rive sud de l'estuaire, dans la partie ouest de la Minganie, dans la Baie des Chaleurs (Grégoire et al. 2024), et a aussi été retrouvé dans les lagunes (p. ex. Îles de la Madeleine) ou à l'embouchure de rivières (p. ex. Gaspésie; Gendron-Lemieux et al. 2016). **REPRODUCTION :** *C. filum* a un cycle de reproduction à alternance de générations hétéromorphes ([Figure 3](#); White 2006). Les structures qui contiennent les spores se développent sur toute la longueur de la lame et les spores sont libérées à l'automne (Gendron-Lemieux et al. 2016), après quoi le sporophyte adulte meurt pendant l'hiver (Côté-Laurin et al. 2016; Gendron-Lemieux et al. 2016). **CROISSANCE :** *C. filum* est une algue annuelle qui commence son développement au printemps. Sa croissance est la plus élevée pendant l'été. La zone du méristème se trouve dans la partie apicale de la lame chez les adultes et dans la partie basale de la lame chez les juvéniles. Cette zone est plus mince et plus foncée que le reste de la lame et couverte d'une densité élevée de petits poils (South et Burrows 1967). La température et la salinité optimales de croissance se situent entre 10 et 15 °C et entre 30 et 35 PSU, respectivement (Gendron-Lemieux et al. 2016 et les références qui y sont citées).

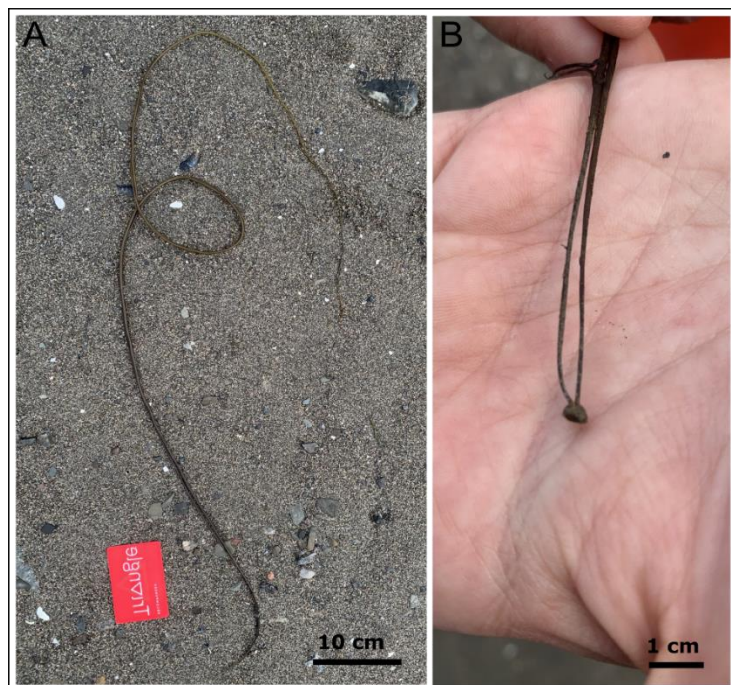


Figure 12 A. *C. filum* échoué à la Pointe aux Anglais, Rimouski (Qc). B. Deux individus de *C. filum* originant du même petit crampon discoïde, Rimouski (Qc).

2.2.10 Chordaria flagelliformis

DESCRIPTION : Algue brune de l'ordre des Ectocarpales et de la famille des Chordariacées, elle se distingue par sa forme filiforme qui n'atteint pas plus d'un mètre de long et sa couleur brune très foncée ou noirâtre. Elle se compose d'un axe principal qui porte des ramifications secondaires nues ([Figure 13](#); Chabot et Rossignol 2003). **HABITAT** : Cette espèce se retrouve dans le bas du médiolittoral jusqu'en eaux peu profondes, le plus souvent dans les milieux exposés (Chabot et Rossignol 2003; Adey et Hayek 2011). Elle peut parfois aussi être retrouvée dans les cuvettes. **REPRODUCTION** : Les nouvelles recrues de *C. flagelliformis* se développent au printemps (Adey et Hayek 2011). Les informations sur le cycle de vie sont rares (Kim et Kawai 2002). Des études devraient être entreprises pour mieux connaître le cycle de vie de cette espèce. **CROISSANCE** : *C. flagelliformis* est annuelle et a un fort taux de croissance en été (Probyn et Chapman 1983). C'est aussi une espèce bien adaptée à la colonisation des endroit soumis à l'abrasion par les glaces hivernales (Keats et al. 1985). Sa croissance peut être particulièrement élevée au printemps après l'abrasion par la glace et lorsque les nutriments sont en concentration assez élevées dans l'eau (Keats et al. 1985).



Figure 13. A. *C. flagelliformis* échouée sur une plage de Rimouski, Qc. B. Individu pressé de *C. flagelliformis* de la collection personnelle de Stéphanie Roy.

2.3 MACROALGUES ROUGES (RHODOPHYTES)

Les macroalgues rouges forment un groupe qui se distingue par plusieurs caractéristiques notables. Elles contiennent des pigments photosynthétiques appelés phycobiliprotéines, qui leur donnent leur couleur rouge caractéristique (Graham et al. 2016). Ces pigments leur permettent d'élargir considérablement leur spectre d'absorption, ce qui leur donne la capacité de vivre à des profondeurs plus grandes que la plupart des autres algues. Contrairement aux autres groupes d'algues, les spores et les gamètes des macroalgues rouges ne sont pas flagellés, donc non-motiles, ce qui limite leur pouvoir de dispersion (Wilding et al. 2021; Stévant et al. 2023). C'est une particularité qui a potentiellement conduit à l'émergence d'un cycle de vie triphasique unique (Figure 14; Graham et al. 2016). Ici, trois générations s'alternent, soit une phase haploïde (gamétophyte), et deux phases diploïdes (carposporophyte et tétrasporophyte). Certaines macroalgues rouges ont plutôt un cycle de vie à alternance de générations biphasiques (Figure 15) qui inclut une phase haploïde (gamétophyte) et une phase diploïde (trétrasporophyte ou conchocelis). Certaines macroalgues rouges bénéficient de l'aide d'invertébrés mobiles, comme les isopodes, pour accomplir leur fertilisation, ces derniers étant qualifiés de pollinisateurs marins (Lavaut et al. 2022). Les macroalgues rouges sont parfois retrouvées sous forme d'épiphytes, par exemple sur le stipe des laminaires. De plus, plusieurs espèces de macroalgues rouges peuvent former des structures de calcaire, souvent encroûtantes, ce qui les rend rigides et coriaces (p. ex. *Clathromorphum circumscriptum* et *Lithothamnium* sp.).

Quatre espèces de macroalgues rouges d'intérêt commercial, regroupées par ordre phylogénétique (Gigartinales, Palmariales, Bangiales), sont présentées plus en détails. Les informations qui suivent doivent être considérées lors de la mise à jour des conditions de permis de récolte adaptée à chaque espèce.

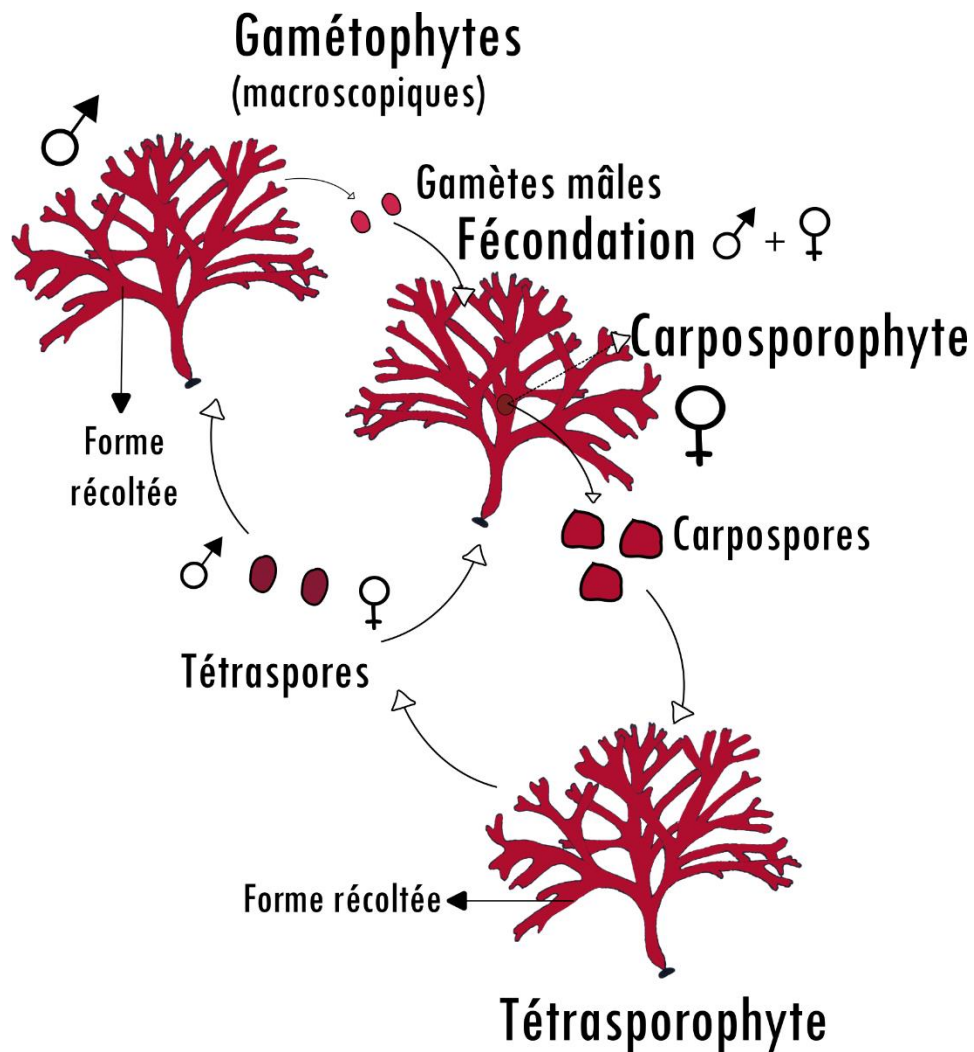


Figure 14. Cycle de reproduction triphasique en alternance de générations isomorphes de *Chondrus crispus*. Les spores non-motiles, ici appelé tétraspores, sont libérées par le sporophyte, ici appelé tétrasporophyte. Les spores s'ancreront au substrat et formeront des gamétophytes mâles et femelles. Les gamétophytes mâles libèreront leurs gamètes pour féconder le gamétophyte femelle sur le carpogone. Après la fécondation, le carposporophyte se développera sur le gamétophyte femelle où il formera des protubérances. Il pourra libérer les carpospores qui se développeront en nouveaux tétrasporophytes. La lame du gamétophyte mâle est plus étroite et porte des sores près de la zone apicale en forme de bandes rosées ou blanches (Tveter-Gallagher et al. 1980). La lame du gamétophyte femelle est plus large et lorsque fertile, porte des tissus reproducteurs distincts formant des amas de cellules allongées près de la zone apicale de la lame (Fredericq et al. 1992). La lame du tétrasporophyte a des extrémités apicales plus larges, comme le gamétophyte femelle. Lorsque fertile, il est couvert de tétrasporanges qui forment des renflements de couleur rouge-orangé sur les surfaces de la lame (Taylor et Chen, 1973). (Illustration originale de l'auteure principale, S. Roy.)

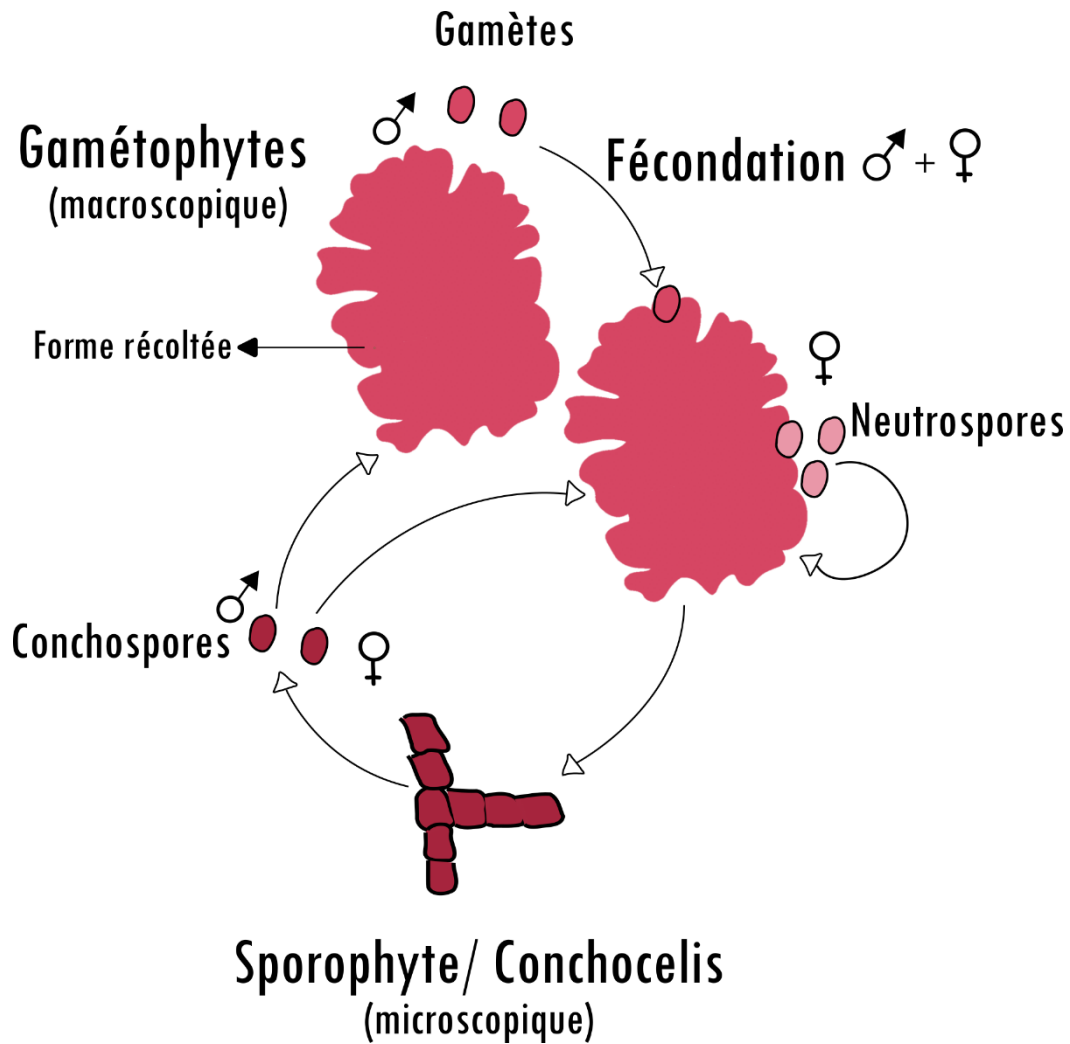


Figure 15. Cycle de reproduction biphasique en alternance de générations hétéromorphes de *Porphyra* spp. Les spores non-motiles, ici appelés conchospores sont libérées par le sporophyte microscopique, ou conchocelis, qui est chez *Porphyra* sp. incrusté dans une coquille de mollusque. Les spores s'ancreront au substrat et formeront des gamétophytes mâles et femelles. Les gamétophytes mâles libèreront leurs gamètes pour féconder les gamètes femelles sur le gamétophyte femelle. Le zygote sera libéré pour former un nouveau sporophyte microscopique. Le gamétophyte peut aussi produire des neutrospores qui formeront de nouveaux gamétophytes, et ce, sans passer par le stade de conchocelis (Illustration originale de l'auteure principale, S. Roy).

2.3.1 *Chondrus crispus* (Mousse d'Irlande)

DESCRIPTION : Algue rouge de l'ordre des Gigartinales et de la famille des Gigartinacées, elle se distingue par un aspect plus ou moins touffu, dépendamment des sites, qui s'accroît en milieu exposé ([Figure 16](#); Graham et al. 2016). Sa lame se sépare en bandes plus ou moins étroites avec des ramifications dichotomiques (Collén et al. 2014; Graham et al. 2016). Elle dépasse rarement les 20 cm et s'attache aux roches avec un crampon aplati (MPO 2008). Cette espèce est de couleur rouge foncée, mais peut aussi être verte ou jaunâtre selon la concentration de nutriments dans l'eau (Collén et al. 2014). Cette espèce peut être confondue avec *Mastocarpus stellatus* qui a une morphologie similaire et dont les distributions géographiques se chevauchent (Vandermeulen 2013). **HABITAT :** *C. crispus* forme des bandes au bas de la zone médiolittorale en milieu exposé à calme et dans les cuvettes (Chabot et Rossignol 2003; Collén et al. 2014), et peut parfois être retrouvée dans l'infralittorale (Grégoire et al. 2024). Elle est peu retrouvée dans l'estuaire, son aire de répartition se limitant aux zones plus chaudes (Prince et Kingsbury 1973), comme les eaux du golfe du Saint-Laurent (Grégoire et al. 2024). **REPRODUCTION :** *C. crispus* a un cycle de reproduction sexuée triphasique ([Figure 14](#); Collén et al. 2014). Les structures reproductrices sont présentes toute l'année, mais la reproduction est plus importante en été et en automne (Scrosati et al. 1994). **CROISSANCE :** Cette espèce est pérenne et sa lame persiste environ de 2 à 4 ans (Sharp et al. 1986; Chabot et Rossignol 2003). Le crampon persiste quelques années de plus et permet la régénération de la lame à partir du disque basal (Wilding et al. 2021). La lame grandit grâce à un méristème marginal qui se situe quelques millimètres sous les extrémités apicales et s'étend le long des côtés des lames (Fredericq et al. 1992). Les températures optimales de croissance de *C. crispus* se situent entre 10 et 15 °C (MPO 2008). La croissance est particulièrement importante au printemps et à l'été (Pringle et Sharp 1986).



Figure 16. *C. crispus* récoltée à l'île d'Anticosti (Qc).

2.3.2 *Palmaria palmata* (Main de mer palmée, dulse)

DESCRIPTION : Algue rouge de l'ordre des Palmariales et de la famille des Palmariacées, elle se distingue par sa couleur rouge-rosé et sa lame séparée en plusieurs lobes ou rameaux qui ressemble à une main, d'où son appellation vernaculaire ([Figure 17](#); Maine Seaweed Council 2014). Cette macroalgue peut atteindre environ 50 cm, mais est plus souvent entre 10 et 20 cm (Stévant et al. 2023). Sa lame est membraneuse sans nervure centrale, son stipe est réduit et son crampon est discoïde et petit (Chabot et Rossignol 2003; Hill 2008b). **HABITAT :** Cette espèce vit dans le bas du médiolittoral et dans l'infra-littoral, fixée aux rochers en formation dense ou sur les stipes de laminaires, surtout lorsque le substrat disponible est limité.

P. palmata est une algue colonisatrice précoce, par contre, elle peut rapidement être surpassée par des espèces à croissance plus rapide, comme les laminaires (Hawkins et Harkin 1985). Elle se trouve le plus souvent dans les milieux où l'exposition aux vagues est de faible à modérée (Hill 2008b; Wilding et al. 2021). Bien qu'elle soit plus abondante dans les premiers 10 m de profondeur, elle peut aussi être retrouvée plus en profondeur lorsque les eaux sont assez claires (Stévant et al. 2023). Dans l'EnGSL, elle est régulièrement observée comme dominante dans l'estuaire moyen, la partie aval de l'estuaire maritime (particulièrement la rive sud), la partie est de la Minganie, la partie est de la Baie des Chaleurs et le sud de la Gaspésie (Grégoire et al. 2024). **REPRODUCTION :** *P. palmata* a un cycle de reproduction hétéromorphe (semblable à la [Figure 15](#)), sans carposporophyte, qui est unique parmi les Rhodophytes. Il est demeuré un mystère pour les phycologistes pendant longtemps (Stévant et al. 2023) et ce sont van der Meer et Tod (1980) qui ont finalement élucidé le mystère en laboratoire. Le tétrasporophyte mature porte les structures reproductrices qui contiennent les tétraspores au centre de la lame où elles forment des taches foncées, presque noires (Stévant et al. 2023). Les tétraspores sont libérées dans la colonne d'eau et germent en gamétophytes femelles (microscopiques et encroûtants) ou mâles (foliacés; Hill 2008b; Baud 2023). La maturité est atteinte plus rapidement pour les gamétophytes femelles (quelques jours) que pour les gamétophytes mâles (9 à 12 mois). Les gamétophytes femelles seront donc fécondés par un gamétophyte mâle mature d'une autre génération (Baud 2023; Stévant et al. 2023). Le gamétophyte mâle mature peut être confondu avec le tétrasporophyte qui est morphologiquement similaire (Van der Meer et Todd 1980). Le zygote se développera sur le gamétophyte femelle encroûtant qui deviendra le tétrasporophyte. La reproduction se fait le plus souvent à l'automne et l'hiver (Stagnol et al. 2013; Baud 2023; Stévant et al. 2023).

CROISSANCE : *P. palmata* est pérenne (ou pseudo-pérenne), puisque le crampon est de nature persistante, mais la lame se détache en partie chaque année (Stévant et al. 2023). La lame peut se régénérer à partir de fragments de lame restants et croît de façon apicale et marginale, donc les bordures de la lame sont plus jeunes que son centre et sa base (Faes et Viejo 2003; Titlyanov et al. 2006). Elle croît plus rapidement au printemps et à l'été (Lukeman et al. 2012; Stévant et al. 2023). L'intervalle de température pour la croissance se situe entre 6 et 15 °C, la température optimale est de 10 °C, et elle ne survit pas à des températures de plus de 20 °C (Grote 2019 et les références qui y sont citées).

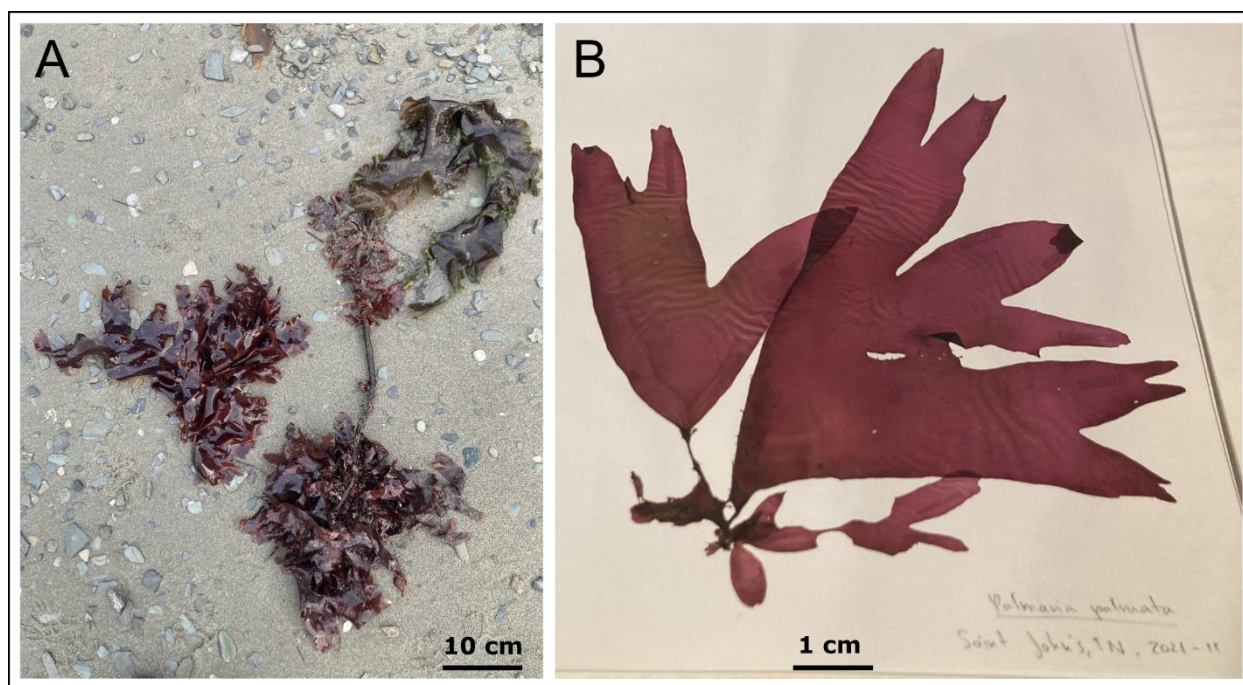


Figure 17. A. *P. palmata* échouée et accrochée sur le stipe de *S. latissima* (Rimouski, Qc). B. Spécimen pressé de *P. palmata* de la collection personnelle de Romy Léger-Daigle.

2.3.3 Devaleraea ramentacea

DESCRIPTION : Algue rouge de l'ordre des Palmariales et de la famille des Palmariacées, elle se distingue par sa lame composée de rameaux tubulaires creux qui deviennent aplatis à maturité ([Figure 18](#); Guiry 1982). Elle peut détenir plusieurs ramifications courtes sur son axe principal, principalement au printemps, après quoi elle s'allonge (Chabot et Rossignol 2003; I. Gendron-Lemieux, comm. pers.). Sa morphologie est très variable, et elle est retrouvée sous plusieurs variations des caractéristiques décrites ci-haut. **HABITAT :** Cette espèce s'établit préférentiellement dans les milieux exposés de la zone infralittorale et la région inférieure du médiolittoral sous la bande formée par *Fucus* spp. où elle forme souvent une couverture continue (Munda 1992; Chabot et Rossignol 2003). **REPRODUCTION & CROISSANCE :** *D. ramentacea* est pérenne et préfère les eaux froides pour une croissance optimale entre 0 et 10 °C et une température limite de 18 à 20°C (Novaczek et al. 1990). Peu de données existent sur son cycle de vie, mais il pourrait ressembler à celle de *P. palmata* puisque ces deux espèces font partie de la même famille (Guiry 1982).

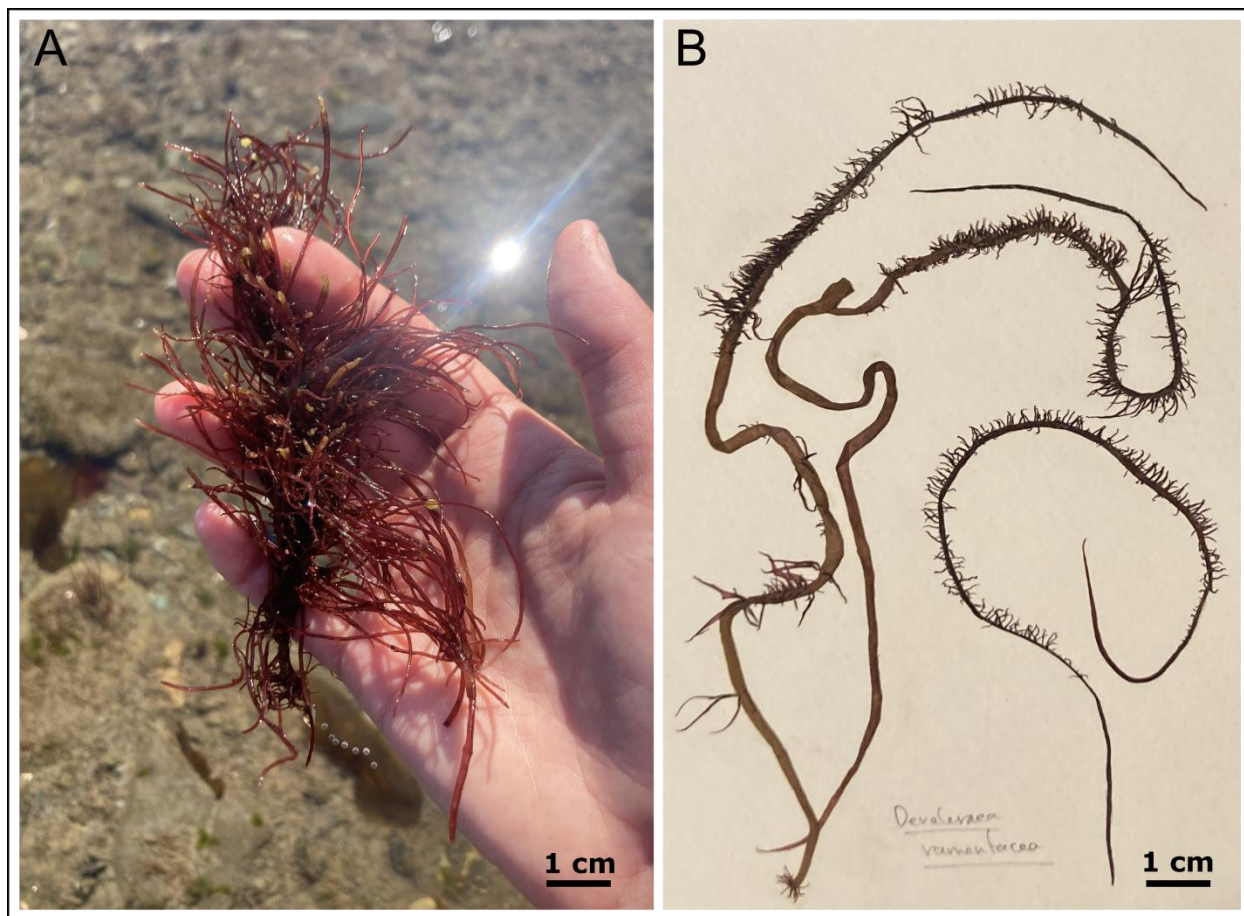


Figure 18. A. Individu de *D. ramentacea* de l'Anse à Capelan, St-Fabien-sur-Mer (Qc). B. Spécimen pressé de *D. ramentacea* de la collection personnelle de Romy Léger-Daigle

2.3.4. *Porphyra* spp., *Pyropia* spp., *Wildemanina* spp. (Porphyres, nori)

DESCRIPTION : Algues rouges de l'ordre des Bangiales et de la famille des Bangiacées, elles se distinguent par une lame rouge, brune, verdâtre ou pourpre, très mince et translucide, constituée d'une ou deux couches de cellules, qui peut mesurer jusqu'à 50 cm (Figure 19; Sutherland et al. 2011). La marge de la lame est souvent festonnée et à forme variable selon les espèces (p. ex. ovale, bilobée; Chabot et Rossignol 2003; Sutherland et al. 2011). Elle s'attache aux rochers avec un très petit disque basal et peut aussi être épiphyte, sur le stipe de diverses algues. Dans les dernières années, un remaniement de la classification des genres a été réalisé, notamment grâce à des analyses génétiques, et plusieurs espèces de *Porphyra* ont été classé sous d'autres genres (Sutherland et al. 2011). **HABITAT :** Rares algues rouges à préférer les milieux exposés, elles peuvent aussi être retrouvées sur des sites plus abrités, dans les régions de la Gaspésie, des Îles-de-la-Madeleine et sur la rive sud de l'estuaire maritime (Gendron-Lemieux 2021; Grégoire et al. 2024). Comme elles sont tolérantes aux variations de température, aux variations de salinité et à la dessiccation, ces macroalgues sont fréquemment rencontrées dans l'étage médiolittoral découvert à marée basse ou dans le haut de l'infralittoral (Mathieson et Dawes 2020). Dans l'EnGSL, il y aurait potentiellement sept espèces présentes : *Porphyra linearis*, *Porphyra purpurea*, *Porphyra umbilicalis*, *Pyropia leucosticta*, *Pyropia njordii*,

Wildemanian amplissima et *Wildemanian miniata* (Mathieson et Dawes 2017; Saunders 2024; I. Gendron-Lemieux, com. pers). **REPRODUCTION & CROISSANCE** : Ces macroalgues sont annuelles (gamétophyte macroscopique) et opportunistes avec un stade de vie microscopique pérenne, appelé le conchocelis (sporophyte; Gantt et al. 2010; Gendron-Lemieux 2021). Le cycle de reproduction est donc biphasique à alternance de générations hétéromorphes (Figure 15). La persistance du conchocelis microscopique permet à l'espèce de se régénérer en conditions de perturbations environnementales ou d'herbivorie trop importante (Lubchenco et Cubit 1980; Knoop et al. 2020). Les gamétophytes atteignent leur maturité après un peu plus d'un mois. Ces espèces peuvent être monoïques ou dioïques, par contre seulement des espèces monoïques ont été rencontrées jusqu'à présents au Québec (I. Gendron-Lemieux, comm. pers.). Les sores sont présents soit dans la marge ou dispersés dans la lame (Sutherland et al. 2011). Les cellules reproductrices sont relarguées par la rupture des parois des cellules qui se vident de leur contenu, laissant une bande blanchâtre sur le pourtour de la lame (Chabot et Rossignol 2003). Certaines espèces ont aussi un processus de reproduction asexuée et peuvent produire plusieurs types de spores selon l'espèce, comme des archéospores ou des neutrospores (Gantt et al. 2010). Par exemple pour *P. umbilicalis*, les cellules végétatives sur le bord externe de la lame se transforment en neutrospores (Gantt et al. 2010). Une fois libérées, ces spores se développent directement en une nouvelle lame, sans passer par la phase de conchocelis (Gantt et al. 2010; Redmond et al. 2014). Il est important de noter que les travaux taxonomiques des dernières décennies ont permis de dresser une liste d'espèces toujours plus longue de *Porphyra* et de Bangiales à lame (Lindstrom et Cole 1992; Sutherland et al. 2011). Ces algues présentent plusieurs particularités liées à leur croissance et leur reproduction, selon l'espèce. De plus, ces particularités diffèrent selon les milieux où elles croissent. La plupart des recherches sur les Bangiales ont été réalisées en milieux tempérés et peu d'informations sont disponibles à ce jour sur chacune des espèces présentes dans l'EnGSL, un milieu davantage subarctique.

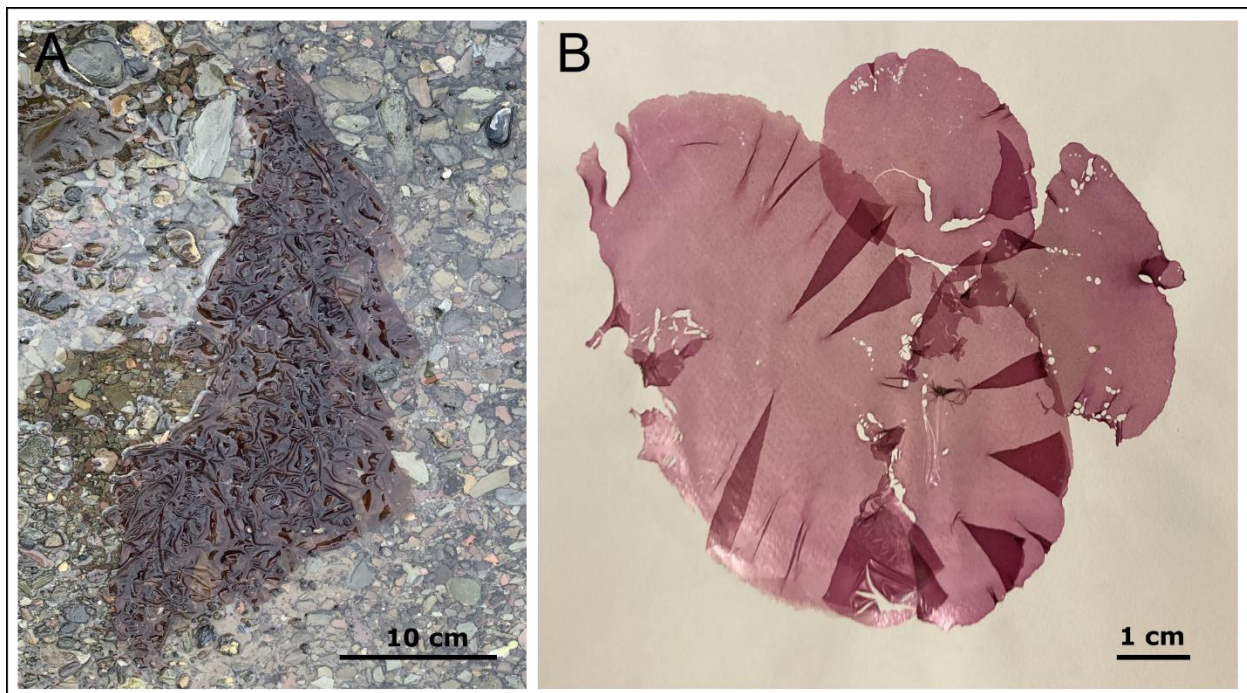


Figure 19. A. *Porphyra* sp. délogée et échouée à marée basse (St-Fabien-sur-Mer, Qc). B. Spécimen pressé de *Porphyra* sp. de la collection personnelle de Romy Léger-Daigle.

2.4 MACROALGUES VERTES (CHLOROPHYTES)

Les macroalgues vertes tirent leur nom de leur couleur verte distinctive. Cette couleur est due à la présence de la chlorophylle b comme principal pigment accessoire soit le même pigment que l'on trouve dans les plantes terrestres. En fait, parmi toutes les macroalgues, les vertes sont celles qui se rapprochent le plus phylogénétiquement des plantes terrestres. La taille des macroalgues vertes peut varier considérablement, tout comme les macroalgues rouges, allant de petites formes filamenteuses à de grandes formes lamellaires. Certaines espèces, comme celles du genre *Ulva*, sont particulièrement notables pour leur capacité à former des « marées vertes », des proliférations massives d'algues qui peuvent avoir des impacts écologiques importants (Zhang et al. 2019). Au Québec, *Ulva* spp. sont les seules espèces à être récoltées de manière commerciale à ce jour. Les informations suivantes porteront donc principalement sur ces espèces, bien qu'il existe d'autres espèces d'algues vertes dans l'EnGSL (p. ex. *Ulothrix* sp., *Chaetomorpha* sp.). Le cycle de reproduction de *Ulva* spp. est à alternance de générations isomorphes (Figure 20).

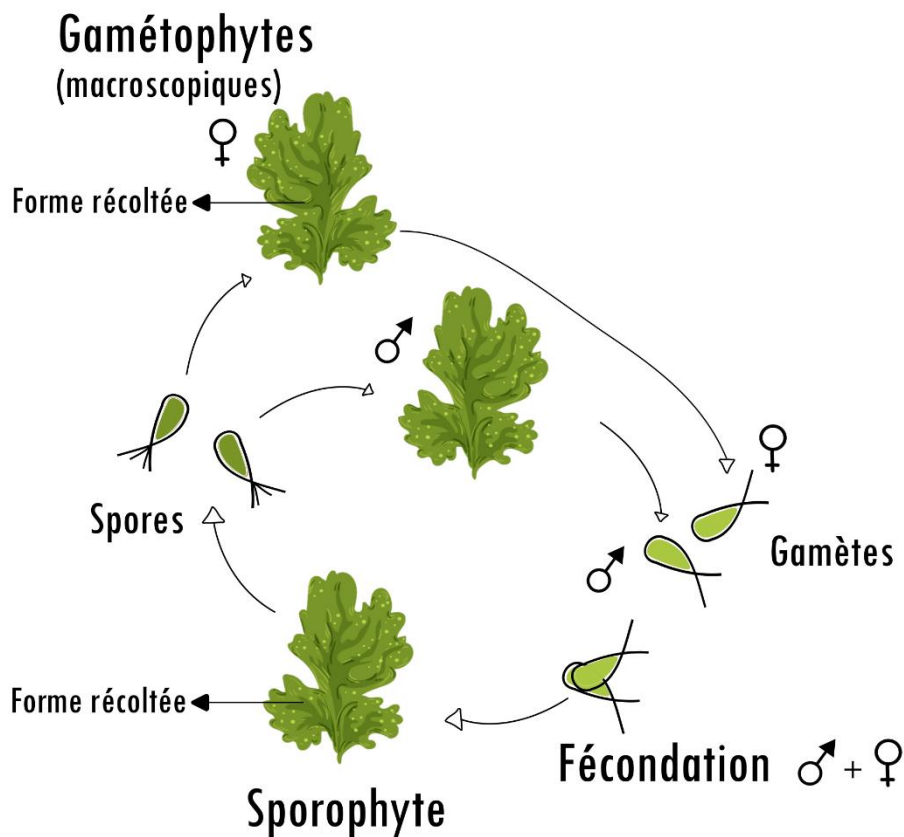


Figure 20. Cycle de reproduction biphasique à alternance de générations isomorphes de *Ulva* spp. Les spores motiles à quatre flagelles sont libérées par le sporophyte. Les spores s'ancreront au substrat et formeront des gamétophytes mâles et femelles. Les gamètes à deux flagelles mâles et femelles seront libérés et la fécondation aura lieu dans la colonne d'eau. Après la fécondation, le zygote s'ancrera au substrat et se développera en sporophyte (Mantri et al. 2020). (Illustration originale de l'auteure principale, S. Roy.)

2.4.1 *Ulva* spp. (Ulves, laitues de mer, entéromorphes)

DESCRIPTION : Algues vertes de l'ordre Ulvales et de la famille des Ulvacées, elles regroupent les ulves foliacées du genre *Ulva*, aussi appelé laitues de mer, et les ulves tubulaires filamenteuses, auparavant reconnues comme du genre *Enteromorpha*, aussi appelées entéromorphes ([Figure 21](#); Hayden et al. 2003). Elles se distinguent par une lame verte, ondulée, très mince et translucide et qui forme parfois des rubans tubulaires et aplatis (Mantri et al. 2020). La lame est en général assez petite (15 à 30 cm), tout comme son crampon discoïde (Pizzolla 2008; Mantri et al. 2020). **HABITAT :** *Ulva* spp. préfèrent les sites calmes, comme les baies, et les zones à salinité variable, comme les embouchures de rivières. Elles sont aussi souvent retrouvées dans les cuvettes. Elles sont communes dans l'EnGSL, principalement dans l'estuaire moyen à l'embouchure de la rivière Saguenay et le long de la rive sud de l'estuaire maritime. Leur abondance est moins importante dans la partie aval de la Baie des Chaleurs et dans le secteur est de la Minganie (Grégoire et al. 2024). Elles sont habituellement retrouvées en petits agrégats, mais peuvent couvrir une partie importante du substrat, même si elles n'y sont plus attachées, surtout lorsque les concentrations en nutriments sont élevées (Pizzolla 2008; Mathieson et Dawes 2020; Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins de Bretagne 2022). *Ulva* spp. peuvent également être retrouvées sous forme d'épiphytes sur d'autres algues ou sur la zostère (Mathieson et Dawes 2020). **REPRODUCTION :** La reproduction végétative chez *Ulva* spp. se fait à partir de la lame par fragmentation et avec des spores asexuées (Balar et Mantri 2020). Le cycle de reproduction sexuée est à alternance de générations isomorphes ([Figure 20](#); Mantri et al. 2020). Le sporophyte adulte porte une bordure jaune-brune lorsqu'en période de reproduction qui devient blanc après que les spores ont été libérées. La maturité est atteinte seulement après quelques jours. Le sporophyte meurt après la reproduction (Maine Seaweed Council 2014). **CROISSANCE :** *Ulva* spp. sont saisonnières ou pseudo-pérennes, selon les conditions environnementales et l'espèce. Elles sont toutes opportunistes à croissance très rapide et diffuse, parfois même considérées comme des espèces nuisibles (Blomster et al. 2002; Rinehart et al. 2014; Mathieson et Dawes 2020). Leur croissance peut être particulièrement importante lorsque la lumière et les nutriments sont abondants, comme au printemps et au début de l'été (MPO 2008; Maine Seaweed Council 2014; Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins de Bretagne 2022). Le méristème se retrouve sous forme de points situés un peu partout sur la lame, leur emplacement variant selon l'espèce (White 2006; Spoerner et al. 2012).

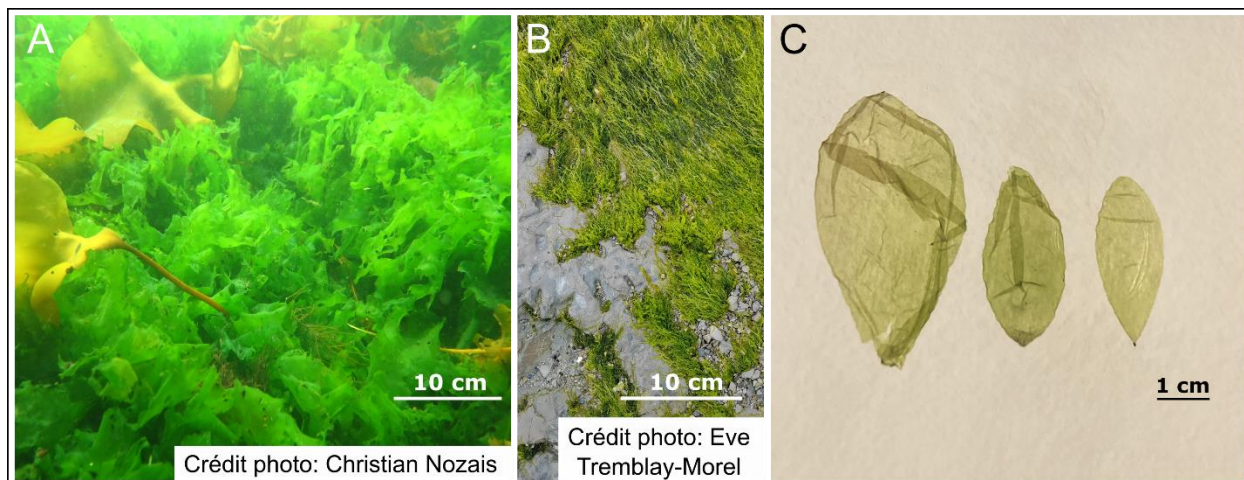


Figure 21. A. *Ulva* sp. et *S. latissima* dans les eaux peu profondes de Pointe-au-Père (Qc). B. *Ulva* sp. exposées à marée basse à l'île d'Anticosti (Qc). C. Spécimen pressé d'*Ulva* sp. de la collection personnelle de Romy Léger-Daigle.

Le [tableau 1](#) présente un sommaire des informations sur la biologie et le cycle de vie des macroalgues d'intérêt commercial au Québec. Ce résumé provient de la littérature existante pour l'Atlantique Nord. Il est possible que certaines caractéristiques n'aient pas la même phénologie dans l'EnGSL, comme la saison de reproduction et de croissance, car ces dernières sont grandement influencées par les conditions environnementales qui varient d'un système à l'autre. De plus, même à l'intérieur d'un même système, le moment de reproduction peut être différent selon les localités (p. ex. Gaspésie vs Côte-Nord). Par contre, d'autres caractéristiques biologiques, tels que l'emplacement du méristème, restent les mêmes en dépit de différences dans les conditions environnementales.

Tableau 1. Caractéristiques biologiques principales des macroalgues sauvages d'intérêt commercial au Québec. n.d. : information non disponible, qqs : quelques

	Nom scientifique	Nom commun	Cycle de vie	Espérance de vie (années)	Âge de maturité	Saison de reproduction*	Saison de croissance*	Méristème	Références
MACROALGUES BRUNES (PHÉOPHYCÉES)	Ordre Laminariales								
	<i>Agarum clathratum</i>	Agar criblé	Pérenne	Plusieurs**	n.d.	Automne Hiver	Printemps Été	Basal	a, b, c
	<i>Alaria esculenta</i>	Alarie succulente	Pérenne	5 à 10	8 à 14 mois	Printemps Été	Printemps Été	Basal	b, d, e, f, g
	<i>Laminaria digitata</i>	Laminaire digitée	Pérenne	3 à 5	18 à 20 mois	Printemps Été	Printemps Été	Basal	b, h, f, i, g, ee
	<i>Hedophyllum nigripes</i>	-	Pérenne	Plusieurs**	n.d.	n.d.	n.d.	Basal	f, j
	<i>Saccharina latissima</i>	Laminaire sucrée	Pérenne	2 à 5	8 à 15 mois	Automne Hiver	Printemps Été	Basal	d, f, g, k
	Ordre Tilopteridales								
	<i>Saccorhiza dermatodea</i>	Saccorhize	Annuelle	1	Moins d'un an***	Automne	Printemps Été	Basal	f, l
	Ordre Fucales								
	<i>Ascophyllum nodosum</i>	Ascophylle noueuse	Pérenne	3 à 15 (lame) 40 (crampon)	5 ans	Printemps Été	Été	Apical et crampon	b, d, g
	<i>Fucus spp.</i>	Fucus	Pérenne	2 à 5	1 à 2 ans	Printemps Été	Été	Apical et crampon	b, d, g, m, n
	Ordre Chordales								
	<i>Chorda filum</i>	Lacet de mer	Annuelle	1	Moins d'un an***	Automne	Printemps Été	Apical (adulte) Basal (juvénile)	b, d, o, p

	Nom scientifique	Nom commun	Cycle de vie	Espérance de vie (années)	Âge de maturité	Saison de reproduction*	Saison de croissance*	Méristème	Références
MACROALGUES ROUGES (RHODOPHYTES)	Ordre Ectocarpales								
	<i>Chordaria flagelliformis</i>	-	Annuelle	1	Moins d'un an***	n.d.	Printemps Été	n.d.	a, b, q
	Ordre Gigartinales								
	<i>Chondrus crispus</i>	Mousse d'Irlande	Pérenne	2 à 4	n.d.	Été Automne	Printemps Été	Apical et marginal	b, d, g, n, bb
	Ordre Palmariales								
	<i>Palmaria palmata</i>	Main de mer palmée	Pérenne	Plusieurs**	Mâle : 9 à 12 mois. Femelle : qqs jours	Automne Été	Printemps Été	Apical et marginal	g, s, t, u, v, w, z
	<i>Devaleraea ramentacea</i>	-	Pérenne	Plusieurs**	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	b, r
MACROALGUES VERTES (CHLOROPHYTES)	Ordre Bangiales								
	<i>Porphyra</i> spp. <i>Pyropia</i> spp. <i>Wildemania</i> spp.	Porphyres	Annuelle	1	45 jours	Variable selon l'espèce	Variable selon l'espèce	Basal	b, g, x
	Ordre Ulvales								
	<i>Ulva</i> spp.	Ulves	Saisonnière et pseudo-pérenne	1	Qqs semaines	Été	Printemps Été	Points mitotiques (lame)	g, y, aa, cc, dd

*Saisons de reproduction et de croissance principales, il est possible qu'il y ait de la variation entre les régions de récolte.

**Algue pérenne donc l'espérance de vie est forcément de plus d'un an.

***Algue annuelle dont l'âge de maturité est nécessairement plus court qu'un an.

Références : a. Adey et Hayek 2011, b. Chabot & Rossignol 2003, c. Gagnon et al. 2005, d. Côté-Laurin et al. 2016, e. Gagnon et al. 2004, f. Smale et al. 2013, g. Wilding et al. 2021, h. Hill 2008, i. Werner et Kraan 2004, j. Neiva et al. 2020, k. White et Marshall 2007, l. Keats et South 1985, m. Graham et al. 2016, n. Marine Seaweed Council 2014, o. Novaczek et al. 1986, p. White 2006, q. Probyn et Chapman 1983, r. Mathieson et al. 1996, s. Hill et al. 2008b, t. Lukeman et al. 2012, u. Stagnol et al. 2013 v. Stévant et al. 2023, w. Van Der Meer et Todd 1980, x. Tala et Chow 2014, y. Pizolla 2008, z. Tamigneaux et al. 2023. aa. Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins de Bretagne 2022. bb. Fredericq et al. 1992, cc. Wichard et al. 2015, dd. Spoerner et al. 2012, ee. Franke et al. 2021.

3. PORTRAIT DES PRATIQUES DE RÉCOLTE DES MACROALGUES AU CANADA ET AILLEURS

Les pratiques de récolte des macroalgues diffèrent entre les pays. Elles peuvent aussi varier entre les différentes régions d'un même pays puisque les réglementations sont souvent sous la juridiction de l'état ou de la province. Au Canada, certaines conditions de permis de récolte sont communes entre les provinces et sont inscrites dans le Règlement de pêche de l'Atlantique de 1985 (Justice Canada 2022). Par exemple, il y est mentionné qu'il est interdit de récolter *A. nodosum*, à moins d'utiliser un instrument tranchant et de la couper à au moins 127 mm au-dessus du pied. De plus, il est indiqué que *P. palmata* et les macroalgues détachées du fond peuvent être récoltées sans permis de récolte. Cependant, d'autres règlements diffèrent selon la province. Par exemple, la Colombie-Britannique et le Québec interdisent la récolte à l'aide d'un râteau pour limiter la perturbation et l'exposition du substrat, tandis que la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick la permettent ([Tableau 2](#), [Annexe 2](#); Ugarte et al. 2006; Government of British Columbia 2016; Fass 2021). De plus, les macroalgues sont grandement influencées par les conditions environnementales spécifiques à un système. De ce fait, les pratiques de récolte optimales, comme la période de récolte, peuvent grandement changer entre les régions qui subissent des régimes climatiques différents. Les pratiques de récolte optimales varient aussi en fonction de l'espèce récoltée, puisque les dynamiques de croissance, de reproduction et de recrutement peuvent grandement différer.

Le [tableau 2](#) dresse un portrait des différentes pratiques de récolte dans les pays et régions d'Amérique du Nord (zone Atlantique nord-ouest) et d'Europe de l'Ouest (zone Atlantique nord-est) qui pratiquent la récolte sauvage de macroalgues. Plusieurs espèces sont également présentes dans l'EnGSL et leurs pratiques de récolte peuvent servir de base pour faire des suggestions de modifications et d'ajouts aux conditions de permis de récolte actuelles au Québec ([section 4](#)).

Tableau 2. Sommaire des pratiques actuelles de récolte de macroalgues sauvages dans quatre pays de l'Atlantique Nord. Les pratiques sont divisées selon une application à l'individu récolté ou au site de récolte. Ce tableau présente certaines entités géographiques qui ont été déterminées selon l'information disponible, d'autres sont présentées dans l'[Annexe 2](#). Ac : *Agarum clathratum*, Ae : *Alaria esculenta*, An : *Ascophyllum nodosum*, Cc : *Chondrus crispus*, Cf : *Chorda filum*, Cfla : *Chordaria flagelliformis*, Dr : *Devaleraea ramentacea*, Fspp : *Fucus* spp., Ld : *Laminaria digitata*, Pp : *Palmaria palmata*, Pspp : *Porphyra* spp., Sl : *Saccharina latissima*, Uspp : *Ulva* spp., n.d. : information non disponible.

Entité géographique*	Québec, Canada	Nouvelle- Écosse, Canada	Maine, États-Unis	Écosse, Royaume- Uni	Pays de Galles, Royaume- Uni	Angleterre, Royaume-Uni	Bretagne, France
	Province	Province	État	Nation	Nation	Nation	Région
INDIVIDU RÉCOLTÉ							
Période de récolte optimale	Aucune	- Après la croissance et reproduction - Toute l'année (laminaires, An) - Juillet à novembre (Cc)	- Pendant la croissance - Avant ou après la reproduction - Toute l'année (An, Fspp, Ld) - Mars à août (laminaires) - Mai à août (Fspp) - Mai à octobre (Pp) - Avril à octobre (Pspp, Uspp) - Juin à novembre (Cc)	- Toute l'année (Uspp) - Janvier à juillet (Ld) - Février à août (Ae) - Mai à octobre (Pp) - Avril à octobre (Pspp) - Février à août (Cc)	- Printemps (Ld, Pspp) - Printemps et été (Sl, Ae, Uspp, Cc) - Automne (Fspp)	- Été, automne, hiver (Fspp, An) - Printemps (Ld, Pspp) - Printemps, été (Cc, Uspp, Ae, Sl)	- Toute l'année (Uspp, An, Fspp, Sl, Ld) - Avril à décembre (Pp) - Avril à juin et septembre à novembre (Pspp) - Mai à octobre (Cc)

Entité géographique*	Québec, Canada	Nouvelle- Écosse, Canada	Maine, États-Unis	Écosse, Royaume- Uni	Pays de Galles, Royaume- Uni	Angleterre, Royaume-Uni	Bretagne, France
	Province	Province	État	Nation	Nation	Nation	Région
Taille minimale de récolte	Aucune	1 m (laminaire)	20 cm et plus (Pp)	n.d.	n.d.	n.d.	plus de 25 cm (Pspp, Pp), plus de 150 cm (Sl)
Hauteur de coupe (cm)	• 1 m (laminaires en plongée) • 30 cm (laminaires, à pied à partir du rivage) • En haut du méristème (Ae) • 15 cm (Fspp, An, Ac, Cfla, Dr) • Au- dessus du crampon (Uspp, Pp, Pspp, Cf, Cc)	• 12,7 cm (An) • 10 cm au- dessus de la jonction stipe- lame (laminaires)	• 40 cm (An) • En - dessous de la lame (Ae) • Au- dessus du crampon (Fspp, Cc) • Jonction (Ld, Sl)	• Au-dessus du crampon et méristème • 30 cm (An)	• 20 cm de lame (laminaires) • Entre 10 et 30 cm (An) • 15 à 30 cm (Fspp) • Crampon + bas lame (Pspp)	• Bien au- dessus du méristème • 30 cm (Fspp)	• 20 à 30 cm (An) • Crampon + partie lame (Pp, Pspp)
Laisser rameaux	Non	Oui (An)	Oui	Oui	Oui (Cc)	Oui	Oui (An, Fspp)

Entité géographique*	Québec, Canada	Nouvelle- Écosse, Canada	Maine, États-Unis	Écosse, Royaume- Uni	Pays de Galles, Royaume- Uni	Angleterre, Royaume-Uni	Bretagne, France
	Province	Province	État	Nation	Nation	Nation	Région
Laisser le crampon	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	• Oui (An, Fspp, Pspp, Pp, Uspp.) • Non (Ae, Cc Ld, Sl)
Éviter individus reproducteurs	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	n.d.
SITE DE RÉCOLTE							
Arrachage accidentel des crampons toléré	0 %	15 % (An)	0 %	0 %	0 %	0 %	n.d.
Type de récolte	• À la main • Du bord, en plongée • Outil tranchant	• À la main • Du bord, plongée, bateau • Outil tranchant, râteau	• À la main, mécanique • Du bord, bateau • Outil tranchant, râteau	• À la main, mécanique • Du bord, plongée, bateau • Outil tranchant	• À la main, mécanique • Du bord, plongée, bateau • Outil tranchant, râteau	• À la main • Du bord, plongée, bateau • Outil tranchant	• À la main, mécanique • Du bord, bateau • Outil tranchant ou en arrachant
Récolte maximale	50 %	• 30 % (laminaires) • 25 % (An)	• 30 % (Fspp, Cc, laminaires) • 17 % par année ou 50% sur 3 ans (An) • 75 % (Pp, Pspp, Uspp)	• 30 % • 15 à 25 % (An)	1/3 de la population mature	Petits pourcentages de la population	Collecte éparse

Entité géographique*	Québec, Canada	Nouvelle- Écosse, Canada	Maine, États-Unis	Écosse, Royaume- Uni	Pays de Galles, Royaume- Uni	Angleterre, Royaume-Uni	Bretagne, France
	Province	Province	État	Nation	Nation	Nation	Région
Jachère	Minimum 3 ans (An, Fsp)	• 2 ans (laminaires) • Variable selon l'espèce	n.d.	• 4 ans (laminaires) • Variable selon l'espèce	• 2 à 5 ans (An) • Variable selon l'espèce • Sites exposés 2 ans, sites abrités 4 ans (Cc)	• 2 ans (An) • Variable selon l'espèce	Oui (An)
Zone tampon	• 15 m de diamètre (laminaires, An, Fsp) • 3 m de diamètre (Cc)	15 m de diamètre	n.d.	Oui	• Oui, variable selon les espèces • 2 m (Cc)	Oui (An)	Oui
Fermeture de zone	Non	Pendant croissance et reproduction	n.d.	Sites vulnérables (érosion, haut taux d'herbivorie)	Non	Zone d'érosion côtière	n.d.
Fréquence par site	1 fois par année	n.d.	2 fois par année (Pspp)	1 fois par année	n.d.	n.d.	n.d.

Entité géographique*	Québec, Canada	Nouvelle- Écosse, Canada	Maine, États-Unis	Écosse, Royaume- Uni	Pays de Galles, Royaume- Uni	Angleterre, Royaume-Uni	Bretagne, France
	Province	Province	État	Nation	Nation	Nation	Région
Références	Côté- Laurin et al. 2016; MPO 2018.	MPO 2013; Government of Nova Scotia 2017; Vandermeulen 2013.	Maine Seaweed Council 2014.	Angus 2017; Burrows et al. 2018; Scottish Government 2016; Smale et Orr 2019.	NRW 2022; Wilding et al. 2021.	Bailey et Owen 2014; Knoop et al. 2024.	Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins de Bretagne 2022, 2024.

*Représente l'entité géographique et non le palier gouvernemental qui applique les réglementations.

3.1 PÉRIODES OPTIMALES ET À ÉVITER POUR LA RÉCOLTE DURABLE

La période de récolte jugée optimale pour la préservation de la ressource n'est pas la même selon les régions de récolte. Effectivement, l'Écosse, le Pays de Galles, l'Angleterre et l'Irlande demandent que l'essentiel de la récolte se fasse pendant la période de croissance, puisque ceci permet un rétablissement plus rapide de la biomasse après la récolte ([Tableau 2](#), [Annexe 2](#); Bailey et Owen 2014; Wilding et al. 2021). À l'opposé, la Nouvelle-Écosse propose plutôt une récolte après la saison de croissance puisque les macroalgues auront atteint la biomasse maximale, limitant ainsi une perturbation des fonctions de l'écosystème (Lotze et al. 2019). Par contre, la vaste majorité des entités géographiques s'entendent qu'il faut éviter la récolte pendant la saison de reproduction, ou du moins, limiter la récolte des individus reproducteurs ou des parties reproductrices. Certaines régions comme la Nouvelle-Écosse ferment complètement des zones de récolte pendant cette période pour permettre une reproduction efficace. D'autres comme l'Angleterre et l'Écosse demandent de récolter seulement une partie d'un individu fertile afin de laisser des structures reproductrices en place (p. ex. *A. nodosum*, *Fucus* spp.), s'il est impossible d'éviter la récolte pendant la période de reproduction. Les périodes de croissance et de reproduction sont spécifiques à l'espèce et à la région. Il est donc essentiel de poursuivre la recherche et actualiser les données à ce jour incomplètes sur les espèces de macroalgues de l'EnGSL, surtout dans un contexte de changement climatique où les cycles de vie pourraient être affectés.

3.2 HAUTEURS DE COUPE AU-DESSUS DU MÉRISTÈME POUR UNE REPOUSSE MAXIMALE

Identifier la hauteur de coupe minimale est une condition de récolte décrite pour la plupart des entités géographiques ([Tableau 2](#)). L'idée principale est de couper au-dessus du méristème pour permettre une repousse rapide des macroalgues après la récolte. En effet, la coupe sous le méristème ne permet plus à celui-ci de produire de nouveaux tissus et freine donc la croissance. Les hauteurs de coupe varient selon les espèces puisque le méristème n'est pas situé au même endroit chez toutes les macroalgues. Le méristème peut se trouver à quelques centimètres au-dessus de la jonction entre le stipe et la lame ou alors dans la partie basale, apicale ou en marge de la lame, dans le crampon ou une combinaison de ces parties ([Tableau 1](#)). Certaines espèces de macroalgues à rameaux comme *Fucus* spp. et *A. nodosum* ont un méristème au niveau des extrémités apicales, mais peuvent aussi générer de nouveaux tissus à partir du crampon lorsque les méristèmes apicaux sont endommagés. C'est pourquoi, plusieurs régions, comme la Nouvelle-Écosse et l'Écosse, ont instauré la récolte partielle d'un individu en laissant au moins un rameau. Cette condition encourage un renouvellement plus rapide de la biomasse après la récolte ([Tableau 2](#)). En plus de faciliter le renouvellement de la biomasse, cette pratique permet aussi de préserver certaines structures reproductrices comme mentionné dans le paragraphe précédent. Il s'agit donc de couper à quelques centimètres au-dessus du méristème ou de laisser une partie des méristèmes en place (p. ex. espèces à rameaux) en gardant en tête que plus la hauteur de coupe au-dessus du crampon est élevée, plus la régénération des tissus se fera rapidement (Gendron et al. 2017; Wilding et al. 2021). Il est important de noter que cette pratique est particulièrement efficace en pleine saison de croissance lorsque les tissus peuvent se régénérer rapidement.

3.3 ARRACHAGE DU CRAMPON : TOLÉRÉ OU INTERDIT?

Le point commun des pratiques de récolte de la plupart des entités géographiques est de laisser le crampon attaché au substrat ([Tableau 2](#)). Cette condition a été mise en place pour favoriser une repousse, conserver la diversité et préserver les fonctions écosystémiques des macroalgues. Par contre, cette pratique de récolte peut être plus difficile à respecter selon la morphologie de l'espèce (p. ex. petit crampon plus facilement délogeable chez les macroalgues rouges) et la saison (p. ex. macroalgues fragilisées et plus facilement délogeables en automne).

Cependant, en Nouvelle-Écosse, 15 % d'arrachage est toléré pour *A. nodosum* (Government of Nova Scotia 2017) et en Bretagne, il est toléré d'arracher *S. latissima*, *L. digitata*, *A. esculenta* et *C. crispus* ([Tableau 2](#); Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins de Bretagne 2022). L'arrachage en Nouvelle-Écosse est toléré puisque la récolte de *A. nodosum* se fait le plus souvent à l'aide d'un râteau. Cette méthode, moins délicate que la récolte manuelle, engendre parfois de l'arrachage accidentel, d'où le pourcentage autorisé de 15 % (Vandermeulen 2013). Il a d'ailleurs été recommandé dans les dernières années de revoir ce pourcentage à la baisse pour passer de 15 à 7 % d'arrachage accidentel toléré, et ce dans le but de limiter la surexploitation de la ressource qui avait été détectée dans certains secteurs (MPO 2013; Vandermeulen 2013). Par contre, cette suggestion n'a toujours pas été mise en vigueur. En Bretagne, les macroalgues qu'il est toléré d'arracher comprennent des espèces pérennes qui forment des couverts denses. Cette tolérance serait basée sur le concept de régénération de la ressource, puisque l'arrachage permettrait à de nouvelles recrues de s'ancrer et de mieux se développer, leur développement étant souvent limité par la compétition avec les adultes s'accaparant toutes les ressources (p. ex. substrat, lumière; Santelices et Ojeda 1984; Keats et al. 1985; Smith 1986; Stagnol et al. 2016). Cependant, dans la zone médiolittorale, la présence d'un couvert de macroalgues peut être avantageux pour les nouvelles recrues puisque l'exposition directe au soleil et le stress thermique qui y sont associés peuvent nuire à la colonisation (Schiel et Foster 2006; Knoop et al. 2020, 2024). L'arrachage modéré dans l'infra-littoral serait donc bénéfique pour une communauté de macroalgues lorsque les espèces arrachées forment des couverts denses contrairement au médiolittoral où ce couvert fournit un milieu plus adapté pour le développement de nouvelles recrues. Pour déterminer un taux d'arrachage adéquat, il est important de considérer la résilience des espèces face aux perturbations et leurs taux de rétablissement (Sharp, 1986; Vandermeulen 2013). De plus, il faudrait aussi prendre en considération qu'en plus de l'arrachage associé à la récolte de macroalgues, les perturbations naturelles pourraient aussi augmenter ce taux. En effet, les glaces hivernales, les tempêtes et le broutage intensif par les herbivores, notamment les oursins verts, peuvent changer considérablement le paysage sous-marin (Himmelman et al. 1983; Keats et al. 1985; Johnson et Mann 1988; Sharp et al. 2006; Vandermeulen 2013; Blain et Gagnon 2014). Il serait donc essentiel de demeurer prudent lors de l'établissement d'un pourcentage d'arrachage pour prendre en compte ces phénomènes naturels périodiques et variables en intensité.

3.4 POURCENTAGE DE RÉCOLTE MAXIMALE PERMIS POUR UN RENOUVELLEMENT EFFICACE DE LA RESSOURCE

Les pourcentages de récolte maximale en Atlantique Nord varient entre 17 et 75 % selon les espèces ([Tableau 2](#)). Les pourcentages de récolte les plus faibles sont appliqués aux espèces à croissance et maturité plus lentes comme *A. nodosum*. Les pourcentages de récolte les plus élevés sont appliqués aux macroalgues à cycle de vie plus rapide tel que *Porphyra* spp. et

Ulva spp. Les pourcentages varient souvent dans une même région selon l'espèce récoltée, mais sont aussi parfois uniformisés comme au Pays de Galles où le tiers (33 %) de la population mature, toute espèce confondue, peut être récoltée ([Tableau 2](#)). Ces pourcentages sont parfois estimés à la suite d'études sur le rétablissement de la population après la récolte, comme pour *A. nodosum* et *C. crispus* en Nouvelle-Écosse qui se sont remises lentement à la suite d'épisodes de récoltes intensives (p. ex. 95 % de la biomasse) ou de récoltes mal adaptées à la biologie de l'espèce (p. ex. endommagement ou délogement du crampon; MacFarlane 1952; Sharp et Pringle 1990; Sharp et al. 1995; Ang et al. 1996; MPO 2013).

De plus, les stocks potentiels de macroalgues ne sont connus que pour quelques espèces et les données disponibles remontent à plusieurs années, la plupart avant les années 2000 (Sharp et al. 1995, 1995; MPO 1998; MPO 2013; Vandermeulen 2013; Lauzon-Guay et al. 2021). Par exemple, pour *A. nodosum* dans les Maritimes et au Québec (rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent), la biomasse a été estimée respectivement en 1998 et en 1988, à un stock potentiel de 40 000 t (MPO 1998) et un stock total de 4 500 t (Gendron et Bergeron 1988). La désuétude des données affecte la gestion efficace des stocks pour toutes les espèces de macroalgues récoltées. Pour la majorité des espèces, des pourcentages de récolte précautionneux sont généralement recommandés pour limiter la surexploitation de la ressource. En effet, la récolte d'un pourcentage trop élevé de macroalgues peut mener à des impacts sur le fonctionnement de l'écosystème et la biodiversité, comme un changement dans la composition de la communauté de macroalgues, une diminution de la productivité primaire et secondaire, et une perte ou une fragmentation de l'habitat (Stagnol et al. 2013; Mac Monagail et al. 2017; Wilding et al. 2021). Un pourcentage de récolte établi par des suivis scientifiques des stocks de macroalgues au Québec seraient à privilégier (Sharp et al. 2006).

3.5 LES JACHÈRES : UN REPOS POUR LE RÉTABLISSEMENT

Plusieurs régions effectuent des jachères et des rotations de sites de récolte pour permettre à la ressource de se renouveler. En général, les jachères visent principalement les espèces pérennes qui sont récoltées en plus gros volume comme *S. latissima*, *Fucus* spp., *A. nodosum* et *C. crispus* ([Tableau 2](#)). Les durées de jachère ont été proposées, dans certains cas, suite à des études qui ont permis d'estimer la vitesse de rétablissement d'une population après une récolte, par exemple *C. crispus* au Maine (Mathieson et Burns 1975). Les taux de rétablissement dépendent de l'intensité de la récolte ainsi que de la durée de la saison de récolte. Mathieson et Burns (1975) estiment un rétablissement complet de *C. Crispus* suite à une récolte modérée en été après 5 à 6 mois, tandis qu'une récolte hivernale de cette espèce entraîne un temps de rétablissement trois fois plus élevé (18 mois). La mise en jachère est particulièrement importante lorsque plusieurs récolteurs utilisent le même site de récolte. Notons toutefois certaines exceptions à cette règle, notamment lorsque la ressource se régénère rapidement, ce qui permet de récolter un même site plusieurs fois au cours d'une même année (p. ex. *Porphyra* spp. au Maine).

3.6 ZONE TAMPON : BON POUR LE RECRUTEMENT

Les zones tampons entre les zones exploitées servent de réserves de ressources génétiques, préservant la diversité génétique des populations. Elles permettent aussi de limiter la fragmentation de l'habitat, surtout en cas de récolte plus intensive. Les zones tampons permettent aussi d'assurer le succès de la recolonisation de la zone exploitée qui est surtout importante pour les espèces ayant un pouvoir de dispersion limitée, comme les macroalgues rouges aux cellules reproductrices non-motiles. De plus, ces zones permettent de conserver

des bancs de macroalgues intacts où les tailles moyennes sont préservées à un état pré-récolte. En effet, la taille moyenne des macroalgues est amenée à diminuer avec la récolte (Knoop et al. 2024). Cette diminution de la taille des adultes en plus d'une pression de récolte constante pourrait mener à une diminution de la production des tissus fertiles et ce, même chez certaines espèces opportunistes et annuelles de nature plus résiliente (p. ex. *Porphyra* spp.; Knoop et al. 2024). Les zones tampons peuvent varier en taille, mais devraient idéalement être similaires aux tailles des zones de récolte (récolte en mosaïque). Cette pratique est répandue dans la plupart des régions étudiées (Nouvelle-Écosse, Écosse, Pays de Galles, Angleterre, Bretagne; [Tableau 2](#)).

3.7 SUIVIS SCIENTIFIQUES ET APPROCHE ÉCOSYSTÉMIQUE

Il serait avantageux de réaliser des suivis scientifiques pré- et post-récolte, ainsi que des études sur l'effet de la récolte sur les organismes associés aux écosystèmes de macroalgues (Seeley et Schlesinger 2012). Par exemple, dans une expérience d'élimination de la canopée de laminaires composée de *L. digitata* et *S. latissima* en Nouvelle-Écosse, les chercheurs ont vu un rétablissement complet de la canopée après un an seulement (Smith 1986). Cette étude a évalué le renouvellement des laminaires ciblés uniquement, mais n'a pas quantifié les effets de la disparition de la canopée sur les organismes associés. Alternativement, une autre étude a démontré que la coupe de la canopée ne donne pas toujours lieu à un recrutement rapide de l'espèce récoltée (Laminariales; Ojeda et Santelices 1984) et pourrait entraîner une perte de fonctions écosystémiques lorsqu'une autre espèce devient dominante dans la canopée (Tait et Schiel 2011; Castorani et al. 2018). Les suivis scientifiques sont nécessaires pour la gestion des stocks de macroalgues et déterminer des pratiques de récolte qui reflètent l'état de la ressource. De plus, le développement d'une approche écosystémique de la gestion des forêts de macroalgues serait à privilégier pour une gestion durable de la ressource au Québec, particulièrement si la récolte de macroalgues sauvages et le nombre de récolteurs augmentent. Cette approche cadre avec la *Loi des pêches* révisée en 2019 qui prône une approche écosystémique de la gestion des pêches pour mieux protéger l'habitat du poisson (MPO 2019).

4. SUGGESTIONS DE MODIFICATIONS ET D'AJOUTS AUX CONDITIONS DE PERMIS DE RÉCOLTE DES MACROALGUES SAUVAGES AU QUÉBEC

Au Québec, les macroalgues sauvages sont récoltées principalement en Gaspésie et au Bas-Saint-Laurent, et dans une moindre mesure, sur la Côte-Nord. Elles sont récoltées à pied à partir de la plage à marée basse, en apnée ou en plongée sous-marine. Les conditions de permis de récolte qui prévalaient jusqu'en 2024 ont été définies par Pêches et Océans Canada au Québec. Elles ont été élaborées au milieu des années 2000 et révisées en 2014 ([Annexe 1](#)). À partir de 2025, le gouvernement du Québec établira des conditions de permis de récolte dans les eaux provinciales du Québec et le MPO continuera d'établir des conditions de permis de récolte dans les eaux côtières du Canada. Certaines des conditions de permis de récolte des eaux côtières du Canada pourraient bénéficier d'une mise à jour afin de suivre l'avancement des connaissances scientifiques dans le domaine et de mieux refléter la réalité des récolteurs sur le terrain. Des suggestions de mise à jour des pratiques de récolte sont proposées en se basant sur les bonnes pratiques de récolte des autres régions de l'Atlantique Nord et sur la biologie des espèces d'intérêt commercial présentes dans les eaux de l'EnGSL.

4.1 MODIFICATIONS ET AJOUTS PRINCIPAUX

Les principaux changements proposés aux conditions de permis de récolte visent à les moderniser, les simplifier et les uniformiser. Ils constituent :

- un assouplissement de la tolérance du taux d'arrachage accidentel des crampons,
- une hauteur de coupe minimale au-dessus du méristème adaptée à chaque espèce,
- l'instauration d'une période de récolte plus adaptée à la biologie de chaque espèce de macroalgues.

Les suggestions présentées se basent surtout sur les pratiques de récolte dans des milieux tempérés, en raison de l'abondante littérature disponible. Certaines suggestions n'ont pas encore été testées dans le milieu subarctique de l'EnGSL (p. ex. effet de la glace hivernale), ce qui devrait être fait avant d'implémenter des modifications aux conditions de permis de récolte actuelles d'autant plus que les conditions environnementales de l'EnGSL diffèrent d'une zone de récolte à l'autre (p. ex. estuaire maritime vs Côte-Nord).

4.1.1 Arrachage accidentel de crampons toléré

La réglementation actuelle ne tolère aucun arrachage, tous les crampons devant demeurer sur le fond marin. Ceci pose un problème aux récolteurs surtout pour certaines algues rouges et vertes, qui ont un point d'ancrage moins solide que les grandes algues brunes. En effet, elles peuvent donc être délogées par inadvertance lors de la récolte, surtout vers la fin de la saison de croissance, et au début de la période de sénescence annuelle. La suggestion de modification propose donc un arrachage accidentel des crampons de 10 % de la biomasse totale récoltée par espèce. En d'autres mots, 10 % de la biomasse des individus récoltés d'une espèce pourrait avoir des crampons. Ce pourcentage toléré pourrait être amené à changer lorsque des essais sur le terrain auront déterminés si le fait de conserver le crampon sur le substrat est un véritable avantage pour la ressource.

4.1.2 Hauteur de coupe des laminaires au-dessus du méristème

La réglementation actuelle autorise une hauteur de coupe de 30 cm au-dessus du crampon des laminaires pour une récolte à partir du littoral et une hauteur de coupe de 1 m au-dessus du crampon en plongée sous-marine. Il serait préférable de prendre en considération les différentes morphologies des espèces de laminaires, certaines ayant un stipe beaucoup plus court (*L. digitata*) que d'autres (*S. latissima*). De plus, afin de permettre une repousse optimale des macroalgues suite à la récolte, il est important de conserver la zone du méristème et de couper au-dessus de celle-ci, ce que la hauteur de coupe actuelle ne garantit pas chez toutes les espèces (p. ex. *S. latissima* de morphotype à long stipe). En effet, la coupe d'une laminaire en-dessous du méristème, par exemple sur le stipe, est en fait plus dommageable que de l'arracher complètement à partir du crampon, puisque cet individu sera voué à se dégrader et à mourir, en plus d'occuper de l'espace sur le substrat qui aurait pu être colonisé par de nouvelles recrues.

La suggestion de modification propose de standardiser la hauteur minimale de coupe à 20 cm au-dessus de la jonction entre le stipe et la lame, soit au-dessus du méristème ([Tableau 3](#)), pour *H. nigripes*, *L. digitata*, *S. latissima*, *A. esculenta* et *S. dermatodea*. En effet, le méristème de ces espèces d'algues brunes à lame se trouve généralement entre 0 et 10 cm au-dessus de la jonction entre le stipe et la lame. Une hauteur de coupe de 20 cm au-dessus de cette jonction permet de conserver le méristème en plus d'ajouter une marge de prévention. Puisque

A. clathratum est une plus petite laminaire, une hauteur minimale de 10 cm au-dessus de la jonction entre le stipe et la lame est suggérée.

La hauteur de coupe minimale peut être moins pertinente pour les espèces annuelles comme *S. dermatodea*, mais cette pratique pourrait tout de même contribuer à son succès reproductif. De plus, la hauteur de coupe minimale pourrait s'avérer moins avantageuse lorsque l'algue annuelle n'est plus en période de croissance, puisque les tissus ne pourront pas se renouveler avant la prochaine saison de croissance et seront dégradés lors de la sénescence automnale. Des essais sur le terrain sont recommandés pour tester la pertinence de cette pratique de récolte sur les algues annuelles, ainsi que de déterminer s'il existe un moment plus adéquat pour appliquer cette pratique (p. ex. au début de la saison de croissance). Cette proposition s'applique pour toutes les algues annuelles récoltées.

4.1.3 Période de récolte restreinte

La réglementation actuelle permet la récolte des macroalgues toute l'année sans restriction. La suggestion de modification propose de restreindre les périodes de récolte pour optimiser le rétablissement de la biomasse sur pied, prévenir les taux d'arrachage trop élevés et favoriser l'efficacité de la reproduction ([Tableau 3](#)).

Pour préserver la biomasse sur pied, il est suggéré de concentrer la récolte pendant le pic de croissance, ce qui permet un renouvellement rapide de la ressource après la récolte. Bien que certaines régions préconisent la récolte après la saison de croissance (comme la Nouvelle-Écosse), la plupart des régions conseillent une récolte pendant la croissance active (Maine et Royaume-Uni; [Tableau 2](#)). Puisque la saison de croissance varie selon l'espèce, la période de récolte devrait être définie en fonction de sa biologie ([Tableau 3](#)). Cette restriction permet aussi de prévenir les taux d'arrachage trop élevés en concentrant la récolte pendant une période où les macroalgues sont moins facilement délogeables, contrairement à la période de sénescence où elles sont plus fragiles.

En plus de favoriser une période de récolte spécifique, il serait avantageux d'éviter la récolte pendant la période de reproduction afin d'assurer le succès reproductif. Si ceci s'avère problématique, la récolte de seulement une section de l'individu chez les espèces à rameaux (p. ex. *A. nodosum*, *Fucus* spp., *C. crispus*) serait à privilégier, laissant ainsi une partie des structures reproductrices en place. Certaines espèces présentent des individus reproducteurs toute l'année. Dans ce cas, il pourrait être avantageux de simplement éviter la récolte d'individus reproducteurs ou d'appliquer une restriction sur le pourcentage de récolte maximale (p. ex. un sur trois). L'évitement de la saison de reproduction est moins applicable pour *A. esculenta* dans l'éventualité où la récolte se fait à 20 cm au-dessus du méristème puisque les structures reproductrices se trouvent sous la lame, et ne seraient donc pas récoltées. Par contre, dans l'éventualité où l'arrachage est permis, éviter la saison de reproduction serait une suggestion de modification à considérer. Des essais sur le terrain visant à tester ces différentes suggestions permettrait d'identifier les plus avantageuses pour la repousse des macroalgues, le succès de la reproduction et le recrutement.

4.2 AUTRES SUGGESTIONS

4.2.1 Conditions de permis de récolte actuelles à conserver

La présente revue de littérature inclut plusieurs conditions actuelles de récolte jugées adéquates et à conserver, puisqu'elles préservent la ressource tout en permettant une récolte adéquate de macroalgues sauvages ([Annexe 1](#)).

Conditions de permis de récolte actuelles adéquates (au niveau de l'individu récolté)

- Couper les lames avec un objet tranchant

Conditions de permis de récolte actuelles adéquates (au niveau du site de récolte)

- Rotation de site pour *A. nodosum* et *Fucus* spp.
- Fréquence de récolte d'une fois par an, par site, et par espèce
- Limiter la récolte en fonction des périodes de fréquentation et d'utilisation des champs d'algues par d'autres espèces (p. ex. poissons, oiseaux marins)
- Jachères de 3 ans pour *A. nodosum* et *Fucus* spp.
- Zone d'exploitation de 15 m de diamètre pour les laminaires, *A. nodosum* *Fucus* spp. et de 3 m de diamètre pour *C. crispus*
- Zone tampon de 15 m de diamètre pour les laminaires, *A. nodosum*, *Fucus* spp. et de 3 m de diamètre pour *C. crispus*
- Registre de récolte des macroalgues

4.2.2 Conditions de permis de récolte actuelles à modifier ou à ajouter

Voici des suggestions de modifications de certaines conditions de permis de récolte actuelles ainsi que des suggestions de nouvelles pratiques de récolte pour permettre une gestion adéquate et bien préserver la ressource. Les suggestions suivantes peuvent être appliquées seules, bien que plusieurs entités géographiques utilisent une combinaison de celles-ci (p. ex. pourcentage de récolte à 33 % et jachères ; [Tableau 2](#)). Cependant, il n'est pas suggéré ici de toutes les ajouter. Il est plutôt suggéré de déterminer quelles combinaisons de ces pratiques de récolte serait pertinente pour chaque espèce, et ce, en procédant à des essais sur le terrain. En effet, l'EnGSL est un milieu marin subarctique, différent des milieux marins tempérés des entités géographiques incluses majoritairement dans le [Tableau 2](#).

Suggestions de modifications (au niveau de l'individu récolté)

- Une lame sur trois, donc un pourcentage de récolte maximale permis de 33 % qui vise à diminuer le pourcentage de 50 % actuel, élevé par rapport aux autres entités géographiques ([Tableau 2](#)).
- La hauteur de coupe pour *A. nodosum* pourrait être plus conservatrice. Cette espèce a une croissance très lente, et une hauteur de coupe plus haute permettrait un renouvellement plus rapide de la ressource. Gendron et al. (2017) ont démontré que 30 cm est une hauteur de coupe idéale pour la repousse de *A. nodosum* dans l'estuaire du Saint-Laurent, alors que 15 cm l'est moins (conditions de permis de récolte actuelles, voir [Annexe 1](#)). Le Maine applique une hauteur de coupe très conservatrice de 40 cm pour *A. nodosum*, et serait considéré comme le potentiel leader dans l'exploitation

durable des macroalgues (Webber et al. 2023). Plusieurs autres entités géographiques exigent une hauteur de coupe entre 20 et 30 cm pour *A. nodosum*, et peu d'entre elles de 15 cm et moins ([Tableau 2.](#))

Suggestions de modifications (au niveau du site de récolte)

- Les jachères, dans les conditions de permis de récolte actuelles, ne sont mises en place que pour *A. nodosum* et *Fucus* spp. ([Annexe 1](#)). D'autres espèces pérennes pourraient bénéficier de jachères comme les laminaires et *C. crispus*. Des jachères pour ces espèces sont demandées en Nouvelle-Écosse (laminaires), en Écosse (laminaires), au Pays de Galle (*C. crispus*) et en Irlande (*C. crispus*; [Tableau 2](#); [Annexe 2](#)). À l'opposé, d'autres régions, comme la Bretagne, ne demandent pas d'appliquer des durées de jachères. Les jachères pourraient être une pratique intéressante et facile à intégrer, avec des durées variables selon les espèces ([Tableau 3](#)).
- Une zone tampon pour toutes les espèces et pas seulement les laminaires, *A. nodosum*, *Fucus* spp. et *C. crispus*. Une telle zone serait avantageuse pour le recrutement efficace d'une espèce d'intérêt si, dans une zone adjacente à la zone récoltée, cette même espèce n'était pas récoltée, surtout pour les algues rouges qui ont des cellules sexuelles non motiles. De plus, la zone tampon peut servir de zone de référence ou de contrôle pour tester l'impact de la récolte sur les macroalgues. Cette pratique nécessite la prise de mesures sur le terrain pour délimiter des zones exploitées et non exploitées, un exercice qui peut être difficile à réaliser selon le mode de récolte (p. ex. en plongée sous-marine).
- Une superficie maximale du site de récolte pour toutes les espèces et pas seulement pour les laminaires, *A. nodosum*, *Fucus* spp. et *C. crispus*. Au même titre que la zone tampon, un site de récolte avec une superficie limitée permet un recrutement plus efficace grâce à la proximité avec les sites non-récoltés. La superficie maximale du site de récolte pourrait être équivalente à la superficie de la zone tampon et y être contiguë. Cette pratique est aussi appelée récolte en mosaïque. Encore une fois, l'établissement de dimensions spécifiques peut être plus difficile à respecter sur le terrain selon le mode de récolte.
- En plus des limitations de récolte selon l'utilisation des champs d'algues par les poissons et les oiseaux marins, il serait important de considérer le niveau d'herbivorie et le niveau d'érosion côtière d'un site. Si un site d'exploitation possède un niveau d'herbivorie élevé ou est situé dans une zone à érosion élevée, la récolte de macroalgues sur ce site n'est pas avisée. Cette suggestion est particulièrement valable pour les espèces de laminaires qui protègent les côtes en réduisant l'effet des vagues et qui sont la cible d'oursins verts. Il est donc important de bien connaître les perturbations naturelles (fréquence et intensité) auxquelles le site d'exploitation est soumis avant de commencer la récolte. Pour en savoir davantage sur l'érosion côtière, voici un outil qui peut être utile : [Cartographie des zones de contraintes relatives à l'érosion côtière et aux mouvements de terrain - Jeu de données - Données Québec](#).

Suggestions d'ajouts (au niveau de l'individu récolté)

- Laisser au moins un rameau sur chaque individu récolté possédant des rameaux ([Tableau 3](#)) pour préserver le méristème apical et les structures reproductrices. Cette

mesure permet une repousse post-récolte la plus rapide possible et une reproduction efficace. Cette pratique est répandue au Royaume-Uni, en France, en Nouvelle-Écosse et au Maine, des régions avec des réglementations qui semblent en général plus conservatrices qu'au Québec. En effet, elles recommandent la récolte partielle des individus, en plus d'avoir des pourcentages de récolte autorisés moins élevés (15 %, 17 %, 25 %, 30 %, etc.) qu'au Québec (50 %, mais 33 % suggéré ci-haut; [Tableau 2](#); [Annexe 2](#)).

- Il est avisé de limiter les prises accessoires en sélectionnant les lames avec le moins d'épibiontes, et retourner le plus possible les épibiontes mobiles à l'eau.

Suggestions d'ajouts (au niveau du site de récolte)

- L'implémentation de suivis scientifiques pré-récolte et post-récolte permettrait de mieux connaître l'état actuel et futur des stocks de macroalgues, toujours dans une optique de conservation et de gestion durable de la ressource. De plus, les conditions environnementales prévalentes aujourd'hui dans les différents sites de récolte peuvent être amenées à changer dans les prochaines années, dû entre autres aux changements climatiques, ce qui renforce l'importance de ces suivis. L'augmentation de la température des eaux côtières ainsi que la présence d'espèces envahissantes comme le membranipore (favorisé par des eaux plus chaudes) sont des enjeux importants à suivre. Pour des précisions sur les lieux avec mentions de ce bryzoaire dans les eaux du Québec, consultez la section 3.2.6 du rapport de [Simard et al. \(2024\)](#).

Le [Tableau 3](#) présente un résumé des pratiques de récolte suggérées par espèce ainsi que certaines pratiques spécifiques à privilégier, par exemple, les périodes de récolte optimales pour chaque espèce qui pourraient être appliquées au Québec.

Tableau 3. Sommaire des suggestions de modifications ou d'ajouts de pratiques de récolte des macroalgues d'intérêt commercial au Québec. Les pratiques sont classées selon qu'elles s'appliquent à l'individu récolté ou au site de récolte. Les périodes de croissance et de reproduction peuvent varier selon le secteur. n.a. : non applicable.

			SITE DE RÉCOLTE				INDIVIDU RÉCOLTÉ	
	Espèce	Nom commun	Récolter en période de croissance	Ne pas récolter en période de reproduction	Jachère	Zone tampon	Hauteur de coupe minimale	Laisser rameau intact
MACROALGUE BRUNE (PHAEOPHYCÉES)	Ordre Laminariales							
	<i>Agarum clathratum</i>	Agar criblé	Mai à juillet	Septembre à février	2 ans	À considérer	10 cm à partir de la jonction stipe-lame	n.a.
	<i>Alaria esculenta</i>	Alarie succulente	Mai à juin	Juillet et août	2 ans	À considérer	20 cm à partir de la jonction stipe-lame	n.a.
	<i>Laminaria digitata</i>	Laminaire digitée	Mai à juillet	Septembre et octobre	2 ans	Oui (15 m)	20 cm à partir de la jonction stipe-lame	n.a.
	<i>Hedophyllum nigripes</i>	-	Mai à juillet	Septembre et octobre	2 ans	Oui (15 m)	20 cm à partir de la jonction stipe-lame	n.a.
	<i>Saccharina latissima</i>	Laminaire sucrée	Mai à juillet	Septembre et octobre	2 ans	Oui (15 m)	20 cm à partir de la jonction stipe-lame	n.a.
	Ordre Tilopteridales							
	<i>Saccorhiza dermatodea</i>	Saccorhize	Mai à juillet	Septembre et octobre	Aucune	À considérer	20 cm à partir de la jonction stipe-lame	n.a.
	Ordre Fucales							

			SITE DE RÉCOLTE				INDIVIDU RÉCOLTÉ	
	Espèce	Nom commun	Récolter en période de croissance	Ne pas récolter en période de reproduction	Jachère	Zone tampon	Hauteur de coupe minimale	Laisser rameau intact
	<i>Ascophyllum nodosum</i>	Ascophylle noueuse	Juillet à septembre	Mai et juin	3 ans	Oui (15 m)	30 cm en haut du crampon	Oui
	<i>Fucus spp.</i>	Fucus	Juillet à septembre	Mai et juin	3 ans	Oui (15 m)	15 cm en haut du crampon	Oui
	Ordre Chordales							
	<i>Chorda filum</i>	Lacet de mer	Mai à juillet	Septembre et octobre	Aucune	À considérer	Aucune	n.a.
	Ordre Ectocarpales							
	<i>Chordaria flagelliformis</i>	-	Mai à juillet	Septembre et octobre	Aucune	À considérer	15 cm en haut du crampon	Oui
	Ordre Gigartinales							
MACROALGUE ROUGE (RHODOPHYTES)	<i>Chondrus crispus</i>	Mousse d'Irlande	Mai à juin	Juillet à octobre	3 ans	Oui (3 m)	En haut du crampon en laissant un bout de lame*	Oui
	Ordre Palmariales							
	<i>Palmaria palmata**</i>	Main de mer palmée	Mai à juillet	Septembre à février	2 à 3 ans	À considérer	En haut du crampon en laissant un bout de lame*	Oui
	<i>Devaleraea ramentacea</i>	-	Mai à juillet	Septembre à février	2 à 3 ans	À considérer	En haut du crampon en laissant un bout de lame*	Oui

	SITE DE RÉCOLTE						INDIVIDU RÉCOLTÉ	
	Espèce	Nom commun	Récolter en période de croissance	Ne pas récolter en période de reproduction	Jachère	Zone tampon	Hauteur de coupe minimale	Laisser rameau intact
	Ordre Bangiales							
	<i>Porphyra</i> spp.	Porphyres	Juillet	Mai, juin et août, septembre	Aucune	À considérer	En haut du crampon en laissant un bout de lame*	n.a.
MACROALGUE VERTE (CHLOROPHYTES)	Ordre Ulvales							
	<i>Ulva</i> spp.	Ulves	Mai et juin	Juillet et août	Aucune	À considérer	En haut du crampon en laissant un bout de lame*	n.a.

*La hauteur optimale du bout de fronde à laisser intact pourrait varier d'une espèce à l'autre selon l'augmentation future des connaissances de la biologie de ces espèces.

**Suggestions de bonnes pratiques, car la récolte de *P. palmata* peut être effectuée sans permis au Canada.

Pour toutes autres macroalgues qui ne se retrouvent pas dans ce document, il faudrait s'assurer de respecter certaines des pratiques générales de récolte suivantes :

- Récolter au maximum 33 % de la biomasse (une lame sur trois)
- Favoriser la récolte pendant la période de croissance active
- Éviter la récolte durant la période de reproduction et s'abstenir de récolter les individus en reproduction et les structures reproductrices
- Laisser le crampon ancré au substrat, mais si ardu, un arrachage des crampons d'un maximum de 10 % de la biomasse totale récoltée par espèce pourrait être acceptable
- Respecter la hauteur de coupe pour laisser la zone du méristème en place
- Utiliser un objet tranchant
- Considérer la mise en jachère
- Considérer une superficie maximale du site de récolte et instaurer une zone tampon entre les sites récoltés (récolte en mosaïque)
- Limiter les prises accessoires

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le secteur économique d'exploitation des macroalgues se développe de plus en plus à travers le monde. Une augmentation de la récolte des macroalgues en milieu sauvage et le développement de l'algoculture sont à prévoir dans les prochaines années (Webber et al. 2023; FAO 2024), notamment au Québec. Le présent ouvrage fait l'état des connaissances actuelles et propose des suggestions de modifications et d'ajouts de pratiques générales et spécifiques de récolte de macroalgues sauvages adaptées aux eaux et aux espèces marines subarctiques du Québec. Cette revue de littérature inclut un éventail de possibilités pour améliorer les conditions de permis de récolte et peuvent servir de point de départ, en tout ou en partie, aux décideurs dans un processus d'implémentation de nouvelles conditions de permis de récolte.

Ce document présente des suggestions qui ne sont pas nécessairement destinées à être toutes mises en place. La mise à jour des conditions de permis de récolte devrait être fondée d'abord sur des suivis post-récolte et des expériences scientifiques. Ceci permettrait d'optimiser la récolte pour les récolteurs en laissant de côté les pratiques de récolte ardues à appliquer et en privilégiant les pratiques qui remplissent le même objectif qui est d'assurer la pérennité de la ressource (p. ex. la jachère est plus simple à appliquer que les zones tampons). Pour bien comprendre les défis logistiques liés à la récolte de macroalgues dans l'EnGSL, il serait important de consulter les récolteurs pour évaluer la faisabilité de certaines conditions de permis de récolte sur le terrain.

Cette revue met à jour les connaissances scientifiques pour fournir aux décideurs les outils nécessaires afin de protéger la ressource tout en permettant une récolte prospère et durable. Ceci dit, certaines suggestions permettraient d'obtenir rapidement une récolte prospère et durable des macroalgues dont :

- Taux d'arrachage accidentel des crampons qui pourrait être toléré à un maximum de 10 % de la biomasse totale récoltée par espèce
- Coupe des macroalgues au-dessus du méristème ou laisser une partie des méristèmes, par exemple sur les espèces à rameaux

- Période de récolte pendant la période de croissance des macroalgues et éviter la récolte pendant la période de reproduction
- Mise en jachère
- Suivis scientifiques

En plus de l'amélioration des conditions de permis de récolte actuelles, le remplacement du modèle de gestion actuel centré sur l'espèce récoltée par une gestion écosystémique des forêts de macroalgues, faciliterait la conservation des ressources algales et des services écosystémiques qu'elles fournissent (Lotze et al. 2019; Vandermeulen 2013). L'approche écosystémique nécessite toutefois un niveau de connaissances des écosystèmes de macroalgues conséquent, ce qui manque actuellement pour plusieurs espèces de macroalgues et de zones de récolte de l'EnGSL. Par exemple, des projets scientifiques pourraient être développés sur les thèmes suivants :

- Évaluer les stocks d'espèces de macroalgues sauvages disponibles pour la récolte
- Évaluer différents taux d'arrachage sur le renouvellement de chaque espèce
- Valider l'impact de certaines pratiques de récolte individuelles et/ou des combinaisons de celles-ci sur la pérennité de la ressource
- Évaluer l'effet de la présence et de l'absence de glace sur le renouvellement des populations

6. REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier toutes les personnes qui ont contribué à l'amélioration de ce document par leurs révisions à différentes étapes : Romy Léger-Daigle (MPO-IML), Éric Tamigneaux, Tristan Le Goff (Merinov), Isabelle Gendron-Lemieux et Sandrine Papageorges, ainsi que l'éditeur du rapport Daniel Small (MPO-IML) et les réviseurs Benjamin Grégoire (MPO-IML) et Christian Nozais (UQAR). Ce projet a été financé par le Programme de collaboration en sciences halieutiques (PCSH) du MPO (RB).

7. GLOSSAIRE

Abiotique : Élément non vivant de l'environnement qui influence les autres organismes et les écosystèmes.

Alginates : Polysaccharides dérivés des parois cellulaires de certaines algues, principalement des algues brunes, utilisés dans diverses industries pour leurs propriétés gélifiantes, épaississantes et stabilisantes.

Anthéridies : Structure mâle qui produit les spermatozoïdes.

Biotique : Élément vivant de l'environnement qui influence les organismes vivants et les écosystèmes

Canaux de mucilage : Structures spécialisées à travers lesquelles les algues sécrètent du mucilage, une substance visqueuse qui aide à protéger l'algue contre la dessiccation, les prédateurs et les infections.

Carpogone : Structure femelle qui, après fécondation par les spermatozoïdes mâles, développe une structure pour la production de spores (carposporophyte).

Carposporophyte : Structure qui produit des carpospores, qui sont des spores diploïdes.

Carpospore : Spores diploïdes produits par le carposporophyte.

Carraghénanes : Polysaccharides extraits de certaines espèces de macroalgues rouges, utilisés dans diverses industries, notamment l'industrie alimentaire, pour leurs propriétés gélifiantes, épaississantes et stabilisantes.

Conchocelis : Phase de la vie de certaines macroalgues rouges, notamment celles du genre *Porphyra*. C'est une phase filamenteuse qui se développe à l'intérieur des coquilles d'autres organismes marins et qui produit des spores pour la reproduction, appelé conchospore.

Composés phénoliques : Composés chimiques naturels qui jouent un rôle important dans la défense des algues contre les stress environnementaux, les herbivores et les maladies, également appelé phénols.

Conchospore : forme de spore produite par la phase conchocelis de certaines algues rouges.

Cortex : Couche externe de tissus.

Crampon : Structure d'ancrage, composé d'haptères chez les laminaires.

Dioïque : Organisme où les organes reproducteurs mâles et femelles sont sur des individus différents.

Diploïde : Organisme qui contient deux copies complètes de chaque chromosome (2n).

Discoïde : En forme de disque (plat et rond).

Disque basal : Structure d'ancrage simple de forme discoïde.

Espèce ingénieuse : Espèce qui modifie ou maintient l'habitat physique, ayant ainsi un impact significatif sur la biodiversité et l'écosystème dans lequel elle se trouve.

Flagelle : Structure de propulsion semblable à un fouet utilisée par certaines cellules ou spores.

Fragmentation : Mode de reproduction asexuée où un nouvel individu se développe à partir d'un fragment de l'organisme parent.

Fucoxanthine : Pigment caroténoïde qui donne aux algues brunes leur couleur caractéristique et qui joue un rôle important dans la photosynthèse.

Gamète : Cellule reproductrice haploïde qui peut fusionner avec un autre gamète pour former un zygote diploïde.

Gamétophyte : Phase haploïde du cycle de vie d'une algue, qui produit des gamètes.

Haploïde : Qui ne contient qu'un seul ensemble de chromosomes (1n).

Hétéromorphe : Cycle de vie où les phases haploïdes et diploïdes ont des formes morphologiquement distinctes.

Infralittoral : Zone qui est toujours sous l'eau, même à marée basse.

Isomorphe : Cycle de vie où les phases haploïdes et diploïdes ont la même forme.

Lame : Corps de l'algue et site principal de la photosynthèse, appelée aussi lame ou thalle, les trois termes étant des synonymes.

Macrophyte : Producteur primaire aquatique macroscopique incluant les plantes marines et les macroalgues.

Médiolittoral : Zone qui est exposée à l'air à marée basse et submergée à marée haute, aussi appelée zone intertidale.

Méiose : Processus de division cellulaire qui produit des cellules filles, chacune ayant la moitié du nombre de chromosomes de la cellule mère.

Membraneuse : Tissu mince, souple et légèrement translucide, ressemblant à une membrane.

Méristème : Région de croissance active où la division cellulaire a lieu, aussi appelée zone méristématique.

Mitose : Processus de division cellulaire qui produit deux cellules filles génétiquement identiques à la cellule mère.

Monogénétique : Cycle de vie qui comprend une seule génération, où l'organisme passe directement de la phase de spore à la phase adulte (sporophyte) sans passer par une phase intermédiaire de gamétophyte.

Monoïque : Organisme qui possède à la fois des organes reproducteurs mâles et femelles.

Morphotype : Individus ou espèces qui partagent des caractéristiques morphologiques similaires.

Oogonie : Structure femelle qui produit les ovules ou oosphères.

Pérenne : Algue qui vit pendant plusieurs années, contrairement aux algues annuelles qui complètent leur cycle de vie en une seule année.

Phase gamétophytique : Étape du cycle de vie où le gamétophyte se développe.

Phase sporophytique : Étape du cycle de vie où le sporophyte se développe.

Pseudo-pérenne : Algue qui peut se régénérer à partir de tissus restants à sa base (p. ex. crampon et morceau de lame) et peut donc vivre plus d'un an.

Phycobiliprotéines : Pigments protéiques présents dans certaines algues, notamment les algues rouges, qui absorbent la lumière pour la photosynthèse.

Pneumatocystes : Structures flottantes remplies de gaz présentes sur certaines macroalgues brunes, qui leur permettent de rester à la surface de l'eau.

Producteur primaire : Organisme autotrophe qui utilise l'énergie solaire pour la convertir en matière organique en utilisant la photosynthèse.

Ramifications dichotomiques : Manière dont un organisme se divise et se ramifie à mesure qu'elle grandit où chaque branche de l'organisme se divise en deux branches de taille égale.

Réceptacles : Structures reproductrices qui permettent la formation des spores.

Récolte durable : Une pratique qui vise à gérer et à utiliser les ressources de macroalgues de manière à préserver leur viabilité à long terme.

Reproduction asexuée : Processus par lequel un nouvel individu est produit à partir d'un seul parent sans la nécessité de la fusion des gamètes.

Reproduction sexuée : Processus qui implique la fusion de deux gamètes pour produire un nouvel individu.

Reproduction végétative : Forme de reproduction asexuée où un nouvel individu se développe à partir d'une partie de l'organisme parent.

Sore : Structure qui produit et libère des spores chez certaines macroalgues.

Spore : Cellule reproductrice qui peut se développer en un nouvel individu sans fusionner avec une autre cellule.

Sporophylle : Structure reproductrice sur certaines macroalgues qui porte les sores.

Sporophyte : Phase diploïde du cycle de vie qui produit les spores.

Stipe : Structure qui soutient la lame et qui est rattachée au crampon.

Services écosystémiques : Bénéfices que les humains tirent d'un écosystème, comme la production d'oxygène, la séquestration du carbone et la prévention de l'érosion côtière.

Tétrasporange : Structure qui produit et contient des spores.

Tétraspore : Spore produite par certaines macroalgues rouges lors de la reproduction sexuée.

Tétrasporyte : Phase diploïde du cycle de vie de certaines macroalgues rouges qui produit des tétraspores.

Vésicules aérifères : Structures remplies de gaz présentes sur certaines macroalgues qui leur permettent de flotter.

Zone tampon : Région qui n'est pas perturbée par la récolte de macroalgues sauvages.

RÉFÉRENCES

- Adey, W.H., et Hayek, L.A.C. 2011. Elucidating marine biogeography with macrophytes: quantitative analysis of the north atlantic supports the thermogeographic model and demonstrates a distinct subarctic region in the northwestern Atlantic. *Northeast. Nat.* **18**(mo8): 1–128. doi:10.1656/045.018.m801.
- Ang, P.O., Sharp, G.J., et Semple, R.E. 1996. Comparison of the structure of populations of *Ascophyllum nodosum* (Fucales, Phaeophyta) at sites with different harvesting histories. *Fifteenth Int. Seaweed Symp. Proc. Fifteenth Int. Seaweed Symp. Held Valdivia Chile* 326/327: 179–184.
- Angus, S. 2017. Modern Seaweed Harvesting and Gathering in Scotland: The Legal and Ecological Context. *Scott. Geogr. J.* **133**(2): 101–114.
- Bailey, et Owen. 2014. Seaweed harvesting: Nature England's Advice. Nature England, 2014. 20 p.
- Balar, N.B., et Mantri, V.A. 2020. Insights into life cycle patterns, spore formation, induction of reproduction, biochemical and molecular aspects of sporulation in green algal genus

- Ulva*: implications for commercial cultivation. J. Appl. Phycol. **32**(1): 473–484. doi:10.1007/s10811-019-01959-7.
- Bartsch, I., Wiencke, C., Bischof, K., Buchholz, C.M., Buck, B.H., Eggert, A., Feuerpfeil, P., Hanelt, D., Jacobsen, S., Karez, R., Karsten, U., Molis, M., Roleda, M.Y., Schubert, H., Schumann, R., Valentin, K., Weinberger, F., et Wiese, J. 2008. The genus *Laminaria sensu lato* : recent insights and developments. Eur. J. Phycol. **43**(1): 1–86. doi:10.1080/09670260701711376.
- Baud, A. 2023. Base biologique et génétique de la domestication de l'algue rouge *Palmaria palmata*. Ph. D, Université de la Sorbonne.
- Béland, C. 2012. Évaluation de la biomasse algale sur le littoral de la côte nord du Saint-Laurent entre Tadoussac et Havre-Saint-Pierre : rapport final. Agence Mamu innu Kaikusseht, Sept-Îles, Québec, ii + 44 p. + annexes .
- Belsher, T., Bove, J., et de Cayeux, M.B. 1986. Études bibliographiques de quelques espèces planctoniques et benthiques littorales de la Manche.
- Bernic, D., Rioux, C., Côté, C., Bussières, G., et Benyagoub, M. 2022. Étude Économique sur la Chaîne de Valeur des Macroalgues au Québec. Consortium de recherche et innovations en bioprocédés industriels au Québec. 130 p.
- Billot, C., Engel, C., Rousvoal, S., Kloareg, B., et Valero, M. 2003. Current patterns, habitat discontinuities and population genetic structure: the case of the kelp *Laminaria digitata* in the English Channel. Mar. Ecol. Prog. Ser. 253: 111–121. doi:10.3354/meps253111.
- Birkett, D.A., Maggs, C.A., Dring, M.J., et Boaden, P.J.S. 1998. Infralittoral reef biotopes with kelp species - An overview of dynamic and sensitivity characteristics for conservation management of marine SACs. 174 p.
- Blain, C., et Gagnon, P. 2014. Canopy-Forming Seaweeds in Urchin-Dominated Systems in Eastern Canada: Structuring Forces or Simple Prey for Keystone Grazers? PLoS ONE **9**(5): e98204. doi:10.1371/journal.pone.0098204.
- Blomster, J., B ck, S., Fewer, D.P., Kiirikki, M., Lehvo, A., Maggs, C.A., et Stanhope, M.J. 2002. Novel morphology in *Enteromorpha* (Ulvoephyceae) forming green tides. Am. J. Bot. **89**(11): 1756–1763. doi:10.3732/ajb.89.11.1756.
- Bourgault-Faucher, G. 2020. L' conomie des pêches au Québec : analyse et propositions pour favoriser la commercialisation des produits de la mer du Québec sur le marché domestique. Institut de recherche en économie contemporaine. 128 p.
- Buck, B.H., et Buchholz, C.M. 2005. Response of offshore cultivated *Laminaria saccharina* to hydrodynamic forcing in the North Sea. Aquaculture **250**(3–4): 674–691. doi:10.1016/j.aquaculture.2005.04.062.
- Buggeln, R. 1977. Physiological investigations on *Alaria esculenta* (Laminariales, Phaeophyceae). II. Role of translocation in blade growth. J. Phycol. 13: 212–218.
- Burrows M.T., Fox, C.J., Moore, P., Smale, D., Sotheran, I., Benson, A., Greenhill, L., Martino, S., Parker, A., Thompson, E., Allen, C.J. 2018. Wild Seaweed Harvesting as a Diversification Opportunity for Fishermen. Un rapport de SRSI pour HIE, 171 p.
- Buschmann, A.H., Camus, C., Infante, J., Neori, A., Israel,  ., Hernández-González, M.C., Pereda, S.V., Gomez-Pinchetti, J.L., Golberg, A., Tadmor-Shalev, N., et Critchley, A.T. 2017. Seaweed production: overview of the global state of exploitation, farming and emerging research activity. Eur. J. Phycol. **52**(4): 391–406. doi:10.1080/09670262.2017.1365175.
- Castorani, M.C.N., Reed, D.C., et Miller, R.J. 2018. Loss of foundation species: disturbance frequency outweighs severity in structuring kelp forest communities. Ecology. **99**(11): 2442–2454. doi:10.1002/ecy.2485.
- Cardinal, A. 1990. R partition biogéographique des algues marines benthiques sur les côtes du Québec. Nat. Can. 117: 167–182.

- Chabot, R., et Rossignol, A. 2003. Algues et faune du littoral du Saint-Laurent maritime: Guide d'identification. Institut des sciences de la mer de Rimouski ; Pêches et Océans Canada, Institut Maurice-Lamontagne, Rimouski, Québec, Mont-Joli, Québec.
- Chapman, A.R.O. 1984. Reproduction, recruitment, and mortality in two species of *Laminaria* in southwest Nova Scotia. . J. Exp. Mar. Biol. Ecol. **78**(1–2): 99–109.
- Chapman, A.R.O. 1995. Functional ecology of furoid algae: twenty-three years of progress. *Phycologia* **34**(1): 1–32. doi:10.2216/i0031-8884-34-1-1.1.
- Cotas, J., Gomes, L., Pacheco, D., et Pereira, L. 2023. Ecosystem Services Provided by Seaweeds. *Hydrobiology* **2**(1): 75–96. doi:10.3390/hydrobiology2010006.
- Collén, J., Cornish, M.L., Craigie, J., Ficko-Blean, E., Hervé, C., Krueger-Hadfield, S.A., Leblanc, C., Michel, G., Potin, P., Tonon, T., et Boyen, C. 2014. *Chondrus crispus* – A Present and Historical Model Organism for Red Seaweeds. *Dans Adv. Bot. Res.* Elsevier. 53–89. doi:10.1016/B978-0-12-408062-1.00003-2.
- Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins de Bretagne. 2022. Récolte des algues de rive en Bretagne, Carnet de bord. Réalisé dans le cadre du programme défi algue bio, 62 p.
- Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins de Bretagne. 2024. Licence récolte algues de rive. Disponible à l'adresse <https://www.bretagne-peches.org/>.
- Côté-Laurin, M.-C., Berger, K., et Tamigneaux, É. 2016. Manuel pour la récolte commerciale des macroalgues au Québec. Merinov: 89 p.
- Dankworth, M., Heinrich, S., Fredriksen, S., et Bartsch, I. 2020. DNA barcoding and mucilage ducts in the stipe reveal the presence of *Hedophyllum nigripes* (Laminariales, Phaeophyceae) in Kongsfjorden (Spitsbergen). *J. Phycol.* **56**(5): 1245–1254. doi:10.1111/jpy.13012.
- Diehl, N., Li, H., Scheschonk, L., Burgunter-Delamare, B., Niedzwiedz, S., Forbord, S., Sæther, M., Bischof, K., et Monteiro, C. 2024. The sugar kelp *Saccharina latissima* I: recent advances in a changing climate. *Ann. Bot.* **133**(1): 183–212. doi:10.1093/aob/mcad173.
- Dudgeon, S., et Petratis, P.S. 2005. First year demography of the foundation species, *Ascophyllum nodosum*, and its community implications. *Oikos*. **109**(2): 405–415. doi:10.1111/j.0030-1299.2005.13782.x.
- Dutil, J.-D., R. Miller, C. Nozères, B. Bernier, D. Bernier, et D. Gascon. 2006. Révision des identifications de poissons faites lors des relevés scientifiques annuels d'évaluation de l'abondance des poissons de fond et de la crevette nordique dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent. *Rapp. manus. can. sci. halieut. aquat.* 2760 : x + 87 p.
- Eger, A.M., Marzinelli, E.M., Beas-Luna, R., Blain, C.O., Blamey, L.K., Byrnes, J.E.K., Carnell, P.E., Choi, C.G., Hession-Lewis, M., Kim, K.Y., Kumagai, N.H., Lorda, J., Moore, P., Nakamura, Y., Pérez-Matus, A., Pontier, O., Smale, D., Steinberg, P.D., et Vergés, A. 2023. The value of ecosystem services in global marine kelp forests. *Nat. Commun.* **14**(1): 1894. doi:10.1038/s41467-023-37385-0.
- FAO. 2024. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action. Rome. 232 p. <https://doi.org/10.4060/cd0683en>
- Fass, M.P. 2021. Harvesting regime on the shores of Nova Scotia - A review. *Proceedings of the Nova Scotian Institute of Science* **51**(Part 2): 443–454.
- Faes, V.A., et Viejo, R.M. 2003. Structure and dynamics of a population of *Palmaria palmata* (Rhodophyta) in Northern Spain. *J. Phycol.* **39**(6): 1038–1049. doi:10.1111/j.0022-3646.2003.02-142.x.
- Franke, K., Liesner, D., Heesch, S., et Bartsch, I. 2021. Looks can be deceiving: Contrasting temperature characteristics of two morphologically similar kelp species co-occurring in the Arctic. *Bot. Mar.* **64**(3): 163–175. doi:10.1515/bot-2021-0014.

- Fredericq, S., Brodie, J., et Hommersand, M.H. 1992. Developmental morphology of *Chondrus crispus* (Gigartinales, Rhodophyta). *Phycologia* **31**(6): 542–563. doi:10.2216/i0031-8884-31-6-542.1.
- Fredersdorf, J., Müller, R., Becker, S., Wiencke, C., et Bischof, K. 2009. Interactive effects of radiation, temperature and salinity on different life history stages of the Arctic kelp *Alaria esculenta* (Phaeophyceae). *Oecologia* **160**(3): 483–492. doi:10.1007/s00442-009-1326-9.
- Gagnon, P., Himmelman, J.H., et Johnson, L.E. 2004. Temporal variation in community interfaces: kelp-bed boundary dynamics adjacent to persistent urchin barrens. *Mar. Biol.* **144**(6): 1191–1203. doi:10.1007/s00227-003-1270-x.
- Gagnon, P., Johnson, L.E., et Himmelman, J.H. 2005. Kelp patch dynamics in the face of intense herbivory: Stability of *Agarum clathratum* (Phaeophyta) stands and associated flora on urchin barrens. *J. Phycol.* **41**(3): 498–505. doi:10.1111/j.1529-8817.2005.00078.x.
- Gantt, E., Berg, G.M., Bhattacharya, D., Blouin, N.A., Brodie, J.A., Chan, C.X., Collén, J., Cunningham, F.X., Gross, J., Grossman, A.R., Karpowicz, S., Kitade, Y., Klein, A.S., Levine, I.A., Lin, S., Lu, S., Lynch, M., Minocha, S.C., Müller, K., Neefus, C.D., De Oliveira, M.C., Rymarkis, L., Smith, A., Stiller, J.W., Wu, W.-K., Yarish, C., Zhuang, Y., et Brawley, S.H. 2010. Porphyra: Complex Life Histories in a Harsh Environment: *P. umbilicalis*, an Intertidal Red Alga for Genomic Analysis. Dans *Red Algae in the Genomic Age*. Édité par J. Seckbach et D.J. Chapman. Springer Netherlands, Dordrecht. 129–148. doi:10.1007/978-90-481-3795-4_7.
- Garbary, D.J., Beveridge, L.F., Flynn, A.D., et White, K.L. 2012. Population ecology of *Palmaria palmata* (Palmariales, Rhodophyta) from harvested and non-harvested shores on Digby Neck, Nova Scotia, Canada. *Algae* **27**(1): 33–42. doi:10.4490/algae.2012.27.1.033.
- Gendron, L., et Bergeron, P. 1988. Détermination d'un niveau de récolte admissible de l'algue brune *Ascophyllum nodosum* sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent (Anse-au-Persil, Saint-Fabien-sur-Mer et Métis). CSCPCA, document de recherche 88/15.
- Gendron, L., Merzouk, A., Bergeron, P., et Johnson, L.E. 2017. Managing disturbance: the response of a dominant intertidal seaweed *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis to different frequencies and intensities of harvesting. *J. Appl. Phycol.* **30**(3): 1877–1892. doi:10.1007/s10811-017-1346-5.
- Gendron-Lemieux, I., Gilmore-Solomon, L., Tamigneaux, É. et Tremblay-Gratton, A. 2021. Essais de culture de *Porphyra* sp dans une perspective d'épuration des effluents de viviers de homard. Merinov, Rapport de R-D no 21-01. 73 p.
- Gendron-Lemieux, I., Gilmore-Solomon, L., Berger, K., et Tamigneaux, É. 2016. Développement d'une méthode de culture pour l'algue brune *Chorda filum* en milieu lagunaire. Rapport de projet. no 16-12. 74 p.
- Government of British Columbia. 2016. Fish and Seafood Act. Dans 216.
- Government of Nova Scotia. 2017. Rock Weed Harvesting Regulations. Disponible à l'adresse <https://novascotia.ca/just/regulations/regs/fcrweed.htm>.
- Graham, L.E., Graham, J.M., Cook, M.E., et Wilcox, L.W. 2016. Algae. Dans Third edition. LJLM Press, Madison.
- Grant, W.S., Lydon, A., et Bringloe, T.T. 2020. Phylogeography of split kelp *Hedophyllum nigripes*: northern ice-age refugia and trans-Arctic dispersal. *Polar Biol.* **43**(11): 1829–1841. doi:10.1007/s00300-020-02748-6.
- Grégoire, B., Pitre, L.D., Nolet-Provencher, L., et Paquette, L. 2024. Distribution d'organismes marins de la zone côtière peu profonde du Québec recensés par imagerie sous-marine de 2017 à 2021. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3616 : v + 76 p.
- Grote, B. 2019. Recent developments in aquaculture of *Palmaria palmata* (Linnaeus) (Weber & Mohr 1805): cultivation and uses. *Rev. Aquac.* **11**(1): 25–41. doi:10.1111/raq.12224.

- Guiry, M.D. 1982. *Devaleraea*, A New Genus of the Palmariaceae (Rhodophyta) in the North Atlantic and North Pacific. J. Mar. Biol. Assoc. U. K. **62**(1): 1–13. doi:10.1017/S0025315400020063.
- Guiry, M.D., et Guiry, G.M. 2024, 30 octobre. Algaebase. Disponible à l'adresse https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=14458 [consulté le 23 décembre 2024].
- Harley, C.D.G., Anderson, K.M., Demes, K.W., Jorve, J.P., Kordas, R.L., Coyle, T.A., et Graham, M.H. 2012. Effects of climate change on global seaweed communities. J. Phycol. **48**(5): 1064–1078. doi:10.1111/j.1529-8817.2012.01224.x.
- Hatchett, W.J., Coyer, J.A., Sjøtun, K., Jueterbock, A., et Hoarau, G. 2022. A review of reproduction in the seaweed genus *Fucus* (Ochrophyta, Fucales): Background for renewed consideration as a model organism. Front. Mar. Sci. **9**: 1051838. doi:10.3389/fmars.2022.1051838.
- Hayden, H.S., Blomster, J., Maggs, C.A., Silva, P.C., Stanhope, M.J., et Waaland, J.R. 2003. Linnaeus was right all along: *Ulva* and *Enteromorpha* are not distinct genera. Eur. J. Phycol. **38**(3): 277–294. doi:10.1080/1364253031000136321.
- Hawkins, S., et Harkin, E. 1985. Preliminary Canopy Removal Experiments in Algal Dominated Communities Low on the Shore and in the Shallow Subtidal on the Isle of Man. Bot. Mar. **28**(6): 223–230.
- Hill. 2008a. Oarweed (*Laminaria digitata*): Marine Evidence–based Sensitivity Assessment (MarESA) Review. MarLIN - Marine Life Information Network. Disponible à l'adresse http://www.marlin.ac.uk/assets/pdf/species/marlin_species_1386_2019-03-21.pdf [consulté le 15 août 2024].
- Hill. 2008b. Dulse (*Palmaria palmata*): Marine Evidence–based Sensitivity Assessment (MarESA) Review. MarLIN - Marine Life Information Network. Disponible à l'adresse http://www.marlin.ac.uk/assets/pdf/species/marlin_species_1405_2019-03-21.pdf [consulté le 19 July 2024].
- Himmelman, J.H., Cardinal, A., et Bourget, E. 1983. Community development following removal of urchins, *Strongylocentrotus droebachiensis*, from the rocky subtidal zone of the St. Lawrence Estuary, Eastern Canada. Oecologia **59**(1): 27–39. doi:10.1007/BF00388068.
- Hurd, C.L., Harrison, P.J., Bischof, K., et Lobban, Christopher.S. 2014. Seaweed Ecology and Physiology. Dans Second edition. Cambridge University Press.
- Hurd, C.L., et Pilditch, C.A. 2011. Flow-induced morphological variations affect diffusion boundary-layer thickness of *Macrocystis pyrifera* (Heterokontophyta, Laminariales). J. Phycol. **47**(2): 341–351. doi:10.1111/j.1529-8817.2011.00958.x.
- Jasper, C. 2015. [*Saccharina latissima*] and [*Laminaria digitata*] on sheltered sublittoral fringe rock, 2015. In Tyler-Walters H. and Hiscock K. (eds) Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews, [en ligne]. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. doi.org/10.17031/marlinhab.346.1
- Jayathilake, D.R.M., et Costello, M.J. 2020. A modelled global distribution of the kelp biome. Biol. Conserv. **252**: 108815. doi:10.1016/j.biocon.2020.108815.
- Johnson, C.R., et Mann, K.H. 1988. Diversity, Patterns of Adaptation, and Stability of Nova Scotian Kelp Beds. Ecol. Monogr. **58**(2): 129–154. doi:10.2307/1942464.
- Jones, C.G., Lawton, J.H., et Shachak, M. 1994. Organisms as ecosystem engineers. Ecosyst. Manag. **69**: 373–386.
- Justice Canada. 2022. Règlement de pêche de l'Atlantique de 1985 (DORS/86-21). Disponible à l'adresse <https://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/dors-86-21/index.html>.
- Justice Canada. 2024. Loi sur les pêches (L.R.C., 1985, ch. F-14). Disponible à l'adresse <https://laws.justice.gc.ca/fra/lois/f-14/>.

- Keats, D.W. 1991. Refugial *Laminaria* Abundance and Reduction in Urchin Grazing in Communities in the North-West Atlantic. J. Mar. Biol. Assoc. U. K. **71**(4): 867–876. doi:10.1017/S0025315400053510.
- Keats, D.W., et South, G.R. 1985. Aspects of the reproductive phenology of *Saccorhiza dermatodea* (Phaeophyta, Laminariales) in Newfoundland. Br. Phycol. J. **20**(2): 117–122. doi:10.1080/00071618500650141.
- Keats, D., South, G., et Steele, D. 1985. Algal biomass and diversity in the upper subtidal at a pack-ice disturbed site in eastern Newfoundland. Mar. Ecol. Prog. Ser. **25**: 151–158. doi:10.3354/meps025151.
- Keser, M., et Larson, B. 1984. Colonization and growth dynamics of three species of *Fucus*. Mar. Ecol. Prog. Ser. **15**: 125–134. doi:10.3354/meps015125.
- Khan, A.H., Levac, E., Van Guelphen, L., Pohle, G., et Chmura, G.L. 2018. The effect of global climate change on the future distribution of economically important macroalgae (seaweeds) in the northwest Atlantic. FACETS **3**(1): 275–286. doi:10.1139/facets-2017-0091.
- Kim, S.-H., et Kawai, H. 2002. Taxonomic revision of *Chordaria flagelliformis* (Chordariales, Phaeophyceae) including novel use of the intragenic spacer region of rDNA for phylogenetic analysis. Phycologia **41**(4): 328–339. doi:10.2216/i0031-8884-41-4-328.1.
- Knoop, J., Barrento, S., et Griffin, J.N. 2024. Harvesting impact on a commercially important red macroalga on a North-East Atlantic rocky shore. Hydrobiologia **851**(18): 4385–4400. doi:10.1007/s10750-024-05591-6.
- Knoop, J., Griffin, J.N., et Barrento, S. 2020. Cultivation of early life history stages of *Porphyra dioica* from the British Isles. J. Appl. Phycol. **32**(1): 459–471. doi:10.1007/s10811-019-01930-6.
- Kraan, S. 2020. Concise review of the genus *Alaria* Greville, 1830. J. Appl. Phycol. **32**(6): 3543–3560. doi:10.1007/s10811-020-02222-0.
- Krumhansl, K., et Scheibling, R. 2011. Spatial and temporal variation in grazing damage by the gastropod *Lacuna vincta* in Nova Scotian kelp beds. Aquat. Biol. **13**(2): 163–173. doi:10.3354/ab00366.
- Krumhansl, K.A., Lee, J.M., et Scheibling, R.E. 2011. Grazing damage and encrustation by an invasive bryozoan reduce the ability of kelps to withstand breakage by waves. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. **407**(1): 12–18. doi:10.1016/j.jembe.2011.06.033.
- Lauzon-Guay, J.-S., Ugarte, R.A., Morse, B.L., et Robertson, C.A. 2021. Biomass and height of *Ascophyllum nodosum* after two decades of continuous commercial harvesting in eastern Canada. J. Appl. Phycol. **33**(3): 1695–1708. doi:10.1007/s10811-021-02427-x.
- Lavaut, E., Guillemain, M.-L., Colin, S., Faure, A., Coudret, J., Destombe, C., et Valero, M. 2022. Pollinators of the sea: A discovery of animal-mediated fertilization in seaweed. Science **377**(6605): 528–530. doi:10.1126/science.abo6661.
- Lindstrom, S.C., et Cole, K.M. 1992. A revision of the species of *Porphyra* (Rhodophyta: Bangiales) occurring in British Columbia and adjacent waters. Can. J. Bot. **70**(10): 2066–2075. doi:10.1139/b92-256.
- Lionard, M., Tamigneaux, É., Gendron-Lemieux, I., et Berger, K. 2014. Présentation du potentiel d'utilisation de la biomasse algale sur la Côte-Nord. Merinov, Rapport de R-D no 14-03. 23 p.
- Longtin, C., et Saunders, G. 2016. The relative contribution of *Saccharina nigripes* (Phaeophyceae) to the Bay of Fundy Laminariaceae: spatial and temporal variability. Mar. Ecol. Prog. Ser. **543**: 153–162. doi:10.3354/meps11566.
- Longtin, C.M., et Saunders, G.W. 2015. On the utility of mucilage ducts as a taxonomic character in *Laminaria* and *Saccharina* (Phaeophyceae) – the conundrum of *S. groenlandica*. Phycologia **54**(5): 440–450. doi:10.2216/15-19.1.

- Lotze, H.K., Milewski, I., Fast, J., Kay, L., et Worm, B. 2019. Ecosystem-based management of seaweed harvesting. *Bot. Mar.* **62**(5): 395–409. doi:10.1515/bot-2019-0027.
- Lubchenco, J., et Cubitt, J. 1980. Heteromorphic Life Histories of Certain Marine Algae as Adaptations to Variations in Herbivory. *Ecology* **61**(3): 676–687. doi:10.2307/1937433.
- Lukeman, R.J., Beveridge, L.F., Flynn, A.D., et Garbary, D.J. 2012. A mathematical model of the commercial harvest of *Palmaria palmata* (Palmariales, Rhodophyta) on Digby Neck, Nova Scotia, Canada. *Algae* **27**(1): 43–54. doi:10.4490/algae.2012.27.1.043.
- Mac Monagail, M., Cornish, L., Morrison, L., Araújo, R., et Critchley, A.T. 2017. Sustainable harvesting of wild seaweed resources. *Eur. J. Phycol.* **52**(4): 371–390. doi:10.1080/09670262.2017.1365273.
- Mac Monagail, M.M., and Morrison, L. 2020. The seaweed resources of Ireland: a twenty-first century perspective. *J. Appl. Phycol.* **32**(2): 1287–1300. doi:10.1007/s10811-020-02067-7.
- MacFarlane, C. 1952. A survey of certain seaweeds of commercial importance in southwest Nova Scotia. *Can. J. Bot.* **30**(1): 78–97. doi:10.1139/b52-008.
- Maine Seaweed Council. 2014. Harvester's Field Guide to Maine Seaweeds. Maine, 10 p.
- Mann, K.H. 1972. Ecological energetics of the sea-weed zone in a marine bay on the Atlantic coast of Canada. II. Productivity of the seaweeds. *Mar. Biol.* **14**(3): 199–209. doi:10.1007/BF00348280.
- Mantri, V.A., Kazi, M.A., Balar, N.B., Gupta, V., et Gajaria, T. 2020. Concise review of green algal genus *Ulva Linnaeus*. *J. Appl. Phycol.* **32**(5): 2725–2741. doi:10.1007/s10811-020-02148-7.
- Mathieson, A.C., et Dawes, C.J. 2017. Seaweeds of the Northwest Atlantic. *Dans* University of Massachusetts Press.
- Mathieson, A.C., et Dawes, C.J. 2020. Biology and ecology of Northwest Atlantic seaweeds. *In* Handbook of Algal Science, Technology and Medicine. Elsevier. 71–90. doi:10.1016/B978-0-12-818305-2.00005-X.
- Mathieson, A.C., et Burns, R.L. 1975. Ecological studies of economic red algae. V. Growth and reproduction of natural and harvested populations of *Chondrus crispus* Stackhouse in New Hampshire. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **17**(2): 137–156.
- Mathieson, A. C., Hehre, E. J., Hambrook, J., & Gerweck, J. 1996. A comparison of insular seaweed floras from Penobscot Bay, Maine, and other northwest Atlantic islands. *Rhodora*, 369-418.
- McDevit, D.C., et Saunders, G.W. 2010. A DNA barcode examination of the Laminariaceae (Phaeophyceae) in Canada reveals novel biogeographical and evolutionary insights. *Phycologia* **49**(3): 235–248. doi:10.2216/PH09-36.1.
- Morris, M. 2015. Harvesting Seaweed in Alaska. Disponible à l'adresse https://www.adfg.alaska.gov/index.cfm?adfg=wildlifeneews.view_article&articles_id=752.
- MPO. 1998. Ascophylle noueuse (*Ascophyllum nodosum*). MPO – Sciences, Rapport sur l'état des stocks C3-57.
- MPO. 1999a. Coastal Zone Species Profile Series - Winged Kelp. (13).
- MPO. 1999b. Coastal Zone Species Profiles Series - Finger Kelp. (14)
- MPO. 1999c. Coastal Zone Species Profile Series - Knotted wrack. (16).
- MPO. 2009. Évaluation écologique de la mousse d'Irlande (*Chondrus crispus*) dans la zone de protection marine Bassin Head. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2009/059.
- MPO. 2013. Évaluation des renseignements sur les récoltes de mousse d'Irlande, d'ascophylle noueuse et de varech en Nouvelle-Écosse. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2013/004.
- MPO. 2018. Permis de récolte de plantes marines. En vertu de l'article 45 de la Loi sur les pêches.

- MPO 2019. Fisheries Act updates to support habitat restoration and the rebuilding of fish stocks. Disponible à l'adresse <https://www.dfo-mpo.gc.ca/campaign-campagne/fisheries-act-loi-sur-les-peches/habitat-eng.html>.
- Munda, I.M. 1992. Gradient in seaweed vegetation patterns along the North Icelandic coast, related to hydrographic conditions. *Hydrobiologia* **242**(3): 133–147. doi:10.1007/BF00019962.
- Neiva, J., Serrão, E.A., Paulino, C., Gouveia, L., Want, A., Tamigneaux, É., Ballenghien, M., Mauger, S., Fouqueau, L., Engel-Gautier, C., Destombe, C., et Valero, M. 2020. Genetic structure of amphi-Atlantic *Laminaria digitata* (Laminariales, Phaeophyceae) reveals a unique range-edge gene pool and suggests post-glacial colonization of the NW Atlantic. *Eur. J. Phycol.* **55**(4): 517–528. doi:10.1080/09670262.2020.1750058.
- Noisette, F., et Hurd, C. 2018. Abiotic and biotic interactions in the diffusive boundary layer of kelp blades create a potential refuge from ocean acidification. *Funct. Ecol.* **32**(5): 1329–1342. doi:10.1111/1365-2435.13067.
- Norton, T.A. 1972. The development of *Saccorhiza dermatodea* (Phaeophyceae, Laminariales) in culture. *Phycologia*. 11 : 81-86.
- Novaczek, I., Lubbers, G.W., et Breeman, A.M. 1990. Thermal ecotypes of amphi-Atlantic algae. I. Algae of Arctic to cold-temperate distribution (*Chaetomorpha melagonium*, *Devaleraea ramentacea* and *Phycodrys rubens*). *Helgoländer Meeresunters.* **44**(3–4): 459–474. doi:10.1007/BF02365480.
- Office of Legislative Counsel. 2016. Fish and Seafood Act: Fish and Seafood Licensing Regulation. Victoria, British Columbia. Disponible à l'adresse https://www.bclaws.gov.bc.ca/civix/document/id/complete/statreg/261_2016.
- Ojeda, F., et Santelices, B. 1984. Ecological dominance of *Lessonia nigrescens* (Phaeophyta) in central Chile. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 19: 83–91. doi:10.3354/meps019083.
- Parke, M. 1948. Studies on the British Laminariaceae. I. Growth in *Laminaria saccharina* (L.) Lamour. *J. Mar. Biol. Ass. UK.*, 27, 651–709.
- Pfister, C.A., Altabet, M.A., et Weigel, B.L. 2019. Kelp beds and their local effects on seawater chemistry, productivity, and microbial communities. *Ecology* **100**(10): e02798. doi:10.1002/ecy.2798.
- Pizzolla, P.F. 2008. Sea lettuce (*Ulva lactuca*). Disponible à l'adresse <https://www.marlin.ac.uk/species/detail/1467>.
- Pringle, J., and Sharp, G. 1986. Rational for the path chosen in bringing assessment science to the eastern Canadian Irish moss (*Chondrus crispus*) fishery. *Actas Segundo Congreso Nacional sobre Algas Marinas Chilenas.* 75-90.
- Prince, J.S., and Kingsbury, J.M. 1973. The ecology of *Chondrus crispus* at Plymouth, Massachusetts. Iii. Effect of elevated temperature on growth and survival. *Biol. Bull.* **145**(3): 580–588. doi:10.2307/1540638.
- Probyn, T.A., et Chapman, A.R.O. 1983. Summer growth of *Chordaria flagelliformis* (O.F. Muell.) C. Ag.: Physiological strategies in a nutrient stressed environment. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **73**(3): 243–271. doi:10.1016/0022-0981(83)90050-3.
- Provencher-Nolet, L., Paquette, L., Pitre, L.-D., Grégoire, B., et Desjardins, C. 2024. Cartographie des macrophytes estuariens et martine du Québec. *Rapp. tech. can. sci. halieut. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat.* 3617 : vi + 99 p.
- Redmond, S., Green, L., Yarish, C., Kim, J., et Neefus, C. 2014. New England Seaweed Culture Handbook. N. Engl. Seaweed Cult. Handb.-Nurs. Syst.
- Rinehart, S., Guidone, M., Ziegler, A., Schollmeier, T., et Thornber, C. 2014. Overwintering strategies of bloom-forming *Ulva* species in Narragansett Bay, Rhode Island, USA. *Bot. Mar.* **57**(4): 337–341. doi:10.1515/bot-2013-0122.

- Roy, S., Léger-Daigle, R., Mabit, R., Bélanger, S., Johnson, L.E., Nozais, C., et Noisette, F. 2023. Nouveaux regards sur les forêts de laminaires de l'île d'Anticosti. *Nat. Can.* **147**(1): 45–58. doi:10.7202/1098173ar.
- Roy, S., Nozais, C., Johnson, L.E., et Noisette, F. 2024. Subarctic sugar kelp (*Saccharina latissima*, Phaeophyceae) summer productivity and contribution to carbon budgets. *J. Phycol.*: jpy.13525. doi:10.1111/jpy.13525.
- Seaweed of Canada. (2025). *Fucus distichus* Linnaeus (BC/Ar/A). Disponible à l'adresse <https://seaweedcanada.wordpress.com/fucus-distichus-linnaeus/> [consulté le 8 avril 2025].
- Saier, B., et Chapman, A. 2004. Crusts of the alien bryozoan *Membranipora membranacea* can negatively impact spore output from native kelps (*Laminaria longicruris*). *Bot. Mar.* **47**(4): 265–271.
- Santelices, B., et Ojeda, F. 1984. Population dynamics of coastal forests of *Macrocystis pyrifera* in Puerto Toro, Isla Navarino, Southern Chile. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **14**: 175–183. doi:10.3354/meps014175.
- Saunders, G.W. 2024. NEAS keys to the benthic marine algae of the northwest Atlantic and Canadian Arctic from Long Island Sound to Cambridge Bay. *Dans* 3rd edition, with the description of eight new species. Northeast Algal Society, United States.
- Scheibling, R., et Gagnon, P. 2009. Temperature-mediated outbreak dynamics of the invasive bryozoan *Membranipora membranacea* in Nova Scotian kelp beds. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **390**: 1–13. doi:10.3354/meps08207.
- Scheibling, R.E., Hennigar, A.W., and Balch, T. 1999. Destructive grazing, epiphytism, and disease: the dynamics of sea urchin - kelp interactions in Nova Scotia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **56**(12): 2300–2314. doi:10.1139/f99-163.
- Schiel, D.R., et Foster, M.S. 2006. The Population Biology of Large Brown Seaweeds: Ecological Consequences of Multiphase Life Histories in Dynamic Coastal Environments. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* **37**(1): 343–372. doi:10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110251.
- Scottish Government. 2016. Wild Seaweed Harvesting: Strategic Environmental Assessment. Environmental Report. Disponible à l'adresse <https://www.gov.scot/publications/wild-seaweed-harvesting-strategic-environmental-assessment-environmental-report/>.
- Scrosati, R., et Mudge, B. 2004. Persistence of gametophyte predominance in *Chondrus crispus* (Rhodophyta, Gigartinales) from Nova Scotia after 12 years. *Hydrobiologia* **519**(1–3): 215–218. doi:10.1023/B:HYDR.0000026600.88646.31.
- Scrosati, R., Garbary, D.J., et McLachlan, J. 1994. Reproductive Ecology of *Chondrus crispus* (Rhodophyta, Gigartinales) from Nova Scotia, Canada. *Bot. Mar.* **37**(4). doi:10.1515/botm.1994.37.4.293.
- Seeley, R.H., et Schlesinger, W.H. 2012. Sustainable seaweed cutting? The rockweed (*Ascophyllum nodosum*) industry of Maine and the Maritime Provinces. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **1249**(1): 84–103. doi:10.1111/j.1749-6632.2012.06443.x.
- Sharp, G., Ang, P.J., et MacKinnon, D. 1995. Rockweed (*Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis) harvesting in Nova Scotia, Canada: Its socioeconomic and biological implications for coastal zone management. *Dans* Proceedings of Coastal Zone Canada: 1632–1644.
- Sharp, G.J., et Pringle, J.D. 1990. Ecological impact of marine plant harvesting in the northwest Atlantic: a review. *Hydrobiologia* **204/205**: 17–24.
- Sharp, G et Semple, R. 1986. Rockweed (*Ascophyllum nodosum*). Secrétariat canadien pour l'évaluation des stocks. Document de recherche. 97/31.
- Sharp, G.J., Ugarte, R., et Semple, R. 2006. The ecological impact of marine plant harvesting in the Canadian Maritimes, implications for coastal zone management. *Science Asia* **32**(s1): 077. doi:10.2306/scienceasia1513-1874.2006.32(s1).077.

- Smale, D., and Orr. 2019. Ecosystem Considerations for Management of Scottish Seaweed Harvesting & Cultivation.
- Smale, D.A., Burrows, M.T., Moore, P., O'Connor, N., and Hawkins, S.J. 2013. Threats and knowledge gaps for ecosystem services provided by kelp forests: a northeast Atlantic perspective. *Ecol. Evol.* **3**(11): 4016–4038. doi:10.1002/ece3.774.
- Sideman, E.J., et Mathieson, A.C. 1983. The growth, reproductive phenology, and longevity of non-tide pool *Fucus distichus* (L.) Powell in New England. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **68**: 111–117.
- Simard, N., Faye, S. et Bérubé, I. 2024. Évolution spatio-temporelle (2006–2022) de l'état de la situation des espèces aquatiques envahissantes marines au Québec. *Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat.* **3590** : vii + 71 p.
- Simonson, E., Scheibling, R., et Metaxas, A. 2015. Kelp in hot water: I. Warming seawater temperature induces weakening and loss of kelp tissue. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **537**: 89–104. doi:10.3354/meps11438.
- Smith, B. 1986. Implications of population dynamics and interspecific competition for harvest management of the seaweed *Laminaria*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **33**: 7–18. doi:10.3354/meps033007.
- Soler-Vila, A., Edwards, M., Whelan, S., Hannify, D., Heesch, S., Hernandez-Katun, J., Moniz, M., Quéguineur, B., Wan, A.H.L., and Guiry, M.D. 2022. Macroalgae factsheets. Soler-Vila, A., Edwards, M., Whelan, S., Hannify, D., Heesch, S., Hernández-Kantún, J., Moniz, M., Quéguineur, B., Ratcliff, J., Wan, A.H.L., and M.D. Guiry. 2022. Macroalgae Fact sheets (2nd Edition), Galway, Ireland. 66 pp. *Dans* 2nd Edition. Galway, Ireland.
- South, G.R., et Burrows, E.M. 1967. Studies on marine algae of the British Isles. 5. *Chorda filum* (L.) Stackh. *Br. Phycol. Bull.* **3**(2): 379–402. doi:10.1080/00071616700650261.
- South, G.R., et Cardinal, A. 1970. A checklist of marine algae of eastern Canada. *Can. J. Bot.* **48**(12): 2077–2095. doi:10.1139/b70-302.
- Spoerner, M., Wichard, T., Bachhuber, T., Stratmann, J., et Oertel, W. 2012. Growth and Thallus Morphogenesis of *Ulva mutabilis* (Chlorophyta) Depends on A Combination of Two Bacterial Species Excreting Regulatory Factors. *J. Phycol.* **48**(6): 1433–1447. doi:10.1111/j.1529-8817.2012.01231.x.
- Stagnol, D., Michel, R., et Davoult, D. 2016. Unravelling the impact of harvesting pressure on canopy-forming macroalgae. *Mar. Freshw. Res.* **67**(1): 153. doi:10.1071/MF14198.
- Stagnol, D., Renaud, M., et Davoult, D. 2013. Effects of commercial harvesting of intertidal macroalgae on ecosystem biodiversity and functioning. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **130**: 99–110. doi:10.1016/j.ecss.2013.02.015.
- Steinberg, P.D. 1984. Algal Chemical Defense against Herbivores: Allocation of Phenolic Compounds in the Kelp *Alaria marginata*. *Sci. New Ser.* **223**(4634): 405–407.
- Steneck, R.S., Graham, M.H., Bourque, B.J., Corbett, D., Erlandson, J.M., Estes, J.A., et Tegner, M.J. 2002. Kelp forest ecosystems: biodiversity, stability, resilience and future. *Environ. Conserv.* **29**(4): 436–459. doi:10.1017/S0376892902000322.
- Stévant, P., Schmedes, P.S., Le Gall, L., Wegeberg, S., Dumay, J., et Rebours, C. 2023. Concise review of the red macroalga dulse, *Palmaria palmata* (L.) Weber & Mohr. *J. Appl. Phycol.* **35**(2): 523–550. doi:10.1007/s10811-022-02899-5.
- Sutherland, J.E., Lindstrom, S.C., Nelson, W.A., Brodie, J., Lynch, M.D.J., Hwang, M.S., Choi, H., Miyata, M., Kikuchi, N., Oliveira, M.C., Farr, T., Neefus, C., Mols-Mortensen, A., Milstein, D., et Müller, K.M. 2011. A new look at an ancient order: generic revision of the bangiales (Rhodophyta). *J. Phycol.* **47**(5): 1131–1151. doi:10.1111/j.1529-8817.2011.01052.x.

- Tait, L.W., et Schiel, D.R. 2011. Legacy Effects of Canopy Disturbance on Ecosystem Functioning in Macroalgal Assemblages. *PLoS ONE* **6**(10): e26986. doi:10.1371/journal.pone.0026986.
- Tala, F., and Chow, F. 2014. Ecophysiological characteristics of *Porphyra* spp. (Bangiophyceae, Rhodophyta): seasonal and latitudinal variations in northern-central Chile. *J. Appl. Phycol.* **26**(5): 2159–2171. doi:10.1007/s10811-014-0249-y.
- Tamigneaux, É., et Johnson, L.E. 2016. Les macroalgues du Saint-Laurent : une composante essentielle d'un écosystème marin unique et une ressource naturelle précieuse dans un contexte de changement global. *Nat. Can.* **140**(2): 62–73. doi:10.7202/1036505ar.
- Tamigneaux, É., et Pieddesaux, S. 2017. Rapport sur les essais de culture de la laminaire annuelle *Saccorhiza dermatodea* (Bachelot de la Pylaie) J. Agarh (Tilopteridales, Phyllariacées). Merinov. Rapport de projet. no 17-06.
- Tamigneaux, É., Rondeau, M.-H., Gauthier-Barrette, C., et Fortin, M.-G. 2022. Adaptation du processus de culture de l'alarie succulente (*Alaria esculenta*), une macroalgue arctique d'intérêt pour le secteur alimentaire et cosmétique. Merinov. Rapport de projet. no 000872. 26 p.
- Taylor, A. R. A., & Chen, L. C. M. (1973). Biology of *Chondrus crispus* Stackhouse: Systematics, morphology and life history. *Nova Scotian Inst Sci Proc.*
- Teagle, H., Hawkins, S.J., Moore, P.J., et Smale, D.A. 2017. The role of kelp species as biogenic habitat formers in coastal marine ecosystems. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **492**: 81–98. doi:10.1016/j.jembe.2017.01.017.
- Titlyanov, E.A., Titlyanova, T.V., Kadel, P., et Lüning, K. 2006. New methods of obtaining plantlets and tetraspores from fragments and cell aggregates of meristematic and submeristematic tissue of the red alga *Palmaria palmata*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **339**(1): 55–64. doi:10.1016/j.jembe.2006.07.014.
- Tveter-Gallagher, E., Mathieson, A.C., et Cheney, D.P. 1980. Ecology and developmental morphology of male plants of *Chondrus crispus* (Gigartinales, Rhodophyta). *J. Phycol.* **16**(2): 257–264. doi:10.1111/j.1529-8817.1980.tb03028.x.
- Ugarte, R.A., Sharp, G., et Moore, B. 2006. Changes in the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. plant morphology and biomass produced by cutter rake harvests in Southern New Brunswick, Canada. *J. Appl. Phycol.* **18**(3–5): 351–359. doi:10.1007/s10811-006-9044-8.
- Ulaski, B.P., Konar, B., and Otis, E.O. 2020. Seaweed Reproduction and Harvest Rebound in Southcentral Alaska: Implications for Wild Stock Management. *Estuaries Coasts* **43**(8): 2046–2062. doi:10.1007/s12237-020-00740-1.
- Vadas, R.L. 1968. The ecology of *Agarum* and the kelp bed community. Ph.D. Thesis, Univ. Washington, Seattle, 282 pp.
- Van der Meer, J.P., et Todd, E.R. 1980. The life history of *Palmaria palmata* in culture. A new type for the Rhodophyta. *Can. J. Bot.* **58**(11): 1250–1256. doi:10.1139/b80-155.
- Vandermeulen, H. 2013. Information to Support Assessment of Stock Status of Commercially Harvested Species of Marine Plants in Nova Scotia: Irish Moss, Rockweed and Kelp. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/042. vi + 50 p.
- Webber, H.M., Claesson, S., Erhart, S., Schmitt, C., et Muhlin, J. 2023. Maine's Potential to Be a Global Leader in Sustainable Seaweed Harvesting and Management. *Maine Policy Rev.* **32**(2). doi:10.53558/OFFC8742.
- Werner, A., and Kraan, S. 2004. Review of the potential mechanisation of kelp harvesting in Ireland. *Marine Environment and Health Series*, No. 17. 1649-0053. 52 p.
- White, N. 2006. Sea lace or Dead man's rope (*Chorda filum*): Marine Evidence-based Sensitivity Assessment (MarESA) Review. MarLIN - Marine Life Information Network. Disponible à l'adresse

- http://www.marlin.ac.uk/assets/pdf/species/marlin_species_1366_2019-03-21.pdf [consulté le 15 août 2024].
- White, N., et Marshall, C.E. 2007. Sugar kelp (*Saccharina latissima*): Marine Evidence-based Sensitivity Assessment (MarESA) Review. MarLIN - Marine Life Information Network. Disponible à l'adresse <https://www.marlin.ac.uk/species/detail/1375> [consulté le 15 August 2024].
- Wichard, T., Charrier, B., Mineur, F., Bothwell, J.H., Clerck, O.D., and Coates, J.C. 2015. The green seaweed *Ulva*: a model system to study morphogenesis. *Front. Plant Sci.* 6. doi:10.3389/fpls.2015.00072.
- Wilding, C., Tillin, H., Stewart, E.J., Burrows, M., et Smale, D. 2021. Hand harvesting of seaweed: Evidence review to support sustainable management. NRW Evidence Report Series, NRW, Bangor.
- Wilson, K.L., Skinner, M.A., et Lotze, H.K. 2019. Projected 21st-century distribution of canopy-forming seaweeds in the Northwest Atlantic with climate change. *Divers. Distrib.* **25**(4): 582–602. doi:10.1111/ddi.12897.
- Zhang, Y., He, P., Li, H., Li, G., Liu, J., Jiao, F., Zhang, J., Huo, Y., Shi, X., Su, R., Ye, N., Liu, D., Yu, R., Wang, Z., Zhou, M., et Jiao, N. 2019. *Ulva prolifera* green-tide outbreaks and their environmental impact in the Yellow Sea, China. *Natl. Sci. Rev.* **6**(4): 825–838. doi:10.1093/nsr/nwz026.

ANNEXES

Annexe 1. Conditions du permis de récolte de macroalgues en 2024.

[...]

MÉTHODE DE RÉCOLTE AUTORISÉE

[...]

(2) Les conditions spécifiques suivantes sont applicables à l'ensemble de la période de validité du permis :

- a) Laminaires (*Saccharina latissima*, *Saccorhiza dermatodea*, *Laminaria digitata*):
 - (i) Récolte en zone intertidale (à pied à partir du rivage) :
 - Les laminaires doivent être récoltées manuellement à l'aide d'un instrument coupant. L'usage de râpeaux est interdit.
 - Aucune algue ne doit être arrachée du substrat et les crampons doivent demeurer attachés sur le fond.
 - Les laminaires doivent être coupées à une hauteur minimale de 30 cm du crampon.
 - À l'intérieur de toute surface, la récolte devra être limitée à une fronde sur deux afin de préserver localement la couverture algale. Une même surface ne pourra être exploitée plus d'une fois durant la période de validité du permis.
 - (ii) Récolte en plongée :
 - Les laminaires doivent être récoltées manuellement à l'aide d'un instrument coupant. L'usage de râpeaux est interdit.
 - Aucune algue ne doit être arrachée du substrat et les crampons doivent demeurer attachés sur le fond.
 - Les laminaires doivent être coupées à une hauteur minimale d'un (1) mètre du fond.
 - La récolte des algues doit être réalisée à l'intérieur de surfaces n'excédant pas 15 m de diamètre. Toute surface exploitée ne doit pas être à moins de 15 m de toute autre surface déjà exploitée.
- b) Alarie succulente (*Alaria esculenta*) :
 - (i) Les alaries doivent être récoltées manuellement à l'aide d'un instrument coupant. L'usage de râpeaux est interdit.
 - (ii) Aucune algue ne doit être arrachée du substrat et les crampons doivent demeurer attachés sur le fond.
 - (iii) Les alaries doivent être coupées au niveau de la fronde (soit en haut du stipe).
 - (iv) À l'intérieur de toute surface, la récolte devra être limitée à une fronde sur deux afin de préserver localement la couverture algale. Une même surface ne pourra être exploitée plus d'une fois durant la période de validité du permis.

- c) Laitue de mer (*Ulva lactuca*) et porphyres (*Porphyra miniata*)
- (i) Les laitues de mer, mains de mer plamées et les porphyres doivent être récoltées manuellement à l'aide d'un instrument coupant. L'usage de râteaux est interdit.
 - (ii) Aucune algue ne doit être arrachée du substrat et les disques (ou crampons) doivent demeurer attachés sur le fond.
 - (iii) Les laitues de mer, mains de mer plamées et les porphyres doivent être coupées en haut de leur disque (ou crampon),
 - (iv) À l'intérieur de toute surface, la récolte devra être limitée à une fronde sur deux afin de préserver localement la couverture algale. Une même surface ne pourra être exploitée plus d'une fois durant la période de validité du permis.
- d) Ascophylle (*Ascophyllum nodosum*) et Fucus (*Fucus* sp.):
- (i) Les ascophylles et fucus doivent être récoltés manuellement à l'aide d'un instrument coupant. L'usage de râteaux est interdit.
 - (ii) Aucune algue ne doit être arrachée du substrat et les crampons doivent demeurer attachés sur le fond.
 - (iii) Les ascophylles et fucus doivent être coupés à une hauteur minimale de 15 cm du crampon.
 - (iv) La récolte des algues doit être réalisée à l'intérieur de surfaces n'excédant pas 15 mètres de diamètre. Toute surface exploitée ne doit pas être à moins de 15 mètres de toute autre surface déjà exploitée
 - (v) Le titulaire de permis/exploitant devra attendre un minimum de trois (3) ans avant de retourner exploiter un site qui a été coupé.
- e) Lacet de mer (*Chorda filum*)
- (i) La récolte doit se faire manuellement.
 - (ii) Aucune algue ne doit être arrachée du substrat et chaque algue doit être coupée en haut du pied ou du disque
 - (iii) À l'intérieur de toute surface, la récolte devra être limitée à une fronde sur deux afin de préserver localement la couverture algale. Une même surface ne pourra être exploitée plus d'une fois durant la période de validité du permis.
- f) Agar criblé (*Agarum cribosum*), *Chordaria flagelliformis* et *Devaleraea ramentacea* :
- (i) Les agars criblés, les *Chordaria flagelliformis* et les *Devaleraea ramentacea* doivent être récoltés manuellement à l'aide d'un instrument coupant.
 - (ii) Aucune algue ne doit être arrachée du substrat et les pieds doivent demeurer attachés sur le fond.
 - (iii) Les agars criblés, les *Chordaria flagelliformis* et les *Devaleraea ramentacea* doivent être coupés à une hauteur minimale de 15 cm du pied.
 - (iv) À l'intérieur de toute surface, la récolte devra être limitée à une fronde sur deux afin de préserver localement la couverture algale. Une même surface ne pourra être exploitée plus d'une fois durant la période de validité du permis.

g) Mousse d'Irlande (*Chondrus crispus*) :

- (i) La mousse d'Irlande doit être récoltée manuellement à l'aide d'un instrument coupant. L'usage de râteaux est interdit.
- (ii) Aucune algue ne doit être arrachée du substrat et les crampons doivent demeurer attachés sur le fond.
- (iii) La mousse d'Irlande doit être coupée au-dessus du crampon.
- (iv) La récolte de mousse d'Irlande doit être réalisée à l'intérieur de surfaces n'excédant pas 3 mètres de diamètre. Toute surface exploitée ne doit pas être à moins de 3 mètres de toute autre surface déjà exploitée.

(3) Pour toute autre algue n'apparaissant pas dans la liste ci-dessus, la récolte doit se faire manuellement. Aucune algue ne doit être arrachée du substrat et chaque algue doit être coupée en haut du crampon ou du disque. À l'intérieur de toute surface, la récolte devra être limitée à une fronde sur deux afin de préserver localement la couverture algale. Une même surface ne pourra être exploitée plus d'une fois durant la période de validité du permis.

(4) Dans tous les cas, au besoin, l'exploitation des algues pourra aussi être limitée par une saison de récolte en fonction des périodes de fréquentation et d'utilisation des peuplements d'algues par d'autres espèces (ex. poissons, oiseaux marins).

REGISTRE DE RÉCOLTE DE PLANTES MARINES ET RAPPORT ANNUEL D'ACTIVITÉ

(1) Le Registre de récolte de plantes marines se trouve à l'Annexe 2 du présent permis.

(2) Lorsqu'il récolte, le titulaire du permis/exploitant doit :

- a) Tenir à jour un registre véridique de ses activités de récolte.
- b) Compléter le registre de récolte de plantes marines immédiatement après la fin des activités de récolte :
 - i) dans l'ordre séquentiel;
 - ii) à chaque journée de récolte;
 - iii) séparément pour chacune des espèce(s) récoltée(s);

(3) Les renseignements suivants doivent être consignés dans le registre :

- a) la date de récolte;
- b) les coordonnées GPS du centre de chaque zone de récolte;
- c) le nombre d'heures de récolte manuelle par personne;
- d) la profondeur de récolte;
- e) l'espèce et la quantité récoltées.

(4) Le registre de récolte de plantes marines doit être signé par le titulaire du permis/exploitant.

(5) Le rapport annuel d'activité comprend le registre de récolte et une carte localisant et illustrant les contours des bancs d'algues exploités et non-exploités.

(6) Le titulaire du permis doit acheminer une copie dûment complétée de son rapport annuel d'activité (registre et carte) à Pêches et Océans Canada au plus tard 15 jours après la date de fin de la période de validité du présent permis, soit le XX à l'adresse suivante : Permis-Licence-Quebec@dfo-mpo.gc.ca.

[...]

Annexe 2. Sommaire de pratiques de récolte de macroalgues sauvages dans l'ouest Canadien, en Alaska et en Irlande. Ces entités géographiques ont écarté du [tableau 2](#), puisque plusieurs informations sur les pratiques de récolte étaient manquantes, par contre, elles ont été conservées en annexe à titre d'information supplémentaire. Les pratiques sont classées selon si elles s'appliquent à l'individu récolté ou au site de récolte. Ac : *Agarum clathratum*, Ae : *Alaria esculenta*, An : *Ascophyllum nodosum*, Cc : *Chondrus crispus*, Cf : *Chorda filum*, Cfla : *Chordaria flagelliformis*, Dr : *Devaleraea ramentacea*, Fsp : *Fucus* spp., Ld : *Laminaria digitata*, Pp : *Palmaria palmata*, Pspp : *Porphyra* spp., Sl : *Saccharina latissima*, Uspp : *Ulva* spp. n.d. : information non disponible.

*Entité géographique	Colombie-Britannique, Canada	Alaska, États-Unis	Irlande
	Province	État	Pays
INDIVIDU RÉCOLTÉ			
Période de récolte optimale	n.d.	• Juillet (Fsp) • Avant août (Sl)	• Automne (Rhodophytes)
Hauteur minimale de récolte	n.d.	1 pied (<i>Macrocystis</i> sp.)	n.d.
Hauteur de coupe (cm)	• 10 cm au-dessus de la jonction stipe-lame (laminaire)	• Au-dessus du crampon et partie de la fonde	• 20 à 30 cm (An) • 20 cm de jonction (laminaire)
Laisser rameaux	n.d.	n.d.	oui, 50%
Laisser le crampon	oui	oui	oui
Éviter individus reproducteurs	n.d.	n.d.	oui
SITE RÉCOLTÉ			
% biomasse pour arrachage accidentel	0%	n.d.	n.d.
Type de récolte	• À la main • À pied ou avec permission spéciale pour la plongée, râteau et chalut • Outil tranchant	• À la main, mécanique • Du bord, bateau - n.d.	• À la main, mécanique • Du bord, plongée, bateau • Outil tranchant, râteau
Récolte maximale	• 20 % (laminaire)	n.d.	n.d.
Jachère suggérée	n.d.	n.d.	• Variable selon l'espèce • 3 à 7 ans (AN) • Site exposés 2 ans, sites abrités 4 ans (CC)
Zone tampon	n.d.	n.d.	n.d.
Fermeture de zone	n.d.	Reproduction des harengs	n.d.

*Entité géographique	Colombie-Britannique, Canada Province	Alaska, États-Unis État	Irlande Pays
Fréquence par site	n.d.	n.d.	n.d.
Références	Office of Legislative Counsel 2016.	Morris 2015; Ulaski et al. 2020.	Monagail et Morrison 2020; Soler-Vila et al. 2022.

*Représente l'entité géographique et non le palier gouvernemental qui applique les réglementations.