

# Les macroalgues du Saint-Laurent : une composante essentielle d'un écosystème marin unique et une ressource naturelle précieuse dans un contexte de changement global

Éric Tamigneaux et Ladd Erik Johnson

Volume 140, numéro 2, été 2016

Le Saint-Laurent

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1036505ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/1036505ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

La Société Provancher d'histoire naturelle du Canada

ISSN

0028-0798 (imprimé)

1929-3208 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Tamigneaux, É. & 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. *Le Naturaliste canadien*, 140(2), 62–73. <https://doi.org/10.7202/1036505ar>

Résumé de l'article

Aux latitudes moyennes, les grandes algues sont une composante essentielle des écosystèmes côtiers comme source de nourriture et d'habitat pour les communautés benthiques. Les assemblages de macroalgues dans l'écosystème marin du Saint-Laurent (ÉMSL) sont largement dominés par les fucales (*Fucus*, *Ascophyllum*) dans l'étage médiolittoral et par les laminaires (*Alaria*, *Saccharina*, *Agarum*) et les algues calcaires dans l'étage infralittoral. Peu d'efforts ont été consacrés à l'étude de leur écologie alors même que les activités de récolte sont en croissance. En dépit des similitudes entre l'ÉMSL et les écosystèmes comparables de l'est du Canada et d'Europe, il y a des différences fonctionnelles frappantes associées à 2 sources de perturbations : le broutage intense des algues par les oursins dans l'étage infralittoral et l'abrasion des communautés de l'étage médiolittoral par les glaces. Dans plusieurs régions de l'ÉMSL, ces perturbations réduisent l'extension des assemblages d'algues, ce qui génère des incertitudes sur le potentiel d'exploitation de cette ressource. Il en ressort qu'il faut approfondir les connaissances sur la répartition et l'abondance des espèces mais aussi développer l'algoculture, cela autant pour conserver les ressources naturelles et leurs services écologiques que pour assurer un approvisionnement stable des marchés émergents avec des ressources de qualité. À terme, ces informations seront indispensables pour anticiper les changements causés par le réchauffement climatique et par l'augmentation des invasions biologiques.

# Les macroalgues du Saint-Laurent : une composante essentielle d'un écosystème marin unique et une ressource naturelle précieuse dans un contexte de changement global

Éric Tamigneaux et Ladd Erik Johnson

## Résumé

Aux latitudes moyennes, les grandes algues sont une composante essentielle des écosystèmes côtiers comme source de nourriture et d'habitat pour les communautés benthiques. Les assemblages de macroalgues dans l'écosystème marin du Saint-Laurent (ÉMSL) sont largement dominés par les fucales (*Fucus*, *Ascophyllum*) dans l'étage médiolittoral et par les laminaires (*Alaria*, *Saccharina*, *Agarum*) et les algues calcaires dans l'étage infralittoral. Peu d'efforts ont été consacrés à l'étude de leur écologie alors même que les activités de récolte sont en croissance. En dépit des similitudes entre l'ÉMSL et les écosystèmes comparables de l'est du Canada et d'Europe, il y a des différences fonctionnelles frappantes associées à 2 sources de perturbations : le broutage intense des algues par les oursins dans l'étage infralittoral et l'abrasion des communautés de l'étage médiolittoral par les glaces. Dans plusieurs régions de l'ÉMSL, ces perturbations réduisent l'extension des assemblages d'algues, ce qui génère des incertitudes sur le potentiel d'exploitation de cette ressource. Il en ressort qu'il faut approfondir les connaissances sur la répartition et l'abondance des espèces mais aussi développer l'algoculture, cela autant pour conserver les ressources naturelles et leurs services écologiques que pour assurer un approvisionnement stable des marchés émergents avec des ressources de qualité. À terme, ces informations seront indispensables pour anticiper les changements causés par le réchauffement climatique et par l'augmentation des invasions biologiques.

**MOTS CLÉS :** aquaculture, changements globaux, écologie, écosystème marin du Saint-Laurent, macroalgues marines

## Abstract

Seaweeds are a conspicuous and important part of coastal ecosystems at temperate latitudes, providing food and habitat to benthic communities. Algal assemblages in the St. Lawrence marine ecosystem (Canada) are largely dominated by rockweeds (e.g., *Fucus* and *Ascophyllum*) in intertidal zones, and kelp (e.g., *Alaria*, *Saccharina* and *Agarum*) and coralline algae in subtidal zones. Despite the fact that harvesting and cultivation are slowly expanding, there has been relatively little work done to study their ecology. Moreover, in spite of parallels with the similar Atlantic coastal ecosystems in eastern Canada and Europe, there are striking functional differences, primarily related to 2 mechanisms of disturbance: uncontrolled herbivory by sea urchins in subtidal communities and ice scouring in intertidal communities. In many regions of the St. Lawrence marine ecosystem, these disturbance agents greatly reduce the extent of seaweed assemblages, raising concerns about the potential exploitation of seaweed stocks. Therefore, more information on the current distribution and abundance of these stocks is needed. In addition, further development of seaweed aquaculture is required to conserve stocks for their ecological services, and to provide higher quality and more dependable resources for emerging markets. This knowledge will be essential in the context of the changes caused by global warming and invasions by an increasing number of exotic species.

**KEYWORDS :** aquaculture, global change, ecology, St. Lawrence marine ecosystem, seaweed

## Introduction

Les grandes algues sont une composante bien visible des communautés marines littorales et elles fournissent divers services essentiels aux écosystèmes des zones côtières (figure 1). Leur apport le plus évident est leur contribution à la production primaire locale qui les place à la base du réseau alimentaire. Tout aussi essentielle est leur contribution à la création d'habitats puisqu'elles offrent des abris à une grande variété de poissons et d'invertébrés. Au-delà de ces rôles écologiques fondamentaux, les grandes algues jouent aussi un rôle économique non négligeable en fournissant les ingrédients de base pour de nombreux produits industriels et de consommation courante, mais aussi, plus directement, comme aliment ou comme supplément alimentaire (Lionard, 2014).

La distribution des algues dans les bassins océaniques est limitée aux environnements rocheux peu profonds où elles trouvent suffisamment de lumière pour alimenter la photosynthèse et un substrat stable auquel s'attacher. Leur distribution en profondeur est limitée d'abord par des facteurs

Éric Tamigneaux est enseignant en aquaculture au Cégep de la Gaspésie et des Îles, chargé de projet chez Merinov – CCTT des pêches et titulaire de la chaire de recherche industrielle dans les collèges du CRSNG en valorisation des macroalgues marines.

etamigneaux@cegepgim.ca

Ladd Erik Johnson est professeur titulaire au Département de biologie à l'Université Laval et membre titulaire de Québec-Océan.

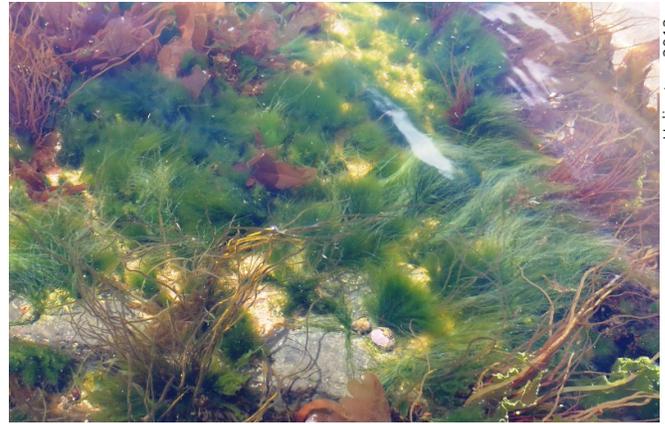
ladd.johnson@bio.ulaval.ca

abiotiques (surtout par la transparence de l'eau), ce qui explique que les espèces plus productives comme les laminaires, un groupe de grandes algues brunes (Laminariales, Heterokontophyta), sont habituellement restreintes à des profondeurs inférieures à 20 m. À de telles profondeurs, les algues sont alors exposées à de puissants mouvements d'eau, notamment les vagues, et doivent donc s'accrocher fermement aux substrats stables. Des assemblages d'algues peuvent également recouvrir de grandes superficies dans les estrans de l'étage médiolittoral. Sur ces plages rocheuses découvertes à marée basse, la lumière n'est plus un facteur limitant, mais le stress causé par le dessèchement et l'arrachement des algues par les vagues peut ralentir la croissance ou augmenter le taux de mortalité. Lorsque les besoins de base en termes de lumière et de substrat sont satisfaits, ce sont alors le régime de température et la disponibilité des nutriments de l'eau de mer qui déterminent là où certaines espèces pourront survivre ou prospérer.

Au-delà de ces limites abiotiques, la répartition des algues peut aussi être influencée par la compétition avec les invertébrés sessiles (p. ex. les moules) pour l'accès aux surfaces d'attachement, ainsi que par la présence d'animaux herbivores. En zone tempérée et boréale, les oursins forment un groupe d'herbivores particulièrement actifs et, lorsque leurs populations ne sont pas contrôlées par les prédateurs ou par les maladies, ils peuvent dénuder de vastes zones qui, autrement, seraient occupées par des champs d'algues. Ne subsistent alors que les espèces qui sont chimiquement ou mécaniquement résistantes au broutage. La flore de ces zones dénudées est typiquement dominée par les algues calcaires de petite taille (Corallinacées, Rhodophycées) dont la croissance est lente et qui possèdent une morphologie simple (Cardinal et collab., 1978, 1979).

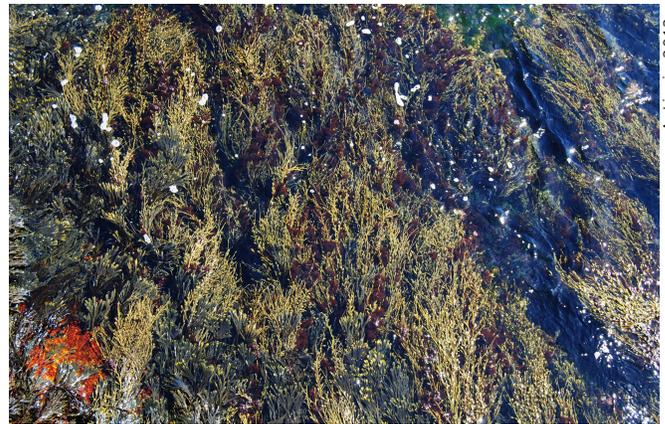
Dans l'écosystème marin du Saint-Laurent (ÉMSL), qui inclut l'estuaire maritime et le golfe, se trouve une flore plutôt pauvre comparée à celle des zones tempérées. Ainsi, seulement 346 espèces ont été répertoriées le long des côtes du Québec (Cardinal, 1990) alors que la côte pacifique du Canada abrite 530 espèces d'algues connues (Bates, 2004). Cette différence s'explique par une tendance à une diminution de la diversité des espèces aux latitudes croissantes, mais aussi par le faible bassin d'espèces des océans Atlantique et Arctique (Adey et collab., 2008). Par ailleurs, en termes de biomasse, les assemblages d'espèces de l'ÉMSL sont largement dominés par les algues brunes de la famille des fucacées et des laminariacées (figure 2) et on y trouve couramment des espèces considérées comme arctiques (p. ex. *Saccorhiza dermatodea*, *Agarum clathratum*, *Devaleraea ramentacea*). Cet écosystème chevauche 2 régions biogéographiques distinctes (Adey et Hayek, 2011), soit la région subarctique de l'Atlantique Nord et la transition boréale/subarctique, qui divise le golfe du Saint-Laurent en une partie nord et une partie sud (nGSL et sGSL, respectivement, Merzouk et Johnson, 2011 : figure 1).

Bien que cet écosystème ressemble superficiellement à ceux des autres régions de l'hémisphère nord, il possède néanmoins 2 caractéristiques propres qui affectent le développement des assemblages d'algues : la perturbation



Halliteuc, 2012

Figure 1. Diversité des assemblages d'algues dans l'étage médiolittoral en Gaspésie.



A. Licois, 2012

Figure 2. Champs d'ascophylle noueuse (*Ascophyllum nodosum*) dans l'étage médiolittoral.

physique récurrente de l'étage médiolittoral par les glaces en hiver et une pression de broutage intense d'oursins verts (*Strongylocentrotus droebachiensis*) sur les champs d'algues de l'étage infralittoral. Aucun de ces 2 facteurs écologiques n'influence directement la diversité de la flore côtière, mais ils limitent l'abondance et la répartition des algues dans plusieurs régions de l'ÉMSL. Ces contraintes interfèrent non seulement avec le fonctionnement de l'écosystème, mais aussi avec l'exploitation de cette ressource.

Dans le présent document, nous discuterons à la fois du rôle écologique des grandes algues marines dans cet écosystème unique, mais aussi de leur potentiel en termes d'exploitation commerciale. Nous passerons en revue les travaux réalisés jusqu'ici afin de repérer les similitudes et les différences par rapport aux autres écosystèmes et d'identifier les secteurs où les connaissances manquent. Nous débuterons par un bref survol historique et aborderons ensuite les thématiques de l'importance écologique et économique de ces végétaux marins. Finalement, nous discuterons des nouvelles menaces que représentent le réchauffement climatique et les espèces exotiques envahissantes pour les populations d'algues du golfe du Saint-Laurent.

## Aperçu historique

L'intérêt scientifique pour les macroalgues de l'est du Canada est relativement récent. De rares travaux touchant quelques espèces remontent au 19<sup>e</sup> siècle (Bachelot de la Pilaye, 1829; Robinson, 1903) et une seule étude de plus grande envergure a été réalisée avant le 20<sup>e</sup> siècle (Hay et MacKay, 1887). Plus tard, quelques suivis systématiques ont été menés sur de plus vastes régions, ce qui a permis de dresser la liste des espèces présentes et d'établir une cartographie de leur répartition dans l'ÉMSL (Bell et MacFarlane, 1933; Gauvreau, 1956; MacFarlane et Milligan, 1965; Cardinal, 1967; South et Cardinal, 1970).

Dans la seconde moitié du 20<sup>e</sup> siècle, pendant que l'écologie des grandes algues faisait l'objet d'un effort de recherche croissant ailleurs dans le monde (p. ex., Dayton, 1975; Lubchenco, 1978), très peu d'études ont été réalisées sur ce sujet dans l'ÉMSL, à l'exception notable des travaux que Cardinal et ses étudiants ont consacré à compléter les inventaires d'espèces sur les côtes du Québec (Cardinal, 1967, 1990). À cette époque, un travail considérable pour comprendre la structure et la dynamique des assemblages d'algues était pourtant en cours sur les côtes atlantiques de la Nouvelle-Écosse (Chapman et Johnson, 1990).

L'exploitation commerciale des ressources en algues tardera également à se développer dans l'ÉMSL. La seule activité connue est la récolte commerciale de mousse d'Irlande (*Chondrus crispus*) autour de l'Île-du-Prince-Édouard (sGSL), qui connut son apogée dans les années 1970 (Chopin et Ugarte, 2006) et qui mena finalement à la réalisation de plusieurs études écologiques sur cette espèce (Lazo et collab., 1989; Juanes et McLachlan, 1992a, 1992b).

Contrairement à l'Europe qui compte plusieurs centres de recherche renommés (Station biologique de Roscoff en France, Irish Seaweed Research Group, AlgeCenter Danmark, Netherland Seaweed Center, Norwegian Seaweed Technology Center) et malgré que le Canada ait plusieurs façades maritimes, il n'y a plus de centre de recherche dédié spécifiquement à l'étude des macroalgues dans l'est du Canada, la seule exception étant le département R&D de l'entreprise Acadian SeaPlants, situé en Nouvelle-Écosse. Au Québec, grâce à un programme de financement octroyé de 2008 à 2011 par le ministère de l'Éducation, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (MEESR), l'Université Laval et le Cégep de la Gaspésie et des Îles ont créé le Centre d'étude et de valorisation des macroalgues marines (CÉVAM) qui a ensuite donné lieu, en 2012, à l'établissement d'une chaire de recherche industrielle dans les collèges (CRIC) du CRSNG en valorisation des macroalgues marines.

## Écologie des algues dans l'ÉMSL

### Répartition et abondance

La répartition et l'abondance des algues dans l'ÉMSL ont été relativement peu étudiées. Au-delà des répertoires d'espèces (Cardinal, 1967) et de quelques inventaires locaux occasionnels (Gendron, 1983; Belzile, 1997; Sharp et collab.,

2001), les études descriptives sur la répartition des algues se sont limitées aux espèces économiquement importantes, comme la mousse d'Irlande (Bird et collab., 1983) et la laminaire à long stipe (*Saccharina longicuris*; Gendron, 1983) ou aux espèces dominantes (p. ex., corallinacées encroustantes: Gendron et Cardinal, 1983). Plus récemment, ce sont des compagnies privées et des associations autochtones qui ont pris l'initiative de réaliser des inventaires à grande échelle pour évaluer le potentiel d'exploitation des champs de laminaires et de fucales dans le nGSL (Allard et collab., 2010; Béland, 2012; G. Sharp, comm. pers.) et, de ce fait, ces données ne sont pas du domaine public.

En 2014, une compilation des informations sur la répartition géographique des macroalgues le long des côtes du Québec a permis de formuler certains constats (Merzouk, 2016). D'abord, l'essentiel des inventaires date des années 1980 et souvent les algues ne constituaient pas le centre d'intérêt de ces études. Par ailleurs, la biomasse des fucales de l'étage médiolittoral a été la mieux documentée et les efforts de recherche ont été concentrés sur de petites superficies des côtes du Bas-Saint-Laurent, de la Haute-Côte-Nord et de l'Archipel-de-Mingan, avec relativement peu de couverture ailleurs. De plus, à l'exception du travail de Simms et Dubois (2001), les inventaires ont été réalisés avec la méthode traditionnelle, à pied ou en plongée, en se servant de lignes plombées et de quadrats, ce qui ne convient qu'aux travaux à petite échelle spatiale. Depuis 2012, des recherches sont en cours afin de pallier le manque d'information et de développer des méthodes pour cartographier rapidement les algues brunes sur de grandes superficies. Par exemple, le Centre interdisciplinaire de développement en cartographie des océans a travaillé à la mise au point d'un outil de sondage acoustique des champs de laminaires et le Centre de géomatique du Québec a testé différents capteurs optiques aéroportés pour la détection des algues de l'étage médiolittoral (Grant, 2015; Perrot, 2015).

En dépit du peu d'informations récentes et de la faible couverture spatiale des inventaires, les études montrent que, sur les côtes rocheuses du Québec, ce sont les algues brunes qui dominent en termes de couverture des fonds marins et de biomasse (Merzouk, 2016). Là où l'amplitude des marées est suffisante et où la pente de la côte est faible, des champs denses de fucales (*Ascophyllum nodosum* et *Fucus* sp.) se développent. Sous la limite de marée basse, lorsque les oursins sont absents, ce sont les champs de laminaires qui occupent le terrain jusqu'à 10-15 m de profondeur (Gagnon et collab., 2004). Dans le sGSL, les peuplements sont majoritairement composés de laminaire sucrée (*Saccharina latissima* et *Saccharina longicuris*) tandis que dans le nGSL, c'est l'alarie succulente (*Alaria esculenta*) qui domine (Merzouk et Johnson, 2011). Plus en profondeur, la laminaire sucrée et l'alarie laissent progressivement place à l'agar criblé (*Agarum clathratum*) (Gagnon et collab., 2005). Plusieurs des zones inventoriées récemment en Gaspésie, sur la Côte-Nord et dans le Bas-Saint-Laurent montrent que les biomasses d'algues brunes se comparent avantageusement à celles observées dans les provinces maritimes du Canada et

en Europe et sont suffisantes ( $\geq 2 \text{ kg m}^{-2}$ ) pour supporter une exploitation commerciale (Béland, 2012). Pour l'ascophylle noueuse (*Ascophyllum nodosum*) par exemple, des biomasses de 3,5 à 12  $\text{kg m}^{-2}$  ont été observées sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent tandis que des biomasses de 1 à 16  $\text{kg m}^{-2}$  ont été rapportées pour la rive nord (Merzouk, 2016). À certains endroits, comme aux îles de Mingan, la comparaison entre les données récentes et les données historiques montrent que les biomasses et la composition des champs de laminaires sont restées stables dans le temps (P. Gagnon, données non publiées). À l'inverse, dans le Bas-Saint-Laurent et le long de la péninsule gaspésienne, des informations anecdotiques indiquent que, si les herbiers de fucales se maintiennent dans le temps, les forêts de laminaires sont en déclin ou ont disparu de plusieurs sites (Merzouk, 2016). Finalement, l'action des glaces et des tempêtes se traduit par l'arrachage et la dérive de grandes quantités de fucales et de laminaires. Celles-ci donnent lieu, au printemps et en automne, à des échouages massifs pouvant atteindre jusqu'à 528 000 tonnes (poids humide) sur certaines plages de la péninsule gaspésienne (Leblanc et Rondeau, 2005).

### Productivité

En tant que contributeurs majeurs à la production primaire des environnements côtiers, il est important que les grandes algues fassent l'objet d'études sur leur productivité et sur les facteurs qui la contrôlent. Dans l'ÉMSL, les études de ce type se sont surtout concentrées sur les espèces à potentiel commercial de l'étage infralittoral, comme la mousse d'Irlande (Sharp, 1987; Juanes et McLachlan, 1992a, b) ou la laminaire à long stipe (Anderson et collab., 1981; Gendron, 1989). En général, les vitesses de croissance de ces algues sont semblables ou même supérieures à celles mesurées ailleurs. Par exemple, la croissance de la laminaire à long stipe (2,3 à 3,5 cm par jour en juin) dans l'ÉMSL est 2 à 3 fois plus rapide qu'en Nouvelle-Écosse et ne paraît pas limitée par la disponibilité de l'azote dissous (Anderson et collab., 1981; Gendron, 1989). Pour la mousse d'Irlande, il semble que la productivité soit contrôlée principalement par la température (Juanes et McLachlan, 1992a), ce qui pourrait expliquer son abondance plus faible dans la partie nord de l'ÉMSL que dans la partie sud (p. ex. l'Île-du-Prince-Édouard). Quant aux macroalgues de l'étage médiolittoral, Lemieux et Cusson (2014) ont démontré récemment que, grâce à leur abondance dans le Bas-Saint-Laurent, elles représentent une contribution capitale à la productivité globale de l'estran.

### Habitat

L'apport des algues comme source majeure de structure d'origine biologique dans les habitats marins benthiques est connu depuis longtemps (Christie, 2003) et leur contribution dans l'ÉMSL a été illustrée dans diverses études de cas. Par exemple, certaines petites algues rouges qui forment un couvert végétal dense (Harvey et collab., 1993) et les laminaires (Bégin et collab., 2004) constituent un habitat privilégié pour la fixation des larves et le recrutement des invertébrés. Plus généralement,

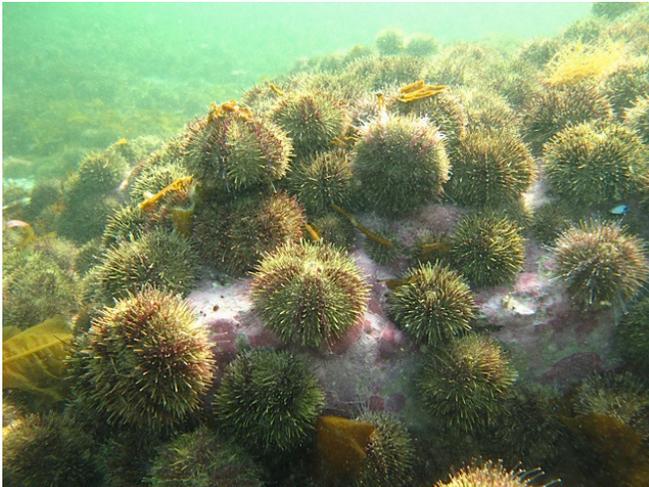
l'habitat créé par les algues abrite une grande abondance et une grande diversité d'invertébrés, autant dans l'étage médiolittoral (Lemieux et Cusson, 2014) que dans l'étage infralittoral (Bégin et collab., 2004; Drouin et collab., 2011), mais la faune associée varie énormément selon les espèces d'algues (Bégin et collab., 2004). Finalement, à plus grande échelle, certains vertébrés, incluant des oiseaux (Guillemette et collab., 1992; Craik et collab., 2011) et des poissons (Drouin et collab., 2011), sont parfois intimement associés aux champs d'algues où ils trouvent des ressources alimentaires et un habitat de protection. Le rôle d'habitat des champs d'algues est considéré comme crucial par les agences qui gèrent l'exploitation des ressources marines (Konar et collab., 2015), mais cela reste encore peu étudié et documenté dans l'ÉMSL.

### Compétition

La compétition constitue une force écologique majeure qui structure les assemblages d'algues (Olson et Lubchenco, 1990). Alors que cet aspect a été largement étudié dans d'autres systèmes, les recherches sur les interactions compétitives chez les algues dans l'ÉMSL se sont limitées aux aspects négatifs qui affectent les espèces exploitées commercialement (Sharp et collab., 1993), aux différences dans les performances écophysiologiques des stades juvéniles des fucales (Lamote et collab., 2007) et aux corrélations négatives entre l'abondance des macrophytes indigènes et celle des macrophytes envahissants (Drouin et collab., 2011; Johnson et collab., 2012).

### Interactions trophiques

Un vaste corpus de littérature a permis de démontrer l'importance des herbivores dans la répartition des espèces et dans la composition des assemblages de macroalgues (Poore et collab., 2012). Alors que les amphipodes et les mollusques sont des herbivores présents en tout temps dans l'étage médiolittoral de l'ÉMSL, rien n'indique qu'ils contrôlent vraiment la répartition des macroalgues, à l'exception de quelques espèces éphémères comme *Ulothrix* spp. (Pardo et Johnson, 2005). En revanche, les oursins ont un impact majeur dans l'étage infralittoral (figure 3), où ils limitent l'extension des champs de laminaires, qui de ce fait se trouvent confinés dans les régions peu profondes et exposées aux vagues, là où les oursins ne peuvent se maintenir (Himmelman et Steele, 1971; Himmelman et Lavergne, 1985; Gagnon et collab., 2004). Alors que ce patron existe dans plusieurs autres milieux côtiers de la zone tempérée, une comparaison globale suggère que l'ÉMSL se situe à l'extrémité supérieure du spectre en termes de réduction des champs de laminaires par l'activité de broutage des oursins (Ling et collab., 2015). Toutefois, les algues n'exercent pas toutes la même attraction sur les oursins (Himmelman et Nédélec, 1990) et certaines espèces comme l'agar criblé (Gagnon et collab., 2005) ou l'algue rouge *Ptilota serrata* (Himmelman et Lavergne, 1985) possèdent des défenses chimiques qui leur permettent de former des îlots persistants en profondeur.



C. Narváez, 2012

Figure 3. Perturbation des assemblages d'algues de l'étage infralittoral par les oursins.



L. Johnson, 2014

Figure 4. Perturbation des assemblages d'algues de l'étage médiolittoral par les glaces dérivantes.

### Dynamique des réseaux trophiques

L'analyse des isotopes stables a grandement contribué à caractériser les liens trophiques et les flux d'énergie dans les écosystèmes aquatiques (Miller et Page, 2012). Il a ainsi été montré que, dans plusieurs communautés côtières, les laminaires représentent une source d'énergie considérable pour les invertébrés qui se nourrissent de particules en suspension, puisque ces algues répandent dans le milieu des molécules organiques dissoutes et des fragments solides issus de l'érosion des frondes (Duggins et collab., 1989). En revanche, les travaux menés en Moyenne-Côte-Nord se sont traduits par une remise en question du caractère général de ce modèle (Nadon et Himmelman, 2006), et l'absence de vastes champs de laminaires dans plusieurs parties du nGSL expliquerait cette contradiction. D'un autre côté, les algues arrachées par les vagues ou par la glace apportent une contribution importante aux communautés côtières, surtout pour les plages où les algues échouées s'accumulent (L. Miranda, données non publiées).

### Perturbation

Dans la plupart des environnements marins rocheux, l'action des vagues représente la principale source de perturbations physiques (Denny et Gaylord, 2010). Cependant, dans l'étage médiolittoral et dans le haut de l'étage infralittoral de l'ÉMSL, il faut aussi compter avec les perturbations annuelles causées par l'effet d'abrasion des glaces dérivantes (figure 4) (Johnson, 2007). Le frottement des glaces sur le fond marin peut avoir un impact sélectif sur les peuplements d'algues, avec des perturbations plus intenses aux endroits davantage exposés. Malgré ces différences, son action globale sur les communautés benthiques de l'ÉMSL est énorme (Bird et collab., 1983; Bergeron et Bourget, 1986; Scrosati et Heaven, 2007) puisqu'il restreint le développement des champs d'algues. L'impact des glaces dérivantes est particulièrement sévère dans l'étage médiolittoral où elles délogent les espèces

pérennes à longue durée de vie comme *Ascophyllum nodosum*, ce qui ouvre des opportunités aux espèces éphémères (algues filamenteuses) et aux espèces à courte durée de vie comme les fucus. Les conséquences des perturbations par les glaces dans le haut de l'étage infralittoral sont moins bien documentées, mais il est probable qu'elles affectent négativement les laminaires à longue durée de vie qui dominent généralement (*S. longicuris*, *S. latissima* et *Laminaria digitata*), tout en favorisant l'installation de l'alarie succulente et de *S. dermatodea*, des espèces à courte durée de vie qui colonisent rapidement les zones perturbées (Keats, 1991). L'abrasion par les glaces modifie aussi la dynamique saisonnière des algues échouées, ce qui se traduit par de plus grandes accumulations sur les plages au printemps (L. Miranda, données non publiées).

### Succession

La succession écologique est un sujet intimement associé aux perturbations. Des études classiques de perturbation-succession ont été réalisées dans les systèmes médiolittoraux de l'hémisphère nord (Sousa, 1984; Paine et Levin, 1981) et certaines de ces études intègrent des cas exceptionnels de perturbation de l'étage médiolittoral par les glaces (McCook et Chapman, 1997). Dans l'ÉMSL, où les perturbations par les glaces sont récurrentes, les études de succession ont fait apparaître des patrons intéressants de relations écologiques causées par ces perturbations. Il a ainsi été observé que l'action des glaces interrompt le processus de succession des espèces avant qu'il n'atteigne son apogée (Archambault et Bourget, 1983) ou que ce processus reste confiné à des habitats refuges comme les crevasses (McKindsey et Bourget, 2001). Dans l'étage infralittoral, les oursins retardent clairement la succession écologique (Himmelman et collab., 1983) et, à l'exception de l'abrasion par les glaces dans le haut de l'étage infralittoral, il ne semble pas y avoir de processus naturel capable de réduire les populations d'oursins.

## Rôle économique des algues dans le contexte québécois

### Regain d'intérêt pour l'exploitation des algues

Très peu de documents font mention d'une utilisation traditionnelle des algues par les populations autochtones le long des côtes de l'ÉMSL (Kuhnlein et Turner, 1991; Wein et collab., 1996). Dans la portion nGSL, il est parfois rapporté que les algues faisaient partie de l'alimentation des Inuits. En revanche, Gauvreau (1956) mentionne que les fucacées (fucus et ascophylles), connues sous le nom de goémon ou varech, étaient collectées au début de l'automne par les fermiers du Bas-Saint-Laurent pour amender leurs champs de pommes de terre, une tradition qui perdure en Gaspésie et dans la région du Bas-Saint-Laurent.

C'est à partir des années 1980 que l'exploitation industrielle des champs d'algues brunes et leur transformation ont commencé à susciter de l'intérêt (Nyang et Bryl, 1993; Fillion, 1999). Un prototype de moissonneuse à laminaires a même été testé dans la baie des Chaleurs (Gendron, 1984). Progressivement, plusieurs entreprises du Bas-Saint-Laurent, de la Gaspésie et de la Côte-Nord ont commencé à récolter les ascophylles, les fucus et les laminaires pour les transformer en compost ou en fertilisants destinés à l'agriculture et à l'horticulture (p. ex. Algoa, Pro-Algue Marine) (figure 5). Des produits plus complexes ont ensuite été développés, sous forme d'extraits de composés actifs destinés à l'alimentation animale et aux marchés des biostimulants, des nutraceutiques, des cosmétiques ou de la pharmaceutique (p. ex. Organic Ocean, innoVactiv, SCF Pharma). Ce développement a été accompagné par une augmentation des travaux de recherche pour caractériser l'activité des biomolécules extraites des macroalgues (Rioux et collab., 2010; Kim, 2012; Bondu et collab., 2014). Depuis 2012, portés par l'engouement pour les aliments santé et pour la cuisine du monde, quelques entrepreneurs se sont lancés dans la cueillette sélective des espèces les plus populaires (laitue de mer, *Ulva lactuca*; laminaire sucrée; alarie succulente; main de mer palmée, *Palmaria palmata*; nori, *Porphyra* sp., etc.) destinées aux restaurants, aux épicerie fines et à des marchés de niche. La création de produits alimentaires transformés à base d'algues ou d'extraits d'algues a également éveillé l'intérêt des industriels. Toutefois, ces efforts de développement doivent composer avec une réglementation mal adaptée aux besoins des entreprises. En effet, la *Loi sur les pêches*, qui date de 1868, limite la durée de validité des permis de récolte de plantes marines à 1 an et ne permet que la récolte manuelle. Le ministère des Pêches et des Océans (MPO) envisage d'ailleurs de modifier le *Règlement de pêche de l'Atlantique*. Selon le MPO (2016, communication personnelle), les volumes de récolte d'algues autorisés en Gaspésie et dans le Bas-Saint-Laurent représentent actuellement 700 tonnes humides, toutes espèces confondues.

Même si quelques promoteurs privés ont réalisé leurs propres inventaires et ont montré qu'à plusieurs endroits les densités et les superficies des champs d'algues étaient suffisantes pour justifier une exploitation commerciale (Béland, 2012),



Figure 5. Récolte d'algues brunes dans le Bas-Saint-Laurent.

le développement du secteur est ralenti par le manque de connaissances sur la répartition des espèces et sur les biomasses accessibles dans les différentes régions de l'ÉMSL. Une première compilation des informations disponibles a donc été réalisée en 2014 pour mieux orienter les efforts de recherche et de développement (Merzouk, 2015) et les résultats sont présentés sous forme de cartes de répartition et d'abondance sur le portail Biodiversité de l'Observatoire global du Saint-Laurent.

### Aquaculture

Lorsque les ressources naturelles ne sont pas accessibles, ne suffisent plus ou que les marchés réclament une meilleure qualité et traçabilité des produits, l'aquaculture constitue une alternative à la pêche. Même s'il s'agit encore d'une activité industrielle concentrée dans les pays asiatiques (FAO, 2014), depuis le début des années 2000, plusieurs pays du nord de l'Europe (France, Irlande, Pays-Bas, Norvège, etc.) travaillent ensemble à développer l'algoculture, en bassin et sur des fermes marines. Ces efforts sont justifiés par le besoin de diversifier les productions et les marchés de l'industrie maricole (Person, 2011), par la nécessité de développer des biocarburants alternatifs à faible empreinte environnementale (programme EnAlgae) et par l'obligation d'atténuer les rejets de phosphore et d'azote de la salmoniculture dans le milieu marin (Skjermo et collab., 2014). En Amérique du Nord, Cooke Aquaculture au Nouveau-Brunswick et Ocean Approved dans le Maine ont commencé à cultiver la laminaire sucrée et l'alarie succulente pour le marché alimentaire et cosmétique. Finalement, Acadian Seaplants, en Nouvelle-Écosse, a également développé une culture saisonnière de mousse d'Irlande en bassins pour produire du Hana Tsunomata, un produit alimentaire très prisé au Japon.

Par rapport aux élevages de poissons ou de mollusques, la culture des algues présente certains avantages. En effet, le cycle de culture court de la plupart des algues signifie un retour sur investissement rapide pour le mariculteur. De plus, les algues n'étant pas des organismes filtreurs, elles ne sont

pas affectées par la qualité microbiologique des eaux : elles produisent de l’oxygène et absorbent le CO<sub>2</sub>, avec relativement peu de perturbation de l’environnement (Skjermo et collab., 2014), puisque ce type de culture végétale ne nécessite pas de fertilisant ni de pesticide et ne consomme pas d’eau douce. Finalement, la culture des algues peut être réalisée dans les mêmes infrastructures que celles déjà utilisées pour l’élevage du pétoncle ou de la moule et il est possible que les rendements des cultures combinées mollusques-algues soient plus élevés (Scoggan et collab., 1989).

Au Québec, les premiers essais de culture de la laminaire à long stipe (équivalent à *S. latissima*) ont été initiés en 1992 à Pointe-au-Père par l’Institut national de la recherche scientifique-océanologie (Marsot et Fournier, 1992). En 2006, l’entreprise *Les Gaspésiennes-algues* de la Gaspésie a entrepris la culture de cette même espèce (le kombu royal) sur sa ferme marine à Paspébiac, dans la baie des Chaleurs, avec le soutien des chercheurs de l’Institut Maurice-Lamontagne du MPO (Gendron et collab., 2007). La même année, le Centre collégial de transfert de technologie des pêches (CCTTP) du Cégep de la Gaspésie et des Îles a été mandaté par une entreprise du Bas-Saint-Laurent pour développer la production de laminaires en bassins. Par la suite, les essais de culture se sont poursuivis (Gendron et Tamigneaux, 2008; Tamigneaux et collab., 2009, 2011; Gendron et collab., 2010) et ont permis de maîtriser les différentes étapes de ce type d’aquaculture, en éclosier-nourricerie et sur ferme marine (figure 6) tout en adaptant au contexte climatique du Québec (Tamigneaux et collab., 2013). Ces recherches ont permis plusieurs avancées, par exemple de conditionner en quelques semaines des frondes de laminaires immatures pour obtenir des spores à n’importe quel moment de l’année (Gendron et collab., 2010). Ces travaux ont également permis d’augmenter les rendements moyens à la récolte, qui sont passés progressivement de 1,7 kg m<sup>-1</sup> (poids frais) à plus de 12 kg m<sup>-1</sup> sur les filières de culture (tableau 1). D’autres essais concluants ont également été complétés avec l’alarie succulente (Tamigneaux et collab., 2011) et des banques de semences (gamétophytes) de plusieurs espèces peuvent désormais être conservées dans des incubateurs en laboratoire (Leblanc et collab., 2008). Grâce à la croissance rapide, en hiver, de ces laminaires d’eau froide, après 5 semaines de préculture en bassins, 9 à 10 mois de croissance sur des filières en mer suffisent pour obtenir des algues de 3 m de longueur, aux frondes propres et minces. Des travaux exploratoires ont aussi permis de montrer que le contenu des laminaires de culture en certaines molécules d’intérêt commercial, comme le mannitol, était supérieur à celui des algues sauvages (Licois et collab., 2012).

Ces avancées et une analyse de préfaisabilité positive (Reid et collab., 2014) ont décidé plusieurs entreprises comme *Fermes Marines du Québec* à se lancer dans l’algoculture et, depuis 2014, des efforts ont été consacrés à l’optimisation et à la mise à l’échelle industrielle des processus de culture dans les différentes régions maritimes du Québec. En même temps, des travaux ont été menés sur les processus de transformation



Halieutec, 2012

**Figure 6.** Culture de laminaire sucrée (*Saccharina latissima*) sur filières submergées dans une ferme expérimentale à Paspébiac, en Gaspésie.

**Tableau 1.** Comparaison des rendements de culture de la laminaire sucrée (*S. latissima*) sur une ferme marine expérimentale à Paspébiac, entre 2006 et 2012 (modifié de Tamigneaux et collab., 2014).

Année de récolte	Rendement moyen à la récolte (kg/m)	Cycle de culture	Dispositif de culture	Références
2006	1,7	Mai-octobre	Culture sur filin vertical à 5 m de profondeur	Gendron et collab., 2007
2007	6 (3,6-7,5)	Mai-août	Culture sur filin vertical à 2 m de profondeur	Gendron et collab., 2008
2008	3,3 (1,9-4,5)	Novembre-juillet	Culture sur une corde horizontale à 7 m sous la surface	Gendron et collab., 2010
2012	12 (6,5-18,7)	Octobre-juillet	Culture sur une corde horizontale à 5 m sous la surface	Tamigneaux et collab., 2014

et de conservation des macroalgues, sur le développement de produits alimentaires et d'extraits à haute valeur ajoutée et sur la valorisation des coproduits d'extraction. Finalement, des études ont été réalisées sur la reproduction et la culture des espèces lagunaires à croissance estivale, comme le lacet de mer (*Chorda filum*), des espèces arctiques à croissance rapide, comme *S. dermatodea*, des espèces riches en alginate, comme la laminaire digitée (*L. digitata*), ou des espèces riches en protéines, comme la laitue de mer et la main de mer palmée.

### Valorisation des services à l'écosystème

Outre son intérêt strictement commercial, l'algoculture est également considérée pour les services que les algues rendent à l'écosystème (Chopin, 2014). Dans les régions côtières polluées par les rejets agricoles, urbains ou salmonicoles, les grandes algues peuvent jouer un rôle de biofiltre en absorbant l'azote et le phosphore dissous transportés par les courants (Chung et collab., 2002, 2013). Cet aspect de la physiologie des algues constitue la base du concept d'aquaculture multitrophique intégrée (IMTA), qui combine l'élevage de poissons, l'élevage de mollusques et la culture d'algues, de telle manière que chaque élément utilise à son profit les rejets des autres (Chopin et collab., 2001). De la même façon, plusieurs centres de recherche ont commencé à examiner comment la captation du CO<sub>2</sub> par les végétaux marins peut modifier localement l'effet de l'acidification des océans (Broch et collab., 2013; Krause-Jensen et collab., 2015). Ces services rendus aux écosystèmes pourraient non seulement contribuer à l'acceptabilité sociale de ce nouveau type d'aquaculture, mais également augmenter la valeur des algues et par là, la rentabilité de ce secteur économique.

### Changements globaux

Parmi les changements globaux accélérés dont les activités humaines sont responsables, 2 sont particulièrement pertinents lorsqu'il est question des assemblages d'algues dans l'ÉMSL et des services à l'écosystème qui leur sont associés, soit la hausse des températures et les espèces envahissantes. En ce qui concerne la hausse des températures, les conséquences écologiques du réchauffement de l'eau sur les performances individuelles des espèces marines suscitent des inquiétudes (Harley et collab., 2012). Dans l'ÉMSL, le plus important effet à long terme sur les assemblages d'algues sera probablement causé par la réduction et ensuite par la disparition des glaces annuelles. Les communautés de l'étage médiolittoral et du haut de l'étage infralittoral seront vraisemblablement les plus affectées et elles devraient ressembler de plus en plus à celles des provinces maritimes de l'est du Canada. Un déplacement progressif de la répartition des algues vers le pôle a d'ailleurs déjà été observé en Europe (Lima et collab., 2007) mais pas encore dans l'est du Canada, sans doute parce que la rareté des informations historiques ne permet pas de distinguer ces changements (Merzouk et Johnson, 2011).

En ce qui concerne les invasions d'espèces exotiques, l'ÉMSL semble être relativement peu affecté comparé à d'autres écosystèmes marins. Selon les données historiques, la première espèce d'algue invasive observée dans l'ÉMSL a été *Fucus serratus* (Hay et MacKay, 1887; Brawley et collab., 2009), qui s'est d'abord répandue rapidement à travers le sGSL jusqu'à la péninsule de Gaspé (Gauvreau, 1956) avant qu'une réduction majeure de son aire de répartition ne s'opère récemment (Johnson et collab., 2012). Plus connu est le cas de l'algue verte *Codium fragile* qui est apparue pour la première fois dans le golfe du Saint-Laurent en 1996 (Garbary et collab., 1997), mais qui, pour des raisons encore incertaines, reste surtout limitée aux herbiers de zostères marines sur les fonds sableux (Garbary et collab., 2004). Dans les herbiers des Îles-de-la-Madeleine, elle ne semble pas causer de dommages importants (Drouin et collab., 2012) malgré sa remarquable capacité de dispersion (Gagnon et collab., 2011) et les nuisances rapportées ailleurs (Bird et collab., 1993; Scheibling et Gagnon, 2006). En revanche, d'autres espèces marines envahissantes peuvent avoir des impacts plus importants. Par exemple, *Membranipora membranacea*, un bryzoaire épiphyte encroûtant (figure 7), peut nuire à la croissance et à la reproduction des laminaires (Saunders et Metaxas, 2008), ce qui suscite des inquiétudes sur la pérennité des champs d'algues et force les algoculteurs à ajuster leur calendrier d'opération (Førde et collab., 2014).

### Conclusion

Le pourtour du golfe du Saint-Laurent, avec ses côtes rocheuses, abrite de nombreux champs d'algues qui jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement de l'écosystème. La partie québécoise du golfe est considérée comme un environnement de transition boréal-subarctique et, à ce titre, elle possède des particularités qui la différencient des autres régions côtières de l'Atlantique Nord. En effet, dans l'ÉMSL l'action récurrente des glaces d'hiver et l'abondance des oursins sont 2 facteurs majeurs qui contrôlent la répartition et l'abondance des algues dans l'étage intertidal et infralittoral. Les champs d'algues de l'ÉMSL contiennent aussi en abondance plusieurs



Figure 7. Infestation d'une fronde de laminaire sucrée (*Saccharina latissima*) par les colonies du bryzoaire envahissant *Membranipora membranacea* sur une ferme d'algoculture, en juillet 2012.

Halliutec, 2012

espèces arctiques qui côtoient des espèces typiques des milieux tempérés. La répartition et l'écologie de ces macroalgues ont été jusqu'ici peu étudiées et les travaux des chercheurs se sont concentrés sur une partie du Bas-Saint-Laurent et de la Minganie, ce qui rend difficile toute généralisation des résultats à l'ensemble des côtes du Québec.

Les champs d'algues de l'ÉMSL sont soumis à des pressions croissantes provenant à la fois des changements environnementaux globaux et, depuis 2009, d'une intensification progressive des efforts de récolte commerciale. En parallèle, des activités de culture en mer sont aussi en train de se développer. L'exploitation et la valorisation de cette ressource peuvent donner naissance à une activité économique diversifiée, complémentaire aux filières industrielles traditionnelles dans les régions maritimes. Dans ce contexte, il semble indispensable d'accroître les efforts de recherche pour protéger cette ressource tout en accompagnant le développement des entreprises qui en dépendent. Dans les prochaines années, l'accent devrait idéalement être placé sur (1) l'écologie et la génétique des populations d'algues dans les différentes régions de l'ÉMSL, (2) la quantification des services rendus à l'écosystème par les champs d'algues et par les algues de culture et (3) l'amélioration des connaissances sur la répartition de la biomasse exploitable.

## Remerciements

Les auteurs remercient la Dre Anissa Merzouk pour sa contribution à nos connaissances sur la répartition des macroalgues, l'équipe de chargés de projet et de techniciens du CCTT des pêches du Cégep de la Gaspésie et des Îles pour leur apport aux efforts de valorisation de la ressource algale, les 6 entreprises qui soutiennent les travaux de la CRIC : Biotag International, Fermes Marines du Québec, InnoVactiv, OrganicOcean, Pro-Algues Marines et SCF Pharma, ainsi que Martin Poirier et 3 réviseurs anonymes pour leurs commentaires sur une version précédente de l'article. Les activités d'Éric Tamigneaux et de Ladd Johnson ont bénéficié du soutien financier du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, du Fonds de recherche Nature et technologies ainsi que du ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur. Cette publication est issue des activités du CÉVAM, une collaboration entre l'Université Laval et le Cégep de la Gaspésie et des Îles. ◀

## Références

- ADEY, W. et L.C. HAYEK, 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. *Northeastern Naturalist*, 18: 1-128.
- ADEY, W.H., S.C. LINDSTROM, M. HOMMERSAND et K. MULLER, 2008. The biogeographic origin of Arctic endemic seaweeds: A thermogeographic view. *Journal of Phycology*, 44: 1384-1394.
- ALLARD, M., G. SHARP, J.-G. ROCHEFORT, V. FILION et Y. BELLEFLEUR, 2010. Development of the subarctic marine plant resources of Ungava Bay, Nunavik, Quebec, Canada. XX<sup>th</sup> International Seaweed Symposium, Ensenada, Baja California, Mexico, 22-26 février 2010, Program & abstracts, p. 113.
- ANDERSON, M.R., A. CARDINAL et J. LAROCHELLE, 1981. An alternate growth pattern for *Laminaria longicuris*. *Journal of Phycology*, 17: 405-411.
- ARCHAMBAULT, D. et E. BOURGET, 1983. Importance du régime de dénudation sur la structure et la succession des communautés intertidales de substrat rocheux en milieu subarctique. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40: 1278-1292.
- BACHELOT DE LA PYLAIE, A.J.M., 1829. Flora de l'Île Terre-Neuve et des Îles Saint Pierre et Miquelon. Livraison [Algae]. Typographie de A. Firmin Didot, Paris, 128 p.
- BATES, C., 2004. An introduction to the algae of British Columbia. Dans: KLINGENBERG, B. (édit.). E-Flora BC: Atlas of the plants of British Columbia. Disponible en ligne à : [www.eflora.bc.ca](http://www.eflora.bc.ca). [Visité le 15-08-22].
- BÉGIN, C., L.E. JOHNSON et J.H. HIMMELMAN, 2004. Macroalgal canopies: Patterns of distribution and diversity of associated invertebrates and effects on the recruitment and growth of mussels. *Marine Ecology Progress Series*, 271: 121-132.
- 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, ii + 44 p. + annexes.
- BELL, H.P. et C. MACFARLANE, 1933. The marine algae of the Maritime Provinces of Canada. I. List of species and their distribution and prevalence. *Canadian Journal of Research*, 9: 265-279.
- BELZILE, L., R. LALUMIÈRE, O. CLOUTIER et J.F. MARTEL, 1997. Inventaire des laminaires dans la baie des Chaleurs entre Miguasha et Bonaventure. Rapport conjoint. Groupe-conseil Génivar inc. et Regroupement des pêcheurs professionnels du sud de la Gaspésie, pour le compte de Pêches et Océans Canada, Ottawa, 13 p.
- BERGERON, P. et E. BOURGET, 1986. Shore topography and spatial partitioning of crevice refuges by sessile epibenthos in an ice-disturbed environment. *Marine Ecology Progress Series*, 28: 129-145.
- BIRD, C.J., M. GREENWELL et J. MCLACHLAN, 1983. Benthic marine algal flora of the north shore of Prince Edward Island (Gulf of St. Lawrence), Canada. *Aquatic Botany*, 16: 315-335.
- BIRD, C.J., M.J. DADSWELL et D.W. GRUND, 1993. First record of the potential nuisance alga *Codium fragile* ssp. *tomentosoides* (Chlorophyta, Caulerpaceae) in Atlantic Canada. *Proceedings of the Nova Scotian Institute of Science*, 40: 11-17.
- BONDU, S., C. BONNET, J. GAUBERT, É. DESLANDES, S.L. TURGEON et L. BEAULIEU, 2014. Bioassay-guided fractionation approach for determination of protein precursors of proteolytic bioactive metabolites from macroalgae. *Journal of Applied Phycology*, 27: 2059-2074. doi 10.1007/s10811-014-0425-0.
- BRAWLEY, S.H., J.A. COYER, A.M.H. BLAKESLEE, G. HOARAU, L.E. JOHNSON, J.E. BYERS, W.T. STAM et J.L. OLSEN, 2009. Historical invasions of the intertidal zone of Atlantic North America associated with distinctive patterns of trade and emigration. *Proceedings National Academy Sciences*, 106: 8239-8244.
- BROCH, O.J., I.H. ELLINGSEN, S. FORBORD, X. WANG, Z. VOLENT, M. ALVER, A. HANDÅ, K. ANDRESEN, D. SLAGSTAD, K.I. REITAN, Y. OLSEN et J. SKJERMO, 2013. Modelling the cultivation and bioremediation potential of the kelp *Saccharina latissima* in close proximity to an exposed salmon farm in Norway. *Aquaculture Environment Interactions*, 4: 187-206.
- CARDINAL, A., 1967. Inventaire des algues marines benthiques de la Baie des Chaleurs et de la Baie de Gaspé (Québec). I. Phéophycées. *Le Naturaliste canadien*, 94: 233-271.
- CARDINAL, A., 1990. Répartitions biogéographiques des algues marines benthiques sur les côtes du Québec. *Le Naturaliste canadien*, 117: 167-183.
- CARDINAL, A., J. CABIOC'H et L. GENDRON, 1978. Les Corallinacées (Rhodophyta, Cryptonémiales) des côtes du Québec. I. *Clathromorphum* Foslie. *Cahier Biologie marine*, 19: 175-187.
- CARDINAL, A., J. CABIOC'H et L. GENDRON, 1979. Les Corallinacées (Rhodophyta, Cryptonémiales) des côtes du Québec. II. *Lithothamnium* Philippi emend. Adey. *Cahier Biologie marine*, 20: 171-179.

- CHAPMAN, A.R.O. et C.R. JOHNSON, 1990. Disturbance and organization of macroalgal assemblages in the northwest Atlantic. *Hydrobiologia*, 192: 77-121.
- CHOPIN, T., 2014. Seaweeds: Top mariculture crop, ecosystem service provider. *Global Aquaculture Advocate*, septembre/octobre: 54-56.
- CHOPIN, T. et R. UGARTE, 2006. The seaweed resource of Eastern Canada. Dans: A.T. CRITCHLEY, M. OHNO et D.B. LARGO (édit.), *World Seaweed Resources. An Authoritative Reference System*. ETI Bioinformatics Publishers, Amsterdam, 46 p.
- CHOPIN, T., A.H. BUSCHMANN, C. HALLING, M. TROELL, N. KAUTSKY, A. NEORI, G.P. KRAEMER, J.A. ZERTUCHE-GONZALEZ, C. YARISH et C. NEEFUS, 2001. Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: A key toward sustainability. *Journal of Phycology*, 37: 975-986.
- CHRISTIE, H., N.M. JØRGENSEN, K.M. NORDERHAUG et E. WAAGE-NIELSEN, 2003. Species distribution and habitat exploitation of fauna associated with kelp (*Laminaria hyperborea*) along the Norwegian coast. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 83: 687-699.
- CHUNG, I.K., Y.H. KANG, C. YARISH, G.P. KRAEMER et J.A. LEE, 2002. Application of seaweed cultivation to the bioremediation of nutrient-rich effluent. *Algae*, 17: 187-194.
- CHUNG, I.K., J.H. OAK, J.A. LEE, J.A. SHIN, J.G. KIM et K.-S. PARK, 2013. Installing kelp forests/seaweed beds for mitigation and adaptation against global warming: Korean Project Overview. *ICES Journal of Marine Science*, 70: 1038-1044. doi:10.1093/icesjms/fss206
- CRAIK, S.R., J.-P.L. SAVARD, M.J. RICHARDSON et R.D. TITMAN, 2011. Foraging ecology of flightless male red-breasted mergansers in the Gulf of St. Lawrence, Canada. *Waterbirds*, 34: 280-288.
- DAYTON, P.K., 1975. Experimental evaluation of ecological dominance in a rocky intertidal algal community. *Ecological Monographs*, 45: 137-159.
- DENNY, M.W. et B. GAYLORD, 2010. Marine ecomechanics. *Annual Review of Marine Science*, 2: 89-114.
- DROUIN, A., C.W. MCKINDSEY et L.E. JOHNSON, 2011. Higher abundance and diversity in faunal assemblages with the invasion of *Codium fragile* ssp. *fragile* in eelgrass meadows. *Marine Ecology Progress Series*, 424: 105-117.
- DUGGINS, D., C. SIMENSTAD et J. ESTES, 1989. Magnification of secondary production by kelp detritus in coastal marine ecosystems. *Science*, 245: 170-173.
- FAO, 2014. The state of world fisheries and aquaculture. FAO, Rome, 223 p.
- FILLION, N., 1999. Valorisation des algues marines: fabrication de farines texturantes à partir de la laminaire à long stipe (*Laminaria longicruris*). MAPAQ, Centre Technologique des Produits Aquatiques (CTPA), direction de l'Innovation et des Technologies du Québec. Cahier d'information n° 136, Gaspé, 37 p.
- FØRDE, H., S. FORBORD, A. HANDÅ, J. FOSSBERG, J. ARFF, G. JOHNSEN et K.I. REITAN, 2016. Development of bryozoan fouling on cultivated kelp (*Saccharina latissima*) in Norway. *Journal of Applied Phycology*, 28: 1225-1234.
- GAGNON, P., J.H. HIMMELMAN et L.E. JOHNSON, 2004. Temporal variation in community interfaces: Kelp bed boundary dynamics adjacent to persistent urchin barrens. *Marine Biology*, 144: 1191-1203.
- GAGNON, P., L.E. JOHNSON et J.H. HIMMELMAN, 2005. Spatial and temporal stability in algal assemblages on urchin barrens in the northern Gulf of St. Lawrence. *Journal of Phycology*, 41: 498-505.
- GAGNON, K., C.W. MCKINDSEY et L.E. JOHNSON, 2011. Dispersal potential of invasive algae: The determinants of buoyancy in *Codium fragile* ssp. *fragile*. *Marine Biology*, 158: 2449-2458.
- GARBARY, D.J., H. VANDERMEULEN et K.Y. KIM, 1997. *Codium fragile* ssp. *tomentosoides* (Chlorophyta) invades the Gulf of St Lawrence, Atlantic Canada. *Botanica Marina*, 40: 537-540.
- GARBARY, D.J., S.J. FRASER, C. HUBBARD et K.Y. KIM, 2004. *Codium fragile*: Rhizomatous growth in the *Zostera* thicket of eastern Canada. *Helgoland Marine Research*, 58: 141-146.
- GAUVREAU, M., 1956. Les algues marines du Québec. Jardin botanique de Montréal, Montréal, 147 p. + 45 dessins et photographies.
- GENDRON, L., 1983. Inventaire des populations de Laminaires de la baie des Chaleurs (secteur Caps Noirs – Pointe Bonaventure). Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, direction de la recherche scientifique et technique, cahier d'information, 111: 1-52.
- GENDRON, L., 1984. Évaluation du fonctionnement et du rendement d'un prototype de moissonneuse à algues. MAPAQ-Pêcheries, direction de la recherche scientifique et technique, document de recherche 84/11, Gaspé, 20 p.
- GENDRON, L., 1989. Seasonal growth of the kelp *Laminaria longicruris* in Baie-des-Chaleurs, Quebec, in relation to nutrient and light availability. *Botanica Marina*, 32: 345-354.
- GENDRON, L. et A. CARDINAL, 1983. *Clathromorphum circumscriptum* (Cryptonemialia, Rhodophyta) – characteristics of a population at its estuarine limit of distribution. *Phycologia*, 22: 96-99.
- GENDRON, L. et É. TAMIGNEAUX, 2008. Expériences de culture de l'algue brune *Saccharina longicruris* en 2007: essais en bassin et en mer au large de Paspébiac et de Grande-Rivière (Québec). Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2820, x + 48 p.
- GENDRON, L., P. GAUTHIER et G. SAVARD, 2007. Expériences préliminaires de culture de l'algue brune *Laminaria longicruris* en laboratoire et en mer au large de Paspébiac (Québec) en 2006. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2731, viii + 53 p.
- GENDRON, L., É. TAMIGNEAUX, C. LEROUX et M.-J. LEBLANC, 2010. Ajustements du calendrier de culture de la laminaire à long stipe (*Saccharina longicruris*) en Gaspésie (Québec) pour éviter la colonisation des frondes par le bryozoaire *Membranipora membranacea* et augmenter le nombre de récoltes annuelles. Rapport canadien à l'industrie sur les sciences halieutiques et aquatiques 284, vii + 44 p.
- GRANT, C., C. MONPERT, M.-H. RONDEAU, D. BEAUCHESNE et C. STOEFFLER, 2015. Cartographie de bancs de laminaires à l'aide de méthodes acoustiques. Rapport final. Centre interdisciplinaire de développement en cartographie des océans, Rimouski, 46 p.
- GUILLEMETTE, M., R.C. YDENBERG et J.H. HIMMELMAN, 1992. The role of energy intake rate in prey and habitat selection of common eiders *Somateria mollissima* in winter: A risk-sensitive interpretation. *Journal of Animal Ecology*, 61: 599-610.
- HARLEY, C.D.G., K.M. ANDERSON, K.W. DEMES, J.P. JORVE, R.L. KORDAS, T.A. COYLE et M.H. GRAHAM, 2012. Effects of climate change on global seaweed communities. *Journal of Phycology*, 48: 1064-1078.
- HARVEY, M., E. BOURGET et G. MIRON, 1993. Settlement of Iceland scallop *Chlamys islandica* spat in response to hydroids and filamentous red algae: Field observations and laboratory experiments. *Marine Ecology Progress Series*, 9: 283-292.
- HAY, G.U. et A.H. MACKAY, 1887. Marine algae of New Brunswick and Appendix: List of the marine algae of the Maritime Provinces of the Dominion of Canada, with notes. *Transactions of the Royal Society of Canada*, 5: 170-174.
- HIMMELMAN, J.H. et D.H. STEELE, 1971. Foods and predators of the green sea urchin *Strongylocentrotus droehachiensis* in Newfoundland waters. *Marine Biology*, 9: 315-322.
- HIMMELMAN, J.H. et Y. LAVERGNE, 1985. Organization of rocky subtidal communities in the St. Lawrence Estuary. *Le Naturaliste canadien*, 112: 143-154.
- HIMMELMAN, J.H. et H. NÉDÉLEC, 1990. Urchin foraging and algal survival strategies in intensely grazed communities in eastern Canada. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 47: 1011-1026.
- HIMMELMAN, J.H., A. CARDINAL et E. BOURGET, 1983. Community development following removal of urchins, *Strongylocentrotus droehachiensis*, from the rocky subtidal zone of the St. Lawrence Estuary, eastern Canada. *Oecologia*, 59: 27-39.

- JOHNSON, L.E., 2007. Ice scour. Dans: DENNY M.W. et S.D. GAINES (édit.). Encyclopedia of tidepools and rocky shores. University of California Press, Berkeley, p. 289-291.
- JOHNSON, L.E., S.H. BRAWLEY et W.H. ADEY, 2012. Secondary spread of invasive species: Historic patterns and underlying mechanisms of the continuing invasion of the European rockweed *Fucus serratus* in eastern North America. *Biological Invasions*, 14: 79-97.
- JUANES, J.A. et J.L. MCLACHLAN, 1992a. Productivity of *Chondrus crispus* Stackhouse (Rhodophyta, Gigartinales) in sublittoral Prince Edward Island, Canada. 1. Seasonal pattern. *Botanica Marina*, 35: 391-398.
- JUANES, J.A. et J.L. MCLACHLAN, 1992b. Productivity of *Chondrus crispus* Stackhouse (Rhodophyta, Gigartinales) in sublittoral Prince Edward Island. 2. Influence of temperature and nitrogen reserves. *Botanica Marina*, 35: 399-405.
- KEATS, D.W., 1991. Refugial *Laminaria* abundance and reduction in urchin grazing in communities in the north-west Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association, United Kingdom*, 71: 867-876.
- KIM, K.-T., 2012. Seasonal variation of seaweed components and novel biological function of fucoidan extracted from brown algae in Quebec. Thèse de doctorat, Université Laval, Québec, 142 p.
- KONAR, B., M. EDWARDS et T. EFIRD, 2015. Local habitat and regional oceanographic influence on fish distribution patterns in the diminishing kelp forests across the Aleutian Archipelago. *Environmental Biology of Fishes*, 98: 1935-1951.
- KRAUSE-JENSEN, D., C.M. DUARTE, I.E. HENDRIKS, L. MEIRE, M.E. BLICHER, N. MARBÀ et M.K. SEJR, 2015. Macroalgae contribute to nested mosaics of pH variability in a subarctic fjord. *Biogeosciences*, 12: 4895-4911.
- KUHNLEIN, H.V. et N.J. TURNER, 1991. Traditional plant foods of Canadian Indigenous Peoples: Nutrition, botany and use. Gordon and Breach Science publishers, Amsteldijk, 635 p.
- LAMOTE, M., L.E. JOHNSON et Y. LEMOINE, 2007. Interspecific differences in the response of juvenile stages to physical stress: Fluorometric response of fucoid algae to variation in meteorological conditions. *Journal of Phycology*, 43: 1164-1176.
- LAZO, M.L., M. GREENWELL et J. MCLACHLAN, 1989. Population-structure of *Chondrus crispus* Stackhouse (Gigartinales, Rhodophyta) along the coast of Prince Edward Island, Canada – distribution of gametophytic and sporophytic fronds. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 126: 45-58.
- LEBLANC, M.-J. et M.-H. RONDEAU, 2005. Projet d'évaluation du potentiel de la ressource des algues échouées en Gaspésie pour des fins d'élevage de spécialité: Phase II. Rapport final présenté à l'Union des producteurs agricoles de la Gaspésie. Cégep de la Gaspésie et des Îles, Centre collégial de transfert de technologie des pêches, Grande-Rivière, 43 p.
- LEBLANC, M.-J., E. TAMIGNEAUX et M.-L. LARRIVÉE, 2008. Amélioration des techniques de culture des algues marines: culture *in vitro* de semences de la laminaria à long stipe et ensemencement de cordes de culture. Programme d'aide à la recherche technologique. Rapport final du projet PART2007N003 au ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur. Cégep de la Gaspésie et des Îles, Centre collégial de transfert de technologie des pêches, Grande-Rivière, 52 p.
- LEMIEUX, J. et M. CUSSON, 2014. Effects of habitat-forming species richness, evenness, identity, and abundance on benthic intertidal community establishment and productivity. *PLoS ONE* 9:e109261. doi:10.1371/journal.pone.0109261.
- LICOIS, A., G. HERSANT, E. TAMIGNEAUX et R. BERNIER, 2012. Projet ALHURE. Valorisation des huiles et des fibres d'une algue brune (*Saccharina longicruris*) pour le marché des biomatériaux. Rapport final du projet PART2010N035 au ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur. Cégep de la Gaspésie et des Îles, Centre collégial de transfert de technologie des pêches, Grande-Rivière, 36 p.
- LICOIS, A., M.C.I. NGOM, G. HERSANT, R. CORCUFF, F. COUTURE et E. TAMIGNEAUX, 2014. Projet PRÉFAB. Étude de pré faisabilité technico-économique de la filière intégrée de laminaire au Québec. 2014. Merinov, rapport de R-D n° 14-06, Gaspé, 37 p.
- LIMA, F.P., P.A. RIBEIRO, N. QUEIROZ, S.J. HAWKINS et A.M. SANTOS, 2007. Do distributional shifts of northern and southern species of algae match the warming pattern? *Global Change Biology*, 13: 2592-2604.
- LING, S.D., R.E. SCHEIBLING, A. RASSWEILER, C.R. JOHNSON, N. SHEARS, S.D. CONNELL, A.K. SALOMON, K.M. NORDERHAUG, A. PÉREZ-MATUS, J.C. HERNANDEZ, S. CLEMENTE, L.K. BLAMEY, B. HEREU, E. BALLESTEROS, E. SALA, J. GARRABOU, E. CEBRIAN, M. ZABALA, D. FUJITA et L.E. JOHNSON, 2015. Global regime shift dynamics of catastrophic sea urchin overgrazing. *Philosophic Transaction of the Royal Society, B* 370: 20130269. doi.org/10.1098/rstb.2013.0269
- LIONARD, M., E. TAMIGNEAUX, I. GENDRON-LEMIEUX et K. BERGER, 2014. Présentation du potentiel d'utilisation de la biomasse algale sur la Côte-Nord. Rapport de recherche-développement n°14-03, Merinov, Gaspé, 23 p.
- LUBCHENCO, J., 1978. Plant species diversity in a marine intertidal community: Importance of herbivore food preference and algal competitive abilities. *The American Naturalist*, 112: 23-39.
- MACFARLANE, C. et G.M. MILLIGAN, 1965. Marine algae of the maritime provinces of Canada. A preliminary checklist. Nova Scotia Research Foundation, Seaweed Division, Dartmouth, 32 p.
- MARSOT, P. et R. FOURNIER, 1992. Faisabilité biologique de la reproduction de *Laminaria longicruris* et de la croissance des jeunes sporophytes en laboratoire. Dans: Projet d'étude de faisabilité technique et économique de la culture d'algues alimentaires aux Îles-de-la-Madeleine. Rapport final, programme d'essai et d'expérimentation halieutique et aquicole. Ministère des Pêches et des Océans, Région du Québec, Mont-Joli, 106 p.
- MCCOOK, L.J. et A.R.O. CHAPMAN, 1997. Patterns and variations in natural succession following massive ice-scour of a rocky intertidal seashore. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 214: 121-147.
- MCKINDSEY, C.W. et E. BOURGET, 2001. Diversity of a northern rocky intertidal community: The influence of body size and succession. *Ecology*, 82: 3462-3478.
- MERZOUK, A., 2016. État des connaissances des herbiers marins et portrait des ressources algales sur les côtes du Québec. Rapport final. Merinov, Gaspé, v + 137 p.
- MERZOUK, A. et L.E. JOHNSON, 2011. Kelp distribution in the northwest Atlantic Ocean under a changing climate. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 400: 90-98.
- MILLER, R.J. et H.M. PAGE, 2012. Kelp as a trophic resource for marine suspension feeders: A review of isotope-based evidence. *Marine Biology*, 159: 1391-1402.
- NADON, M.O. et J.H. HIMMELMAN, 2006. Stable isotopes in subtidal food webs: Have enriched carbon ratios in benthic consumers been misinterpreted? *Limnology and Oceanography*, 51: 2828-2836.
- NYANG, A. et P. BRYL, 1993. Les possibilités d'exploitation et de valorisation des algues au Québec. MAPA-Pêcheries, DRST – Document de travail 93/05, Gaspé, 9 p.
- OLSON, A.M. et J. LUBCHENCO, 1990. Competition in seaweeds – linking plant traits to competitive outcomes. *Journal of Phycology*, 26: 1-6.
- PAINE, R.T. et S.A. LEVIN, 1981. Intertidal landscapes: Disturbance and the dynamics of pattern. *Ecological Monographs*, 51: 145-178.
- PARDO, M.-L. et L.E. JOHNSON, 2005. Variation in life-history traits across an intertidal gradient: Environmental effects on the size, growth and fecundity in a marine snail. *Marine Ecology Progress Series*, 296: 229-239.
- PERROT, Y., 2015. Télédétection aérienne d'algues littorales. Rapport Technique CGQ 0398 présenté à Pêcherie Uapan le 16 janvier 2015. Centre de géomatique du Québec, Saguenay, 26 p.

- PERSON, J., 2011. Livre turquoise. Algues, filières du futur. Colloque Algues; filières du futur, 17-19 novembre 2010, Romainville, France. AdebioTech, Romainville, 182 p.
- POORE, A.G.B., A.H. CAMPBELL, R.A. COLEMAN, G.J. EDGAR, V. JORMALAINEN, P.L. REYNOLDS, E.E. SOTKA, J.J. STACHOWICZ, R.B. TAYLOR, M.A. VANDERKLIFT et J.E. DUFFY, 2012. Global patterns in the impact of marine herbivores on benthic primary producers. *Ecology Letters*, 15: 912-922.
- REID, A., P. ROBICHAUD, E. POULIN, C. LANGEVIN, S. VINCENT, J. LANGLOIS, J. DUCHESNE, K. BERGER, M. LIONARD, D. BOURDAGES, A. BLAIS et H. MICHAUD, 2014. Valorisation alimentaire des macroalgues de culture du Québec. Programme d'aide à la recherche technologique. Rapport final du projet PART2013A028 au ministère de l'Éducation, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Citech agroalimentaire, Saint-Hyacinthe, 120 p.
- RIOUX, L.-E., S.L. TURGEON et M. BEAULIEU, 2010. Structural characterisation of laminaran and galactofuran extracted from the brown seaweed *Saccharina longicruris*. *Phytochemistry*, 71: 1586-1595.
- ROBINSON, C.B., 1903. The distribution of *Fucus serratus* in America. *Torreyia*, 3: 132-134.
- SAUNDERS, M. et A. METAXAS, 2008. High recruitment of the introduced bryozoan *Membranipora membranacea* is associated with kelp bed defoliation in Nova Scotia, Canada. *Marine Ecology Progress Series*, 369: 139-151.
- SCHIEBLING, R.E. et P. GAGNON, 2006. Competitive interactions between the invasive green alga *Codium fragile* ssp. *tomentosoides* and native canopy-forming seaweeds in Nova- Scotia (Canada). *Marine Ecology Progress Series*, 325: 1-14.
- SCOGGAN, J., Z. ZHIMENG et W. FEIJU, 1989. Culture of kelp (*Laminaria japonica*) in China. UNDP/FAO Regional Seafarming Project. Training Manual 89/5 (RAS/86/024). Disponible en ligne à: <http://www.fao.org/3/contents/a772bf3d-29f6-5025-bf95-8cfe046155c4/AB724E00.htm>. [Visité le 16-03-22].
- SCROSATI, R. et C. HEAVEN, 2007. Trends in abundance of rocky intertidal seaweeds and filter feeders across gradients of elevation, wave exposure, and ice scour in eastern Canada. *Hydrobiologia*, 603: 1-14.
- SHARP, G.J., 1987. Growth and production in wild and cultured stocks of *Chondrus crispus*. *Hydrobiologia*, 151: 349-354.
- SHARP, G.J., C. TETU, R. Semple et D. Jones, 1993. Recent changes in the seaweed community of western Prince Edward Island – implications for the seaweed industry. *Hydrobiologia*, 261: 291-296.
- SHARP, G., R. SEMPLE et B. PILGRIM, 2001. Distribution and abundance of marine plants in the nearshore of Cape Breton in potential oil and gas exploration areas. Pêches et Océans Canada, Secrétariat canadien de consultation scientifique, document de recherche 2001/117, Ottawa, 25 p.
- SIMMS, É.L. et J.-M. M. DUBOIS, 2001. Satellite remote sensing of submerged kelp beds on the Atlantic coast of Canada. *International Journal of Remote Sensing*, 22: 2083-2094.
- SKJERMO, J., I. M. AASEN, J. ARFF, O.J. BROCH, A. CARVAJAL, H. CHRISTIE, S. FORBORD, Y. OLSEN, K.I. REITAN, T. RUSTAD, J. SANDQUIST, R. SOLBAKKEN, K.B. STEINHOVDEN, B. WITTGENS, R. WOLFF et A. HANDÅ, 2014. A new Norwegian bioeconomy based on cultivation and processing of seaweeds: Opportunities and R&D needs. Report A25881, Sintef Fisheries and Aquaculture, Trondheim, 46 p.
- SOUSA, W.P., 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 15: 353-591.
- SOUTH, G.R. et A. CARDINAL, 1990. Checklist of marine algae of eastern Canada. *Canadian Journal of Botany*, 48: 2077-2095.
- TAMIGNEAUX, É., M.-J. LEBLANC et M.-L. LARRIVÉE, 2009. Amélioration des techniques de culture des algues marines: test de faisabilité de trois récoltes annuelles pour la laminaire à long stipe (*Saccharina longicruris*). Programme d'aide à la recherche technologique. Rapport final du projet PART2007N004 au ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur. Cégep de la Gaspésie et des Îles, Centre collégial de transfert de technologie des pêches, Grande-Rivière, vii + 40 p.
- TAMIGNEAUX, É., M.-J. LEBLANC et M.-L. LARRIVÉE, 2011. Amélioration des techniques de culture des algues marines: comparaison entre les rendements de *Saccharina longicruris* et d'*Alaria esculenta*. Programme d'aide à la recherche technologique. Rapport final du projet PART2009A019 au ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur. Cégep de la Gaspésie et des Îles, Centre collégial de transfert de technologie des pêches, Grande-Rivière, vi + 32 p.
- TAMIGNEAUX, É., A. LICOIS, D. BOURDAGES et M.-J. LEBLANC, 2013. Protocoles pour la culture de la laminaire à long stipe (*Saccharina longicruris*) et de la laminaire sucrée (*Saccharina latissima*) dans le contexte du Québec. Guide n° 13-01. Merinov, Gaspé, 38 p.
- TAMIGNEAUX, É., E. PEDNEAULT et L. GENDRON, 2014. Comparaison des rendements de l'algue brune *Saccharina longicruris* cultivée en milieu ouvert en Gaspésie et en lagune aux Îles-de-la-Madeleine. 2014. Rapport de R-D n° 14-04, Merinov, Gaspé, 34 p.
- WEIN, E., F.R. FREEMAN et J.C. MAKUS, 1996. Preference for traditional foods among the Belcher Islands Inuit. *Arctic*, 49: 256-264.

1435 rue Provancher  
Québec, QC  
G1Y 1R9



LA MAISON  
LÉON-PROVANCHER  
[www.maisonleonprovancher.com](http://www.maisonleonprovancher.com)

**Dr MICHEL COUVRETTE**  
Chirurgien-dentiste

5886 St-Hubert  
Montréal (Québec)  
Canada H2S 2L7

sur rendez-vous  
seulement  
274-2373