

Cartographie des macrophytes estuariens et marins du Québec

Laurence Provencher-Nolet, Laurence Paquette, Louis David
Pitre, Benjamin Grégoire et Christine Desjardins

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

2024

**Rapport technique canadien des
sciences halieutiques et aquatiques 3617**



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 3617

2024

Cartographie des macrophytes estuariens et marins du Québec

Laurence Provencher-Nolet, Laurence Paquette, Louis David Pitre, Benjamin Grégoire et
Christine Desjardins

Direction régionale des sciences
Région du Québec
Directions 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, 2024

N° de catalogue Fs97-6/3617F-PDF

ISBN 978-0-660-72152-1

ISSN 1488-545X

On doit citer la publication comme suit :

Provencher-Nolet, L., Paquette, L., Pitre, L.D., Grégoire, B., et Desjardins, C. 2024.
Cartographie des macrophytes estuariens et marins du Québec. Rapp. tech. can. sci.
halieut. aquat. 3617 : vi + 99 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	v
ABSTRACT.....	vi
1. INTRODUCTION	1
2. RÔLES ET VULNÉRABILITÉ DES MACROPHYTES ESTUARIENS ET MARINS	3
2.1 PLANTES ESTUARIENNES ET MARINES	3
2.1.1 Plantes vasculaires de marais	3
2.1.2 Zostère marine.....	3
2.2 MACROALGUES.....	4
3. MÉTHODOLOGIE.....	5
3.1 RÉGION D'ÉTUDE	5
3.2 ACQUISITION DES IMAGES	6
3.2.1 Orthophotographies du MPO	6
3.2.2 Autres sources d'imagerie.....	8
3.2.3 Images obliques.....	8
3.3 CHOIX DE LA MÉTHODE DE CARTOGRAPHIE	9
3.4 PRÉTRAITEMENT DES IMAGES.....	11
3.5 SEGMENTATION DES IMAGES	12
3.6 CARACTÉRISATION PAR PHOTO-INTERPRÉTATION	13
3.6.1 Étagement	14
3.6.2 Couverture végétale.....	16
3.6.3 Types de végétaux	17
3.6.4 Taxons.....	20
3.6.5 Classification par formes et couleurs	20
3.6.6 Types de substrat	20
3.7 ACQUISITION DE DONNÉES SUR LE TERRAIN	21
3.7.1 Campagnes de terrain du LDGIZC.....	21
3.7.2 Campagnes de terrain du MPO	21
3.8 INTÉGRATION DES DONNÉES DE LA BDISM	23
3.8.1 Intégration des données	24
3.8.2 Extrapolation des données.....	28
3.9 POST-TRAITEMENT	31
3.9.1 Champs récapitulatifs	31

3.9.2	Ajustements finaux sur la BDG	35
3.10	CRÉATION DES COUCHES DE DONNÉES SURFACIQUES THÉMATIQUES	35
3.11	LIMITES DE LA MÉTHODE	36
4.	RÉSULTATS ET DISCUSSION	37
4.1	CARTOGRAPHIE DES MACROPHYTES	37
4.1.1	Herbiers de zostère	42
4.1.2	Marais maritimes	43
4.1.3	Bancs de macroalgues	46
4.2	AUTRE PRODUIT CARTOGRAPHIQUE	50
5.	CONCLUSION	50
6.	REMERCIEMENTS	52
	RÉFÉRENCES	53
	ANNEXE A. LEXIQUES	57
	ANNEXE B. APERÇU GLOBAL DE LA COUVERTURE DU PROJET	61
	ANNEXE C. DÉTAILS DES LIGNES DE VOLS EFFECTUÉES ENTRE 2015 ET 2020	63
	ANNEXE D. SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES DES CAPTEURS UTILISÉS POUR LA PRODUCTION D'ORTHOPHOTOGRAPHIES AÉRIENNES	65
	ANNEXE E. CHAMPS DE LA BASE DE DONNÉES GÉOSPATIALE DES ÉCOSYSTÈMES CÔTIERS (UQAR-MPO)	66
	ANNEXE F. VALEURS DES CHAMPS (DOMAINES) DE LA BASE DE DONNÉES GÉOSPATIALES DES ÉCOSYSTÈMES CÔTIERS (BDG)	69
	ANNEXE G. SUPERFICIES DES GRANDES CLASSES DE DOMINANCES VÉGÉTALES AU SEIN DES SECTEURS DE L'EGSL À L'ÉTUDE	91
	ANNEXE H. SUPERFICIES DES ÉCOSYSTÈMES CARACTÉRISÉS POUR LES SECTEURS DE L'EGSL À L'ÉTUDE	96

RÉSUMÉ

Provencher-Nolet, L., Paquette, L., Pitre, L.D., Grégoire, B., et Desjardins, C. 2024.
Cartographie des macrophytes estuariens et marins du Québec. Rapp. tech. can. sci.
halieut. aquat. 3617 : vi + 99 p.

Pour appuyer la préparation et l'intervention en cas de déversements d'hydrocarbures, les herbiers de zostère, les marais maritimes et les bancs de macroalgues ont été cartographiés dans la zone côtière (<10 m de profondeur) de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent au Québec. Les données ont été acquises en partenariat avec l'Université du Québec à Rimouski sur plus de 4 200 km de corridor côtier. La méthode de cartographie développée s'appuie sur une segmentation automatisée et une photo-interprétation des écosystèmes côtiers, à partir de photographies aériennes multispectrales (RBVI) à très haute résolution (30 cm). Des photographies obliques et des données prises sur le terrain ont permis de valider ou d'ajuster des valeurs issues de la photo-interprétation. Les méthodes de cartographie et d'analyse d'imageries sous-marines développées ont permis l'acquisition de données récentes sur les milieux végétalisés et substrats (2015-2021) du littoral maritime du Québec. La diversité des milieux cartographiés et le niveau de détails obtenu permettent de résumer la distribution spatiale des milieux végétalisés vulnérables en cas d'incident environnemental. Les produits cartographiques créés dans le cadre de ce projet sont librement accessibles sur le [portail du gouvernement ouvert du Canada](#) et sur [SIGEC Web](#).

ABSTRACT

Provencher-Nolet, L., Paquette, L., Pitre, L.D., Grégoire, B., et Desjardins, C. 2024.

Cartographie des macrophytes estuariens et marins du Québec. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3617 : vi + 99 p.

To support oil spill preparedness and response, eelgrass beds, sea marshes and macroalgae beds in the coastal zone (<10 m depth) of Quebec's St. Lawrence Estuary and Gulf have been mapped. The data were acquired in partnership with the University of Quebec in Rimouski and cover more than 4 200 km of coastal corridor. The mapping method developed is based on an automated segmentation followed by the photointerpretation of the coastal ecosystems using very high-resolution (30 cm) multispectral aerial photographs (RGBI). Oblique photographs and field data helped to validate or adjust photo-interpretation values. The methods developed for mapping and for underwater imagery analysis allowed the acquisition of recent data (2015-2021) on vegetated environments and substrates, over Quebec's maritime coastline. The diversity of environments mapped and the level of detail obtained provide an overview of the spatial distribution of vegetated environments vulnerable to environmental incidents. The cartographic products created as part of this project are freely accessible on the [Open Government Portal](#) and [SIGEC Web](#).

1. INTRODUCTION

Le programme national « Planification pour une intervention maritime intégrée » (PIMI¹) s'inscrit dans l'un des volets du Plan de protection des océans (PPO). Dans le cadre de ce programme, le ministère des Pêches et des Océans (MPO) contribue au PPO en améliorant l'identification des sensibilités environnementales et en soutenant la préparation et l'intervention en cas d'incident maritime, comme en cas de déversement d'hydrocarbures. Le programme fait suite à des initiatives² (2017-2022) qui avaient été mises sur pied pour répondre aux recommandations formulées dans un « Examen du régime canadien de préparation et d'intervention en cas de déversements d'hydrocarbures par des navires » publié en 2013 par le Comité d'experts sur la sécurité des navires-citernes. L'une des recommandations invite le MPO, en collaboration avec Environnement et changement climatique Canada (ECCC), à recueillir et à compiler les renseignements sur les espèces[†] et les milieux sensibles pour chaque secteur d'intervention et à les rendre accessibles. Le MPO rend notamment disponibles des données géoréférencées permettant de localiser les ressources biologiques sensibles sous sa juridiction et les transmet au Centre national des urgences environnementales (CNUE) d'ECCC, avec qui il travaille de concert, en support à la Garde côtière canadienne. Ces données servent à appuyer la prise de décision en cas d'incidents maritimes.

Le MPO a d'abord réalisé une analyse (Desjardins et al. 2018) visant à identifier les composantes biologiques du milieu aquatique les plus vulnérables aux déversements d'hydrocarbure afin de les prioriser lors de la collecte de données. Cet exercice a permis d'identifier les macroalgues[†] et plantes marines et estuariennes (particulièrement la zostère marine [*Zostera marina*]) comme étant une composante vulnérable. Les végétaux[†] situés dans l'étage médiolittoral ou dans le premier mètre de l'étage infralittoral sont plus à risque de subir l'effet du mazoutage et de souffrir de la toxicité des composés dissous. De fortes concentrations d'hydrocarbures peuvent engendrer des pertes de biomasse pour les plantes de l'étage médiolittoral et ainsi fragiliser l'ensemble de l'écosystème (Alexander et Webb 1987, Silliman et al. 2012). De même, l'exposition aux hydrocarbures peut entraîner des changements dans la structure des communautés de macroalgues littorales (Perhar et Arhonditsis 2014). Une recommandation formulée dans le cadre de l'évaluation de la vulnérabilité des composantes biologiques du fleuve Saint-Laurent aux déversements d'hydrocarbures (Desjardins et al. 2018) était de réaliser une caractérisation de l'habitat des espèces à vulnérabilité élevée dans un contexte de cartographie.

Un survol des travaux cartographiques réalisés antérieurement sur le territoire côtier québécois révèle que les données sont souvent vétustes et que leur couverture varie à l'échelle du territoire, sans jamais couvrir toutes les côtes maritimes. Leur précision et leur localisation sont également variables, selon la méthode utilisée, puisqu'elles proviennent de sources différentes (Jobin et al. 2021). Merzouk (2016) a compilé une base de données rassemblant les informations géoréférencées disponibles sur la composition et la distribution des macroalgues

¹ Le lecteur est invité à consulter les lexiques disponibles à l'Annexe A pour les acronymes utilisés (Tableau A1) ainsi que pour une définition des termes biologiques, océanographiques ou géomatiques utilisés (Tableau A2). À leur première mention, les termes sont marqués d'une croix (†) qui réfère au lexique.

² L'initiative Planification pour une intervention environnementale intégrée (PIEI) a été pérennisée sous le nom Planification pour une intervention maritime intégrée (PIMI) en 2022

marines des littoraux du Québec entre 1933 et 2012. Cette dernière soulève notamment un manque de données sur ces communautés algales ainsi que la difficulté d'accès aux données rarement publiées et plutôt conservées dans les archives des chercheurs universitaires et gouvernementaux. Il est donc apparu nécessaire de développer une cartographie à haute résolution des écosystèmes à macrophytes[†] pour l'ensemble des littoraux estuariens et marins du Québec et de rendre les nouvelles données accessibles.

Pour y arriver, le MPO s'est associé à l'automne 2017 à l'Université du Québec à Rimouski (UQAR) pour mettre en œuvre le projet de Cartographie des écosystèmes[†] côtiers du Québec maritime (CECQM). À l'UQAR, le projet est porté par la [Chaire de recherche en géoscience côtière](#) au sein du [Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières](#) (LDGIZC) sous la responsabilité du Dr Pascal Bernatchez. Il s'inscrit dans un projet de plus grande envergure nommé [Résilience côtière](#) qui a pour objectif de réduire la vulnérabilité des communautés et des écosystèmes côtiers et de faciliter le choix des solutions d'adaptation aux changements climatiques des communautés. Il s'agit d'un mandat effectué à la demande du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. Bien que le MPO et le LDGIZC avaient des mandats différents, leur collaboration a aidé les deux organisations à atteindre leurs objectifs grâce à la complémentarité des expertises et des ressources disponibles.

Le projet de CECQM consiste en la réalisation d'une cartographie surfacique de haute résolution des littoraux du Québec maritime à partir d'orthophotographies[†] à très haute résolution spatiale, de photographies obliques hélicoptères, de données d'observation sur le terrain (Jobin et al. 2021) et d'imagerie sous-marine (Grégoire et al. 2024). La cartographie couvre l'étage médiolittoral (haut et bas estran) et l'étage infralittoral jusqu'à environ 10 m de profondeur. Le développement de la méthode et le travail géomatique ont été réalisés conjointement avec le LDGIZC, sur une étendue de plus de 4 200 km de corridor côtier. Les informations contenues dans la base de données géospatiale[†] (BDG) résultante décrivent les végétaux, les substrats, les systèmes géomorphologiques, les éléments anthropiques (ex. : des blocs déversés, lorsque présents) et le type d'écosystème (ex. : marais maritime, plage, lagune à zostère, etc.) sur des surfaces de caractéristiques homogènes. Les données issues du projet couvrent ainsi un domaine plus large que les objectifs spécifiques au MPO. Ce rapport technique offre une vue générale de la méthodologie développée conjointement avec l'UQAR pour l'acquisition des données et s'attarde plus spécifiquement à la cartographie des macrophytes. Le rapport produit par le LDGIZC (Jobin et al. 2021) est complémentaire au présent rapport en s'attardant plus spécifiquement aux aspects géomorphologiques du projet de CECQM.

Le projet de CECQM a servi d'assise au MPO pour produire des couches de données sur la distribution de ressources à risque, comme les marais maritimes, les herbiers de zostère et les bancs de macroalgues, qui pourront être utilisés pour la planification et l'intervention en cas d'incidents maritimes par les experts du MPO et par le CNUE. Une mise à jour partielle de cette cartographie est prévue, basée sur des données recueillies aux Îles-de-la-Madeleine à l'été 2023 et à l'Île d'Anticosti par la suite.

2. RÔLES ET VULNÉRABILITÉ DES MACROPHYTES ESTUARIENS ET MARINS

2.1 PLANTES ESTUARIENNES ET MARINES

2.1.1 Plantes vasculaires de marais

Les marais maritimes sont décrits par Dufour et Ouellet (2007) comme des éléments clés pour la structuration des écosystèmes marins. Ils constituent une importante zone tampon entre le milieu terrestre et le milieu marin et forment un habitat unique pour une variété de plantes et d'animaux (Friedrichs et Perry 2001). Parmi les plantes vasculaires contribuant à l'édification et au maintien des marais intertidaux, la spartine alterniflore (*Spartina alterniflora*) joue un rôle déterminant grâce à son système racinaire permettant l'aération des sols pauvre en oxygène des marais, les rendant ainsi favorable à la vie d'une multitude d'animaux (Gibson 2003). La structure végétale retrouvée dans les marais offre d'excellents habitats et une source de nourriture pour de nombreux invertébrés, amphibiens, poissons, oiseaux et mammifères. Ils sont des aires cruciales pour l'alevinage et l'alimentation de nombreuses espèces de poissons du fleuve Saint-Laurent (Gagnon et al. 1993), dont plusieurs d'intérêt commercial. Ces écosystèmes très productifs jouent un important rôle de séquestration du carbone atmosphérique. Ils jouent aussi un rôle déterminant pour réduire la vulnérabilité des communautés humaines situées en zone côtière face aux changements climatiques et aux risques côtiers, notamment grâce à leur rôle d'atténuation des vagues, de capture de sédiments, de réduction de l'érosion et d'atténuation des ondes de tempête. D'autres services rendus par ces écosystèmes comprennent la filtration et l'absorption de polluants, ainsi que la rétention et la déposition de sédiments (Spalding et al. 2014).

Dans un contexte de marée noire, les plantes de l'étage médiolittoral en subissent directement l'effet (Gundlach et Hayes 1978). Les pertes de biomasse observées lors de déversements peuvent entraîner l'érosion du talus et fragiliser l'ensemble de l'écosystème. La contamination des sédiments par les hydrocarbures peut notamment affecter le scirpe d'Amérique (*Schoenoplectus pungens*), causant de la mortalité ou des arrêts de croissance (Longpré et al. 1999, Lee et al. 2001).

2.1.2 Zostère marine

La zostère marine (*Zostera marina*) a été identifiée comme une espèce d'importance écologique pour le maintien de la structure et des fonctions de l'écosystème, ainsi que par sa vulnérabilité aux perturbations anthropiques (MPO 2009, Joseph et al. 2013). L'abondance et la répartition de la zostère ont un effet tangible sur l'écologie globale des estuaires, des baies et des écosystèmes adjacents de l'est du Canada. De nombreuses espèces d'algues, d'invertébrés et de poissons tirent profit de la structure d'habitat complexe créée par le feuillage et le système racinaire de la zostère. Ces herbiers constituent d'importants lieux d'alevinage pour une diversité de poissons qui tirent profit de ressources alimentaires abondantes et d'un abri contre les prédateurs, favorisant ainsi un taux élevé de survie et de croissance (Vandermeulen et al. 2012, Joseph et al. 2013). Par exemple, ils sont essentiels à certaines espèces fourragères comme l'épinoche à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*) et les choquemorts (*Fundulus heteroclitus*) qui y fraient (Schein et al. 2012). Les herbiers de zostère jouent également un rôle de filtration de la colonne d'eau en piégeant les sédiments en suspension et en absorbant les éléments nutritifs (MPO 2009, Joseph et al. 2013, Munkes et al. 2015). L'établissement de macroalgues épiphytes sur le feuillage de la zostère ajoute à la

complexité spatiale de cet habitat et augmente la capture des particules en suspension. Le système de racines et de rhizomes de la zostère stabilise les sédiments et fournit un habitat benthique complexe. Enfin, en contribuant à réduire les régimes de courant locaux, les herbiers de zostère créent une zone tampon le long de la côte.

La zostère marine est la seule phanérogame marine de l'est du Canada. Elle est tolérante aux variations de température (survit entre 0 et 35 °C) et de salinité (5 à 25 ppm), mais est intolérante à des conditions anoxiques et eutrophes. Les exigences de luminosité minimale de cette plante sont élevées (275 à 300 microeinsteins $m^{-2} s^{-1}$ en moyenne) et sa croissance est optimale en eaux claires (MPO 2009). Chabot et Rossignol (2003) soulignent que la pérennité des herbiers de zostère est menacée près des zones habitées en raison de la sensibilité de cette plante à la baisse drastique de lumière causée par l'augmentation de la turbidité de l'eau. L'eutrophisation, considérée comme principale cause de la perte d'habitats d'herbiers marins (Munkes et al. 2015), peut causer une importante diminution de l'abondance de la zostère, telle qu'observée dans de nombreuses zones côtières fortement anthropisées (Lotze et al. 2006). L'enfouissement des herbiers de zostère par l'apport de sédiments fins d'origine anthropique peut mener au déclin des populations locales (Munkes et al. 2015). Dans le contexte spécifique d'une exposition aux hydrocarbures, la canopée peut exercer un effet protecteur en empêchant le pétrole d'atteindre les sédiments et les méristèmes enfouis, responsables de la croissance (Den Hartog et Jacobs 1980, Zieman et al. 1984). Toutefois, un herbier sévèrement atteint peut prendre des années à se reconstituer, en particulier s'il est isolé d'autres herbiers intacts pouvant servir de source de propagules (Zieman et al. 1984). Lorsque des stress d'origine anthropique causent la disparition de vastes herbiers de zostère, il peut être très difficile de les rétablir, même en pratiquant des transplantations ou des semis (MPO 2009).

2.2 MACROALGUES

Les macroalgues remplissent des rôles essentiels au sein des écosystèmes des zones côtières, d'abord par leur contribution à la production primaire locale, qui les situe à la base du réseau alimentaire (Tamigneaux et Johnson 2016). Les peuplements d'algues multiplient l'espace disponible dans le milieu, augmentant la complexité de l'habitat et favorisant la diversité de la vie (Chabot et Rossignol 2003). En raison de leur impact positif sur la structure de l'habitat ainsi que sur la richesse et l'abondance des espèces présentes, les macroalgues sont considérées comme des espèces structurantes de l'habitat, ou espèces ingénieures (Lemieux et Cusson 2014, Gutiérrez et al. 2011). La canopée algale influence les conditions lumineuses, l'écoulement de l'eau, l'abrasion physique et le pH de leur environnement immédiat (Wernberg et al. 2019). En freinant le mouvement de l'eau, elle piège la matière organique particulaire et les larves planctoniques, favorisant l'installation d'une communauté diversifiée de détritivores et de filtreurs. La structure physique des macroalgues fournit ainsi un abri contre les prédateurs et les stress physiques, une source de nourriture et un habitat pour un grand nombre d'espèces associées, incluant une flore et une faune très diversifiées et productives. La complexité de ces habitats est aussi augmentée par la présence d'algues épiphytes. Cet habitat est notamment reconnu pour abriter une abondance et une diversité d'invertébrés, tant dans l'étage médiolittoral qu'infralittoral, qui varient grandement en fonction des espèces d'algues (Tamigneaux et Johnson 2016). De même, des vertébrés incluant des oiseaux et des poissons sont parfois intimement associés aux bancs d'algues qui leur fournissent des ressources alimentaires, un habitat de protection (Tamigneaux et Johnson 2016) ou même un site de frai, comme c'est le cas pour le hareng de printemps, qui utilise les macroalgues comme substrat pour y déposer ses œufs (Munro et al. 1998).

Une part importante de la production annuelle des macroalgues intègre la chaîne alimentaire sous forme de débris, aboutissant dans des habitats comme les plages, où ils sont le siège d'une importante production secondaire. Les fragments d'algues détachées sont également utilisés par les larves planctoniques et les suspensivores (Wernberg et al. 2019). De même, les oursins situés en eaux plus profondes tirent profit de l'apport de débris d'algues, en particulier en présence d'un profil de pente abrupte, favorable au transit des débris issus des eaux moins profondes (Himmelman et Lavergne 1985). Une biomasse considérable de débris d'algues peut atteindre les eaux profondes éloignées de leur site de production, où elles alimentent la production secondaire, se décomposent ou contribuent à la séquestration du carbone (Schimani et al. 2022). Enfin, certaines macroalgues jouent un rôle économique, directement comme aliment ou supplément alimentaire, ou encore en fournissant les ingrédients de base à la fabrication d'une diversité de produits industriels et de consommation courante (Lionard et al. 2014).

Les algues benthiques de l'étage médiolittoral, dominées par les Fucacées, et des premiers mètres de l'étage infralittoral, dominées par les Laminariales (Tamigneaux et Johnson 2016, Chabot et Rossignol 2003), sont à risque de subir l'effet du mazoutage et de souffrir de la toxicité des composés dissous (Foster et al. 1971, Zieman et al. 1984, Lobban et Harrison 1997, Lewis et Pryor 2013). Selon Thomas (1978), l'impact à long terme des déversements serait de nature écologique, en raison de la perturbation de l'équilibre des communautés. L'exposition au pétrole peut en effet entraîner des changements importants dans la structure des communautés, tels qu'observés chez les macroalgues littorales par Perhar et Arhonditsis (2014).

En somme, les macrophytes sont ciblés par cette étude parce qu'ils jouent de nombreux rôles écologiques, supportent plusieurs services écosystémiques et sont vulnérables aux déversements d'hydrocarbures.

3. MÉTHODOLOGIE

3.1 RÉGION D'ÉTUDE

La cartographie a été réalisée sur une région d'étude qui comprend l'ensemble des littoraux estuariens et maritimes du Québec, à l'exception de certaines zones (Figure 1). Elle exclut la majeure partie de la Basse-Côte-Nord (de la Rivière Natashquan à la frontière du Labrador) et de l'île d'Anticosti, à l'exception de zones près des villages de Kegaska, La Romaine, Chevery, Blanc-Sablon et Port-Menier. En absence d'images aériennes pour la photo-interprétation, ces zones n'ont pas pu être incluses à la cartographie. Certaines îles au large des côtes de l'estuaire et du golfe font partie de la région couverte, telles que l'île d'Orléans, L'Isle-aux-Coudres, l'île Verte et l'île Bonaventure. Une liste complète des zones cartographiées figure au Tableau B1.

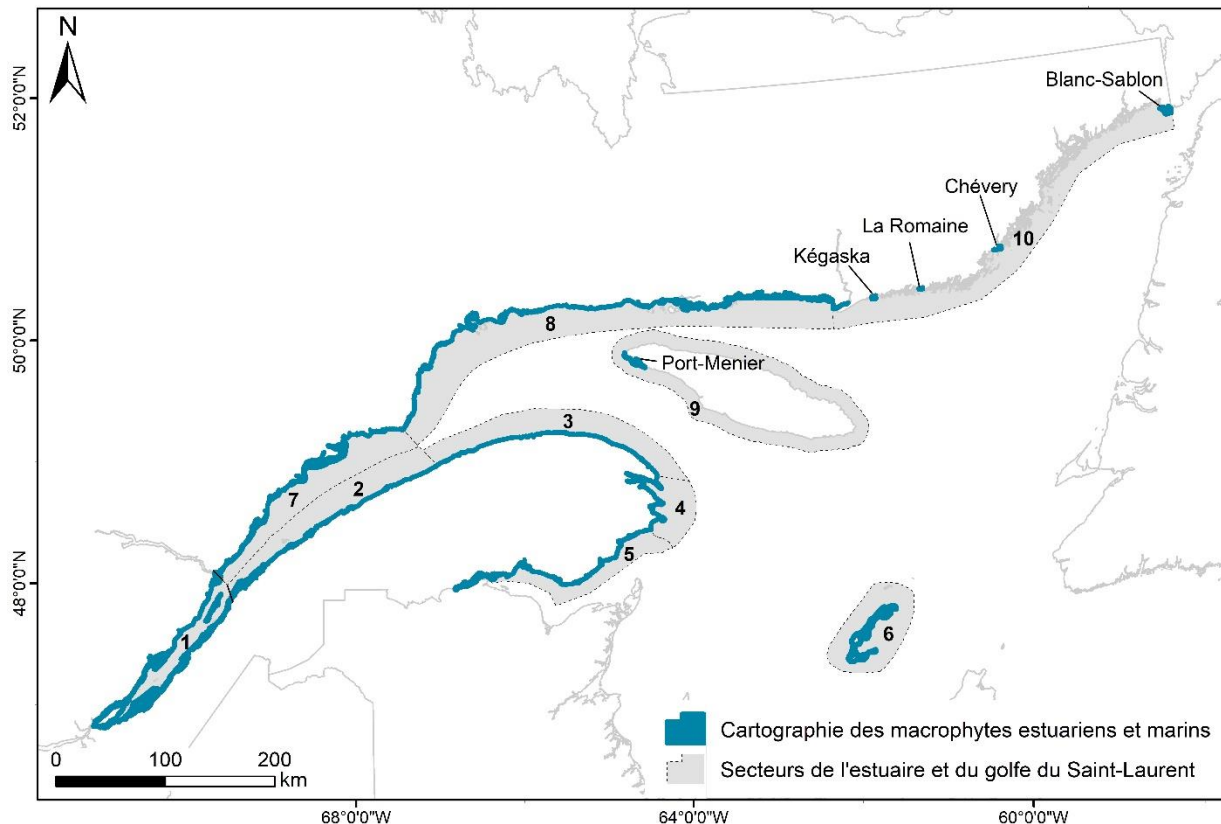


Figure 1. Région d'étude couverte par la Cartographie des macrophytes estuariens et marins du Québec (trait bleu). Les secteurs de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent à l'étude (inspirés de MDDELCC-DEB 2018 et Brunel et al. 1998) sont : (1) l'Estuaire moyen ; (2) l'Estuaire maritime (rive sud) ; (3) le Nord de la Gaspésie ; (4) le Sud de la Gaspésie ; (5) la Baie des Chaleurs ; (6) les Îles-de-la-Madeleine ; (7) l'Estuaire maritime (rive nord) ; (8) le Nord du Golfe (ouest) ; (9) Anticosti et (10) le Nord du Golfe (est).

Dans le cadre de ce projet de cartographie, la zone côtière inclut l'étage médiolittoral, soit le haut et le bas estran, ainsi qu'une portion de l'étage infralittoral. Du côté terrestre, la limite de la région d'étude se situe généralement à la ligne de rivage[†], à l'exception des marais maritimes où le trait de côte[†] a été utilisé pour positionner la limite entre la zone terrestre et le domaine marin (Jobin et al. 2021). Cette limite a été tracée dans le cadre du projet Résilience du LDGIZC (Arsenault et al. 2021). Du côté de l'étage infralittoral, la profondeur de la limite inférieure de la région d'étude varie en fonction de la visibilité des éléments du fond que l'on cherche à cartographier (végétaux et substrat). Nous estimons qu'elle se situe souvent aux environs de 4 m et ne dépasse généralement pas les 10 m de profondeur, suite à une comparaison visuelle avec le produit bathymétrique NONNA-10 du Service hydrographique du Canada (SHC 2018).

3.2 ACQUISITION DES IMAGES

3.2.1 Orthophotographies du MPO

Des survols aériens ont permis d'obtenir des images à très haute résolution spatiale (30 cm) de qualité suffisante et uniformes sur l'ensemble de la région d'étude (sans nuages, sans neige, à marée basse, etc.). La possibilité d'utiliser des images satellitaires a été écartée en raison de la difficulté à trouver des images répondant à ces besoins. Les photographies aériennes verticales

multispectrales à trois bandes du spectre visible et à une bande infrarouge (RVBI), redressées en orthophotographies, ont constitué le matériel de base pour la cartographie. Les survols aériens ont été réalisés entre 2015 et 2020 (Figure 2). Les lignes de vols réalisées totalisent plus de 4 200 km de corridor côtier et ont permis d'acquérir près de 3 500 photos verticales. Le détail de chacun des vols effectués est présenté au Tableau C1.

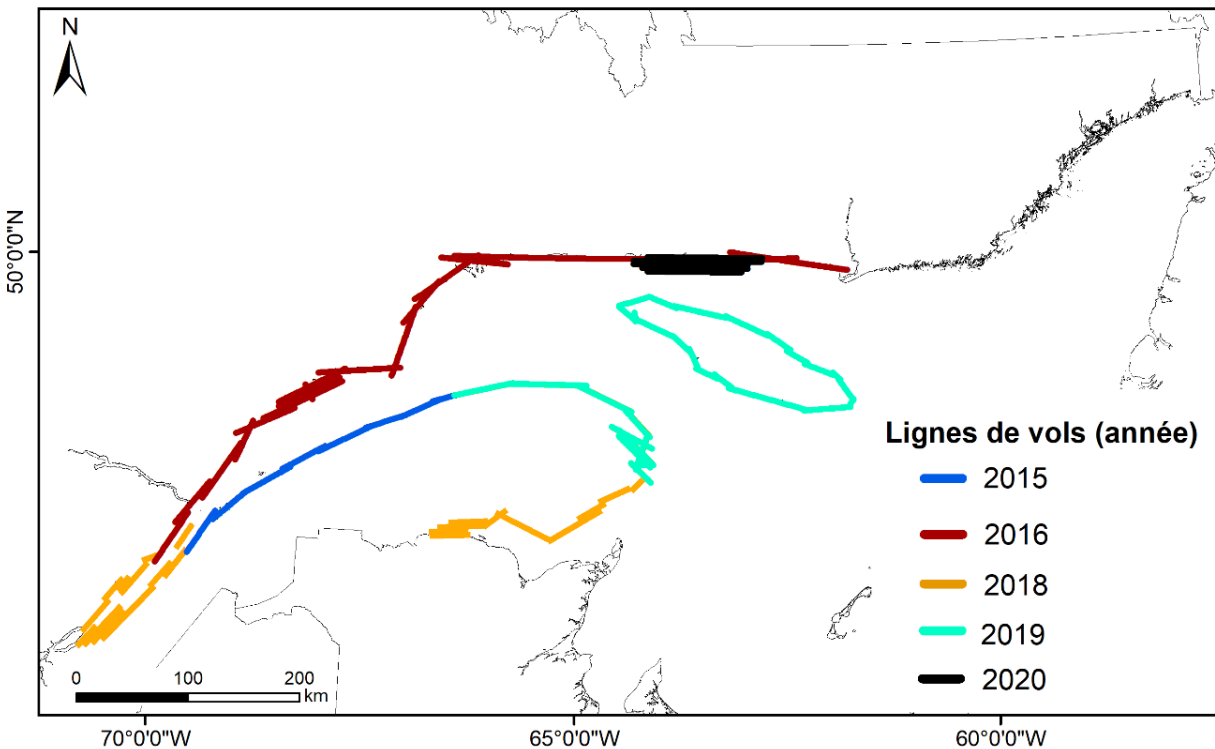


Figure 2. Lignes de vols pour l'acquisition des orthophotographies du MPO ayant servi au projet de Cartographie des écosystèmes côtiers du Québec maritime (CECQM) et donc à la cartographie des macrophytes.

Les vols ont été réalisés à bord d'un avion Piper Navajo équipé d'un capteur multispectral Vexcel UltraCAM Xp de Microsoft, ou de spécification technique équivalente (vol de 2020), accompagné d'une unité de mesure inertielle et d'un stabilisateur gyroscopique (Figure D1). Les lignes de vol devaient permettre de photographier l'ensemble du littoral et de la zone infralittorale peu profonde, sur un corridor au sol d'environ 3 ou 4 km de large, avec une résolution de 30 cm. Les survols ont été réalisés principalement à marée basse, entre le 15 juillet et le 8 octobre, afin de correspondre à la période de croissance des herbiers de zostère. Les survols aériens permettaient de choisir le moment du vol afin de réunir les conditions optimales d'acquisition.

Pour réaliser un survol, les conditions météorologiques devaient satisfaire les critères suivants : angle d'élévation du soleil supérieur à 25° afin de minimiser les zones d'ombre, vitesse du vent inférieure à 20 km/h pour un vent local ou 13 km/h pour un vent du large, hauteur des vagues à moins de 1 m de haut afin d'éviter une trop grande réflexion spéculaire sur les vagues et absence de brume ou de nuages, en particulier en basse altitude. De plus, un survol était

déconseillé suite à des journées de fortes pluies ou de grands vents afin d'éviter que la turbidité des eaux ne vienne compromettre la qualité des photos.

3.2.2 Autres sources d'imagerie

Les orthophotographies du MPO à quatre bandes ne couvraient pas les municipalités régionales de comté (MRC) de Bellechasse, de l'Île d'Orléans, de la Côte-de-Beaupré, du Golfe-du-Saint-Laurent et de la Communauté maritime des Îles-de-la-Madeleine. Pour combler les lacunes dans ces secteurs, le LDGIZC de l'UQAR a eu accès à des images satellitaires à très haute résolution spatiale et des orthophotographies prêtées sous licence par d'autres fournisseurs tels que la Communauté métropolitaine de Québec, le ministère des Ressources naturelles et des Forêts, le ministère des Transports et de la Mobilité durable, le ministère de la Sécurité publique et la municipalité des Îles-de-la-Madeleine (Jobin et al. 2021). Ces images, acquises entre 2015 et 2019, ont été jugées de qualité suffisante pour appliquer la méthode de cartographie.

3.2.3 Images obliques

Afin de mieux visualiser l'ensemble des éléments de la zone côtière et ainsi faciliter la caractérisation, 30 000 photographies obliques hélicoptérées, fournies par le LDGIZC, ont été consultées. Ces images ont été acquises en 2017 pour l'ensemble des côtes québécoises, à l'exception de la section entre Natashquan et Blanc-Sablon (Figure 3). Les survols ont été réalisés principalement à marée basse.

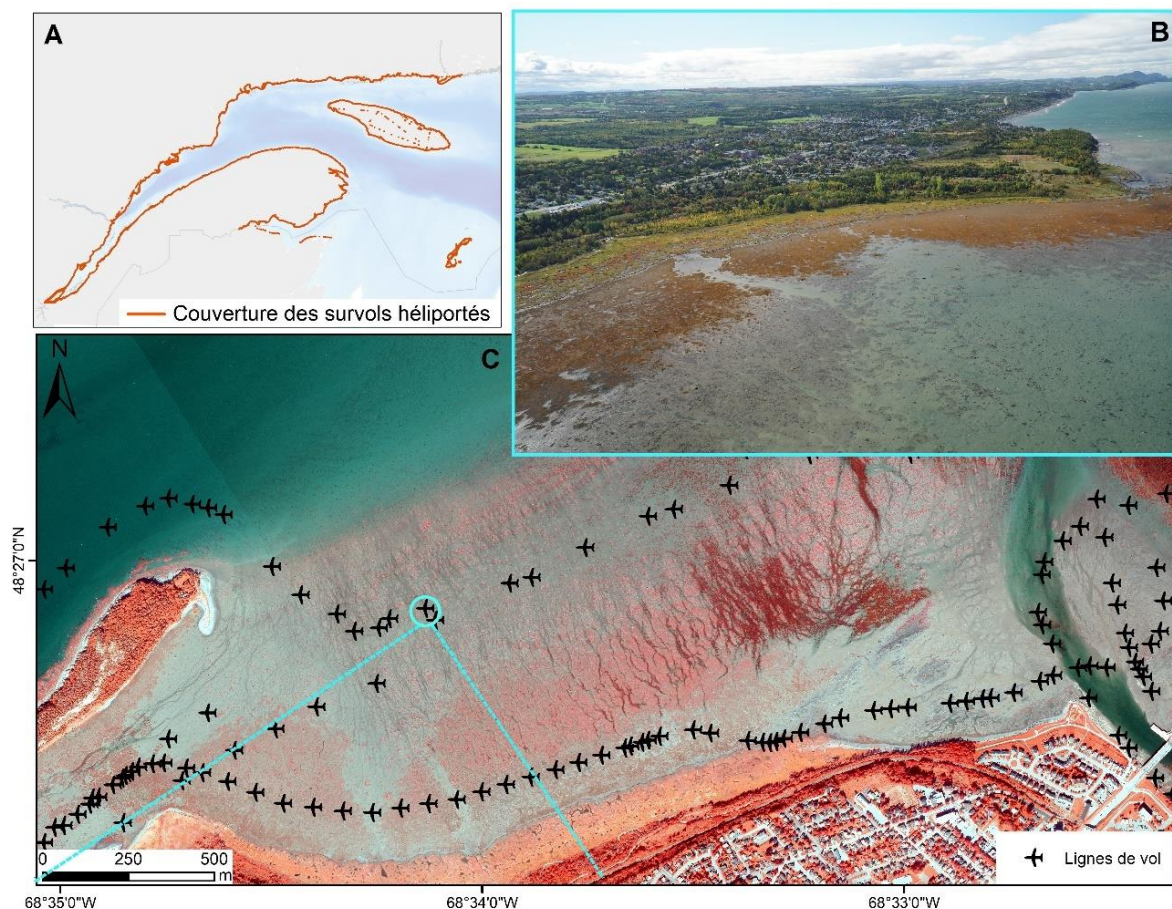


Figure 3. Couverture des survols hélicoptérés réalisés par l'UQAR en 2017 (A), exemple de photographie oblique du marais de Rimouski (B) et lignes de vols hélicoptérés dans le secteur de Rimouski (C). Crédit photo : UQAR.

3.3 CHOIX DE LA MÉTHODE DE CARTOGRAPHIE

La télédétection et l'extraction de l'information contenue dans des images permettent de réduire considérablement le temps et les coûts comparativement à une investigation sur le terrain du même territoire. Cette extraction d'information à partir d'imagerie peut se faire manuellement ou à partir de méthodes numériques semi-automatisées. La méthode manuelle traditionnelle implique une interprétation visuelle du territoire, qui permet de délimiter et de caractériser manuellement des entités à cartographier. Les méthodes numériques, quant à elles, utilisent des processus semi-automatisés et des algorithmes de classification pour extraire l'information désirée (ex. : classification supervisée ou non supervisée, classification par pixel ou par objet). Elles sont souvent plus rapides, mais leur qualité peut être variable, notamment en fonction de la qualité des images et de la complexité du territoire à cartographier.

Les méthodes de classifications numériques semi-automatisées ont été évaluées en début de projet, mais n'ont pas été retenues. Bien qu'elles connaissent du succès dans la cartographie des écosystèmes en milieu terrestre (Xie et al. 2019, Provencher-Nolet 2014, Dissanska et al. 2009, Johansen et al. 2007), elles restent un défi en zone côtière où coexistent l'étage médiolittoral soumis aux battements des marées et l'étage infralittoral où les longueurs d'onde de la lumière visible sont rapidement absorbées dans la colonne d'eau. Des tests préalables sur

les orthophotographies ont démontré que la signature spectrale[†] d'une entité cartographique donnée était plus fortement influencée par sa position sur le profil côtier ainsi que par les conditions de marée au moment de la prise de l'image que par ses caractéristiques propres. En d'autres mots, pour une entité donnée, la variabilité spectrale intraclasse (ex. : la différence entre un même type végétal émergé vs submergé) pouvait rapidement devenir plus grande que la variabilité spectrale interclasse (ex. : différence entre deux types de végétaux différents), entraînant une incapacité à distinguer efficacement ces deux classes grâce aux méthodes numériques disponibles. D'autres études (Wilson et al. 2020, St-Pierre et Gagnon 2020) rapportant un succès dans l'identification de la présence/absence de végétaux en zone infralittorale côtière par classification semi-automatisée n'ont pas réussi à différencier les types de végétaux entre eux pour ces mêmes raisons.

Outre ces difficultés techniques, les besoins cartographiques divers nécessaires à l'atteinte des objectifs du LDGIZC et du MPO rendaient une classification numérique semi-automatisée difficilement applicable. Le nombre important de champs et la diversité des données à saisir dans la BDG nécessitaient une analyse complexe du territoire et ne permettaient pas l'utilisation efficace de telles méthodes.

L'approche par photo-interprétation[†] a donc été retenue au détriment des approches numériques de classification. Toutefois, puisque la méthode manuelle reste fastidieuse, le principe de segmentation[†] d'images, normalement utilisé comme première étape dans la classification semi-automatisée par objet, a été mis à profit et inséré comme étape préalable à la caractérisation manuelle, ce qui a permis d'économiser du temps et de faciliter la numérisation des polygones à cartographier.

La méthode de cartographie a été développée et appliquée en collaboration avec le LDGIZC de l'UQAR. Elle comprend les étapes de prétraitement et de segmentation des images, de caractérisation des polygones, d'intégration des données acquises sur le terrain et de post-traitement. La BDG contient de l'information surfacique sur différents descripteurs physiques et biologiques des milieux côtiers. À partir de la BDG, des couches de données surfaciques thématiques (marais maritimes, herbiers de zostère et bancs de macroalgues) ont été préparées pour soutenir la planification et l'intervention en cas d'incidents maritimes et ont été partagées avec le CNUÉ (Figure 4).

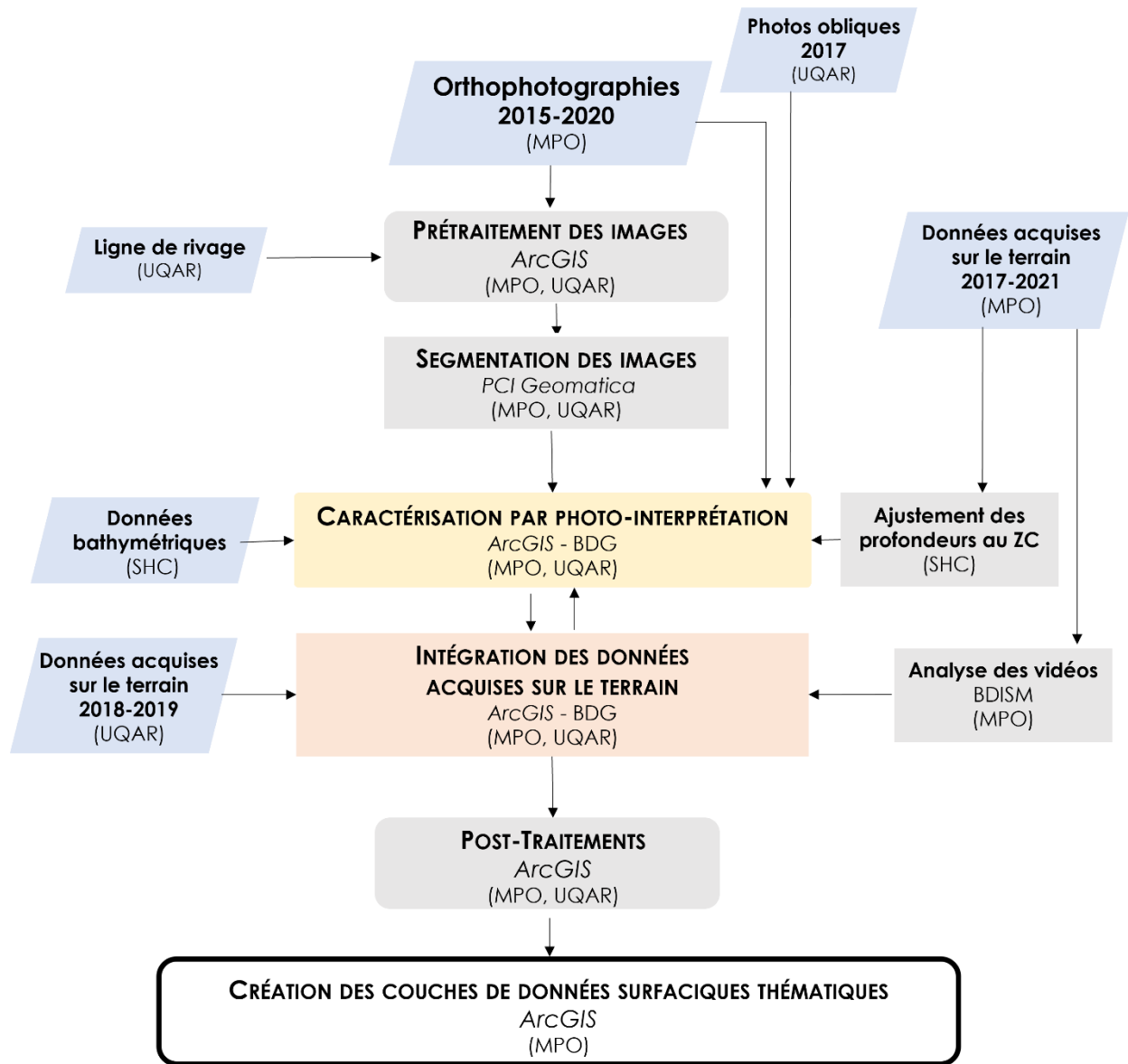


Figure 4. Schéma de la méthode utilisée pour la Cartographie des macrophytes du Québec maritime (SHC = Service hydrographique du Canada, BDISM = Base de données d'imagerie sous-marine).

3.4 PRÉTRAITEMENT DES IMAGES

Lors du prétraitement des images, les orthophotographies à pleine résolution ont d'abord été assemblées en mosaïques[†] dans ArcMAP (ArcGIS 10.7). Une attention particulière a été portée à l'ordre d'assemblage des photos afin de cacher le plus possible la réflexion spéculaire des vagues.

En préparation à la segmentation, les mosaïques ont ensuite été ré-échantillonnées à 1 m de résolution spatiale afin d'alléger les traitements. Une bande d'indice de végétation normalisé (NDVI) a également été calculée et ajoutée comme cinquième bande afin d'optimiser la segmentation. Cet indice, reconnu comme étant la référence pour l'étude de la végétation[†] (Caloz et Collet 2001), a été utile pour la délimitation des zones végétalisées lorsqu'émergées.

Enfin, les mosaïques cinq bandes rééchantillonnées ont été découpées pour ne garder que la zone côtière d'intérêt pour la segmentation. En utilisant la ligne de rivage la plus à jour disponible pour la région, la partie terrestre des images a été supprimée afin d'éviter que les paramètres de segmentation ne soient influencés par les entités géographiques terrestres. Wilson et al. (2020) affirme d'ailleurs que le masquage de la partie terrestre est un prétraitement essentiel lors du travail de cartographie en zone côtière, car la transition entre le milieu terrestre et le milieu marin amène un changement brusque dans l'amplitude des valeurs de réflectance des surfaces sur les images. Une bande de 500 m de largeur à partir de la ligne de rivage a été conservée. Cette largeur a été ajustée au besoin en fonction de la largeur de l'étage médiolittoral et des conditions de clarté de l'eau.

3.5 SEGMENTATION DES IMAGES

Les mosaïques d'orthophotographies aériennes de la zone côtière d'intérêt ont ensuite été segmentées automatiquement à l'aide du module « Object Analyst » du logiciel PCI Geomatica. La segmentation consiste à découper une image selon des regroupements de pixels voisins présentant des caractéristiques similaires (Figure 5). Les trois bandes du spectre visible ainsi que la bande NDVI ont été retenues pour réaliser la segmentation. Une valeur d'échelle (Scale)³ de 80 a été jugée comme étant un bon compromis entre un nombre acceptable de polygones et un degré de détails suffisant. Des paramètres de forme⁴ et de compacité⁵ de 0,1 et 0,8 respectivement ont été retenus, le premier accordant un poids plus important à l'information spectrale qu'à la forme des objets et le deuxième générant des polygones assez compacts. Un premier nettoyage des petits polygones de moins de 200 m² a été effectué à l'aide de l'outil « Eliminate », qui les fusionne au polygone adjacent avec lequel ils partagent la plus longue bordure.

³ Paramètre sans unité qui influence la taille des polygones créés et par conséquent leur nombre total.

⁴ Paramètre [0,1] qui désigne l'importance relative accordée à la forme et à la couleur (valeurs spectrales des pixels) pour déterminer les limites et la forme de l'objet.

⁵ Paramètre [0,1] qui influence la géométrie de l'objet (forme plus compacte/ronde vs plus allongée/irrégulière/dispersée).

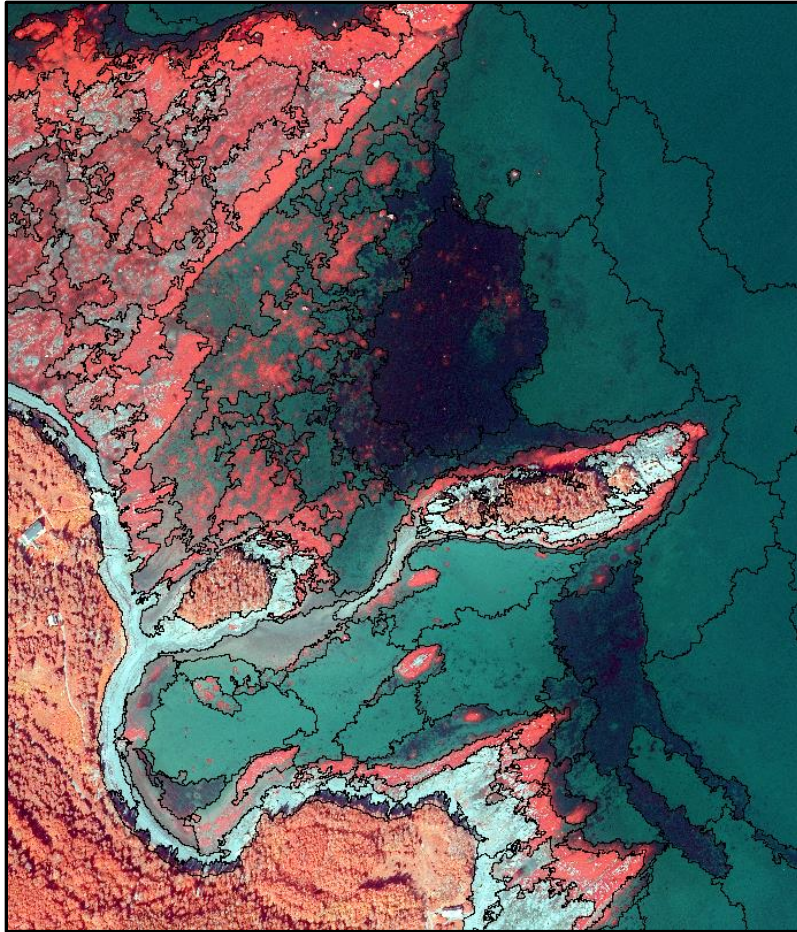


Figure 5. Segmentation de la zone côtière de l'Anse à Voilier (Parc national du Bic, Québec) réalisée avec PCI Geomatica à partir d'une orthophotographie du MPO (2016) en composé fausse couleur infrarouge. Les pixels voisins similaires ont été assemblés en polygones délimités en noir.

3.6 CARACTÉRISATION PAR PHOTO-INTERPRÉTATION

La photo-interprétation est à la base de la méthode de cartographie. Pour ce faire, à l'aide d'ArcMAP, la couche de polygones issue de la segmentation a été superposée aux mosaïques RVBI. Ces dernières étaient affichées en composé infrarouge fausses couleurs, pour permettre une meilleure visibilité des végétaux (Figure 5). L'ajustement dynamique de la plage, qui applique un étirement dynamique des valeurs de pixels uniquement en fonction de ceux contenues dans l'affichage, a été appliqué. Il permet d'augmenter les contrastes entre des pixels dans l'étage infralittoral, afin de délimiter les substrats et les milieux végétalisés.

La première étape de la photo-interprétation des écosystèmes côtiers consistait à ajuster la délimitation des polygones issue de la segmentation automatisée. L'unité cartographique minimale[†] a été fixée à 1 000 m² pour les polygones des étages médiolittoral inférieur[†] (bas estran) et infralittoral et à 500 m² pour ceux de l'étage médiolittoral supérieur[†] (haut estran). Le choix d'une unité cartographique plus fine pour l'étage médiolittoral supérieur a permis d'inclure à la cartographie les milieux relativement petits tels que les plages, typiques de cet étage.

Une échelle optimale de travail de 1 : 4 000 a été établie pour l'édition des polygones et la visualisation générale de la cartographie. Cette échelle était ajustée à 1 : 2 000 pour la

caractérisation de l'étage médiolittoral supérieur, qui se présentait souvent sous la forme d'une très mince bande le long de la côte.

Pour chaque polygone, l'information issue de la photo-interprétation a été saisie dans la table d'attributs de la BDG. Cette dernière accueille une quarantaine de champs. Le choix des champs (ANNEXE E) et des valeurs de champs (ANNEXE F) inclus dans la BDG a été défini de façon collaborative afin de répondre aux objectifs respectifs des projets du MPO et du LDGIZC. Pour chaque polygone caractérisé, les champs suivants ont été systématiquement remplis lors de la photo-interprétation :

- L'étage sur le profil côtier (ETAGEMENT†) ;
- Le(s) type(s) de substrat(s) (SUBSTRAT_1 ; 2 ; 3) ;
- La couverture végétale (Vg_COV) ;
- Le(s) principal (aux) type(s) de végétal(aux) présent(s) (Vg_TYPE_1 ; 2 ; 3 ; 4) ;
- Le système géomorphologique (Geo_SYST) ;
- La présence détectée, potentielle ou non détectée de zostère marine (ZOSTERE) ;
- L'insularité (ILE).

Lorsque l'information concernant un de ces champs n'était pas interprétable, la mention « non déterminé » (nd) a été utilisée, à l'exception du champ ÉTAGEMENT, qui devait être défini.

Lorsqu'applicables, les champs suivants étaient également remplis dans la BDG lors de la photo-interprétation :

- L'espèce ou le genre du type végétal identifié (Vg_TAXO_1 ; 2 ; 3 ; 4) ;
- La forme et la couleur du type végétal, lorsqu'il s'agit d'une algue (Vg_MORPH_1 ; 2 ; 3 ; 4) ;
- Les éléments géomorphologiques (Geo_ELEM) ;
- Les éléments anthropiques (Anthro_TYP).

Les principaux champs remplis lors de la photo-interprétation et qui sont d'intérêt pour la cartographie des macrophytes estuariens et marins sont abordés dans les prochaines sous-sections. Pour des renseignements complémentaires sur l'attribution du système géomorphologique, des éléments géomorphologiques et des éléments anthropiques, se référer à la méthodologie de Jobin et al. (2021).

3.6.1 Étage

Dans le champ ÉTAGEMENT de la BDG, 4 valeurs étaient utilisées. L'étage supralittoral correspond à la zone du littoral qui n'est humectée que par les embruns et qui n'est submergée que par les vagues des tempêtes lors des plus grandes marées (Figure 6). Le haut estran est la zone supérieure de l'estran (de l'étage médiolittoral) allant de la ligne de rivage à la flexure. Il peut être complètement inondé lors des plus grandes marées de vives eaux. Le bas estran est la zone inférieure de l'estran (de l'étage médiolittoral) subissant quotidiennement l'effet des marées ; il est découvert à marée basse et complètement submergé à marée haute. Il compose l'étage médiolittoral avec le haut estran. Finalement, l'étage infralittoral correspond à la zone du littoral constamment submergée située sous la limite des plus basses marées.

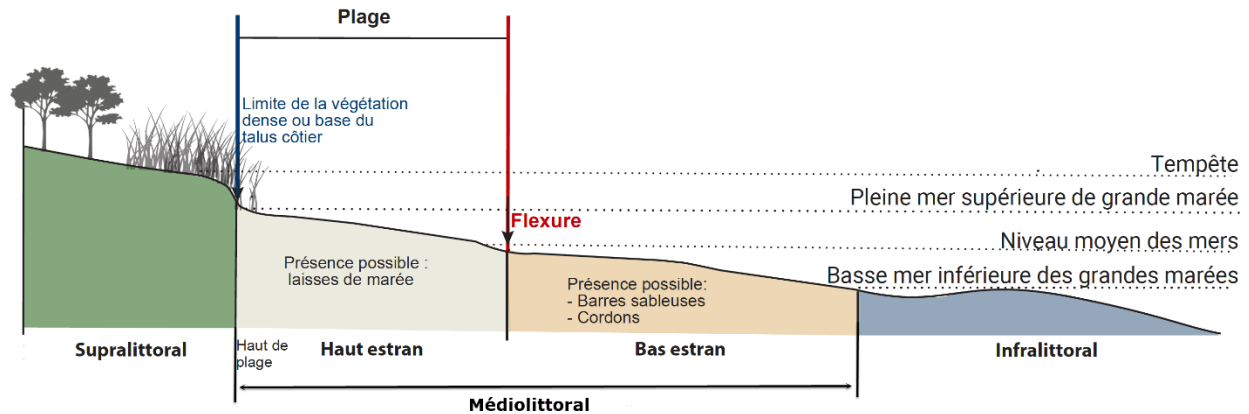


Figure 6. Étages du littoral présentés sur un profil de plage. Figure adaptée de LDGIZC 2021.

L'attribution des valeurs pour l'étagement[†] (Tableau F1) était principalement réalisée à partir de critères observables sur les photographies aériennes, incluant les images obliques. Comme elles n'ont pas toujours été acquises lors de la marée la plus basse, la photo-interprétation de la limite entre les étages médiolittoral (bas estran) et infra-littoral était parfois imprécise. En présence de données prises sur le terrain par le MPO, les données de profondeur ajustées au zéro des cartes[†] (Grégoire et al. 2024) par le Service hydrographique du Canada (SHC) pouvaient être utilisées comme valeur de référence bathymétrique pour raffiner la délimitation des étages (Figure 7). Les données bathymétriques NONNA-10 du SHC ont aussi été consultées.

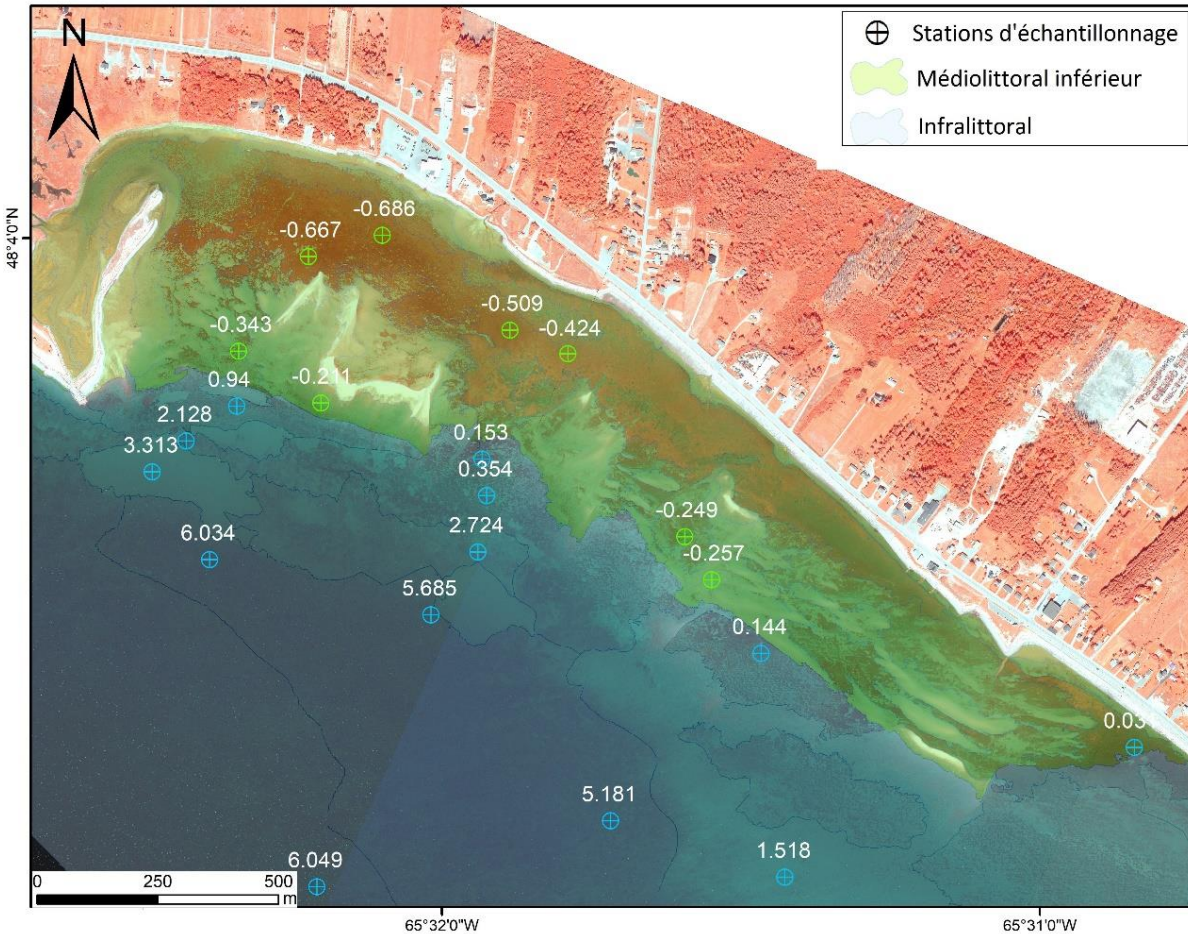


Figure 7. Délimitation des étages médiolittoral inférieur et infralittoral, s'appuyant sur les données de profondeur aux stations ajustées au zéro des cartes. Les nombres négatifs représentent des profondeurs au-dessus du zéro des cartes (étage médiolittoral inférieur). Crédit photo : MPO.

3.6.2 Couverture végétale

Le champ Vg_COV de la BDG (Tableau F2) indique la classe de recouvrement des végétaux érigés[†] à l'échelle du polygone (Figure 8). De manière générale, la couverture végétale était facilement estimable par la photo-interprétation des mosaïques. Afin de minimiser les écarts d'interprétation, elle était évaluée selon quatre classes : non végétalisée (0-1 %), peu végétalisée (1-25 %), semi-végétalisée (25-75 %) et végétalisée (75-100 %). La couverture des algues encrustantes[†], non photo-interprétables, était prise en compte dans un champ à part (ENC_COV), rempli seulement en présence de données d'échantillonnage (Grégoire et al. 2024).

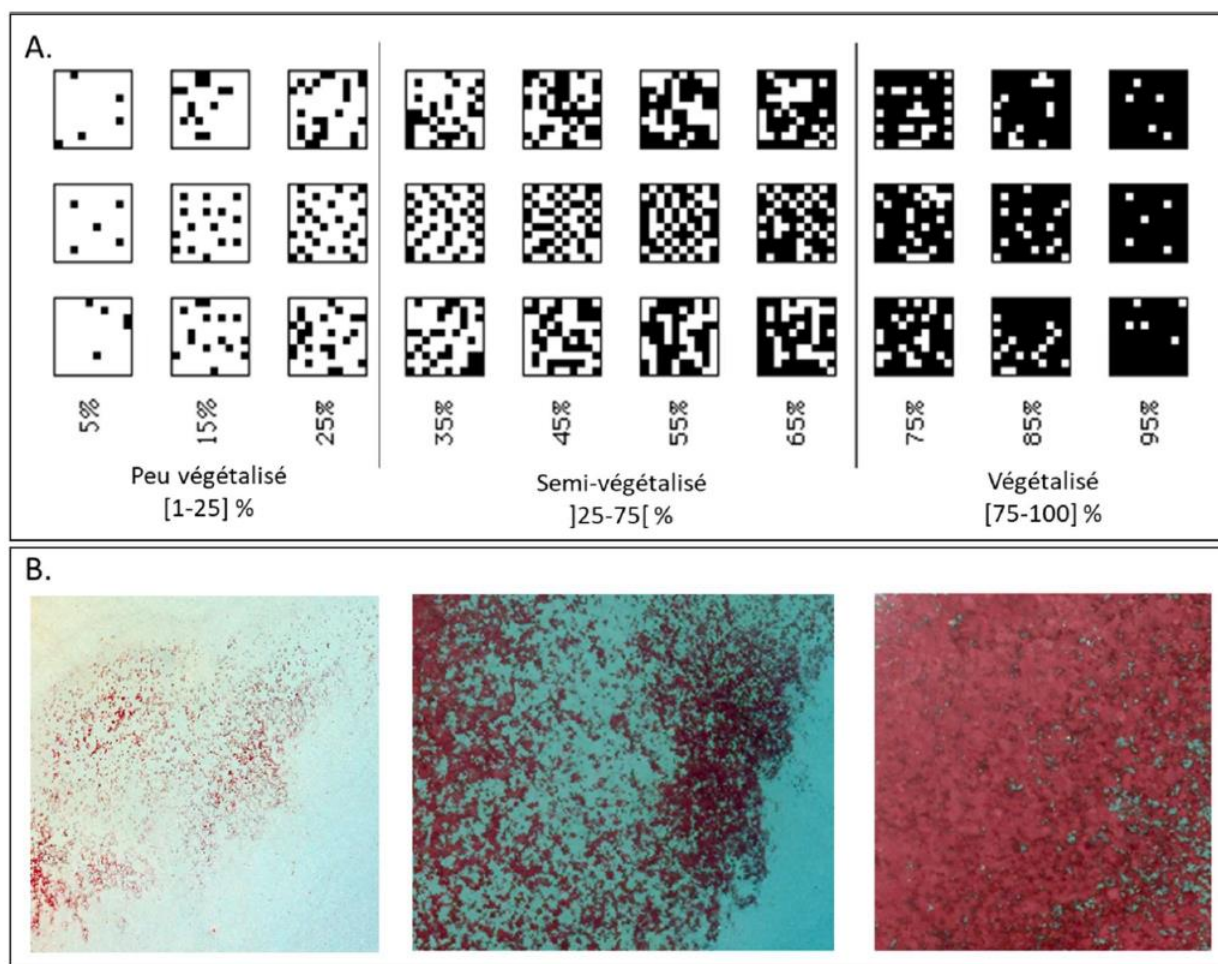


Figure 8. Classes de couverture végétale (Vg_COV) avec barème d'identification (A) et exemple de classement de la zostère marine (B) (Figure reproduite de Jobin et al. 2021. Source A : VIMS 2021. Crédit photo B : MPO).

3.6.3 Types de végétaux

Les champs Vg_TYPE 1 à 4 représentent les principaux types de végétaux érigés, en ordre d'abondance, à l'échelle d'un polygone. Les valeurs pour ce champ incluent des niveaux taxonomiques, des noms vernaculaires, ainsi que des catégories plus générales répondant aux besoins de la cartographie (Tableau F3). Pour qu'un type végétal y soit inscrit, la couverture végétale du polygone devait être supérieure à 1 % et le type végétal en question devait représenter au moins 25 % du recouvrement total des végétaux érigés. Lorsque ces conditions n'étaient pas remplies, les végétaux étaient inscrits dans le champ pour les végétaux marginaux† (Vg_NOTES).

En présence de plus de 4 types de végétaux avec des couvertures similaires, les classes « algues mixtes », « plantes vasculaires mixtes » ou « végétation mixte » ont été saisies dans le champ Vg_TYPE_1 lorsque les végétaux étaient des algues, des plantes vasculaires, ou un mélange des deux, respectivement. La classe « plantes vasculaires mixtes » était utilisée par défaut pour les schorres supérieurs (haut marais) de marais maritime, généralement végétalisés par plus de 4 espèces. Lorsqu'un taxon dominant était identifié au sein de cet assemblage de plantes vasculaires, il était inscrit en deuxième type végétal (Vg_TYPE_2). Les

classes « plantes vasculaires indifférenciées » et « algues indifférenciées » étaient utilisées lorsque la végétation était identifiée comme appartenant à un groupe ou l'autre sans que le taxon soit identifiable, et « végétation indifférenciée[†] » était utilisé pour les polygones où la végétation ne pouvait pas être associée avec certitude à des macroalgues ou à des plantes vasculaires.

Certains types de végétaux pouvaient être identifiés par photo-interprétation dans l'étage médiolittoral et l'étage infralittoral peu profond (Figure 9). La couleur et la texture des communautés végétales permettaient de reconnaître la présence de plantes vasculaires de marais maritime supérieur : la zostère marine et les Fucacées. Certaines circonstances plus rares permettaient de reconnaître la morphologie typique des grands bancs de Laminariales faiblement submergés, grâce à l'orientation des frondes dans le courant. Les macroalgues situées dans l'étage infralittoral étaient principalement associées à la classe « algues indifférenciées ».

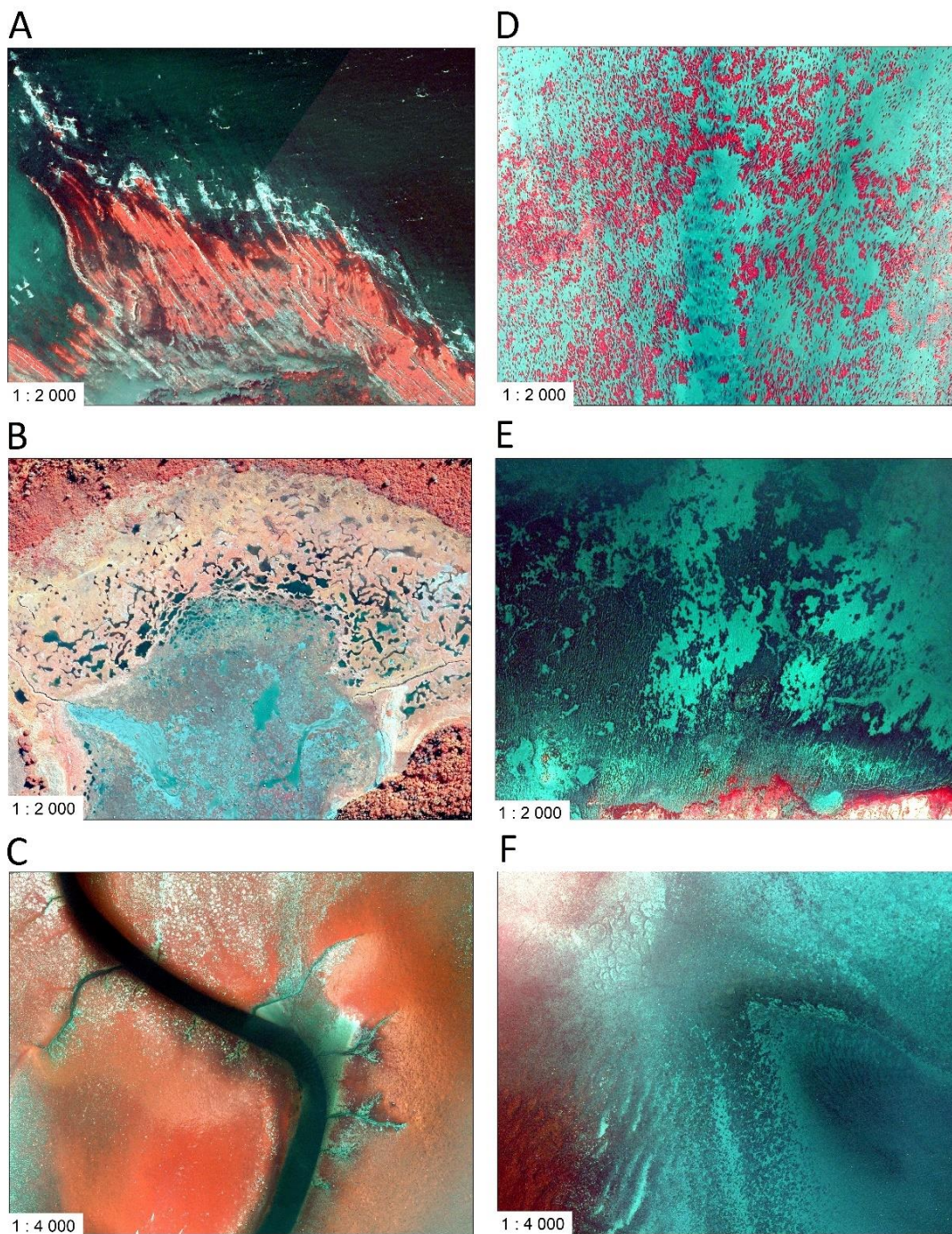


Figure 9. Principales classes de végétaux identifiables par photo-interprétation. La colonne de gauche présente pour l'étage médiolittoral : (A) les Fucacées ; (B) les marais côtiers dominés par les plantes vasculaires mixtes de marais (schorre supérieur ou haut marais) et la spartine alterniflore (schorre inférieur ou bas marais) ; et (C) la zostère marine. La colonne de droite présente pour l'étage infralittoral : (D) les Laminariales ; (E) des algues indifférenciées ; et (F) la zostère marine. Crédit photo : MPO.

3.6.4 Taxons

Les champs Vg_TAXO 1 à 4 permettent de spécifier, lorsque possible, le nom scientifique au genre ou à l'espèce du type végétal associé (Vg_TYPE 1 à 4). Les valeurs pour ces champs sont présentées au Tableau F4. Ces champs sont généralement remplis lorsqu'un échantillonnage sur le terrain a permis d'identifier avec précision les végétaux observés, à l'exception de la spartine alterniflore, typique des bas marais et de la zostère marine, tous deux généralement reconnaissables par photo-interprétation.

3.6.5 Classification par formes et couleurs

Les champs Vg_MORPH 1 à 4 décrivent la forme et la couleur des macroalgues spécifiquement (ex. : algues brunes membraneuses ou en lame). Ce champ (Tableau F5) a permis de caractériser les macroalgues observées sur la base de critères plus généraux que ceux nécessaires pour identifier un type végétal (Vg_TYPE) ou un taxon (Vg_TAXO). Les classes de forme et couleur des macroalgues ainsi que les classes de Vg_TYPE et de Vg_TAXO pouvant y être associées sont présentées dans Grégoire et al. (2024).

3.6.6 Types de substrat

Les types de substrats à l'échelle d'un polygone ont été identifiés par ordre de dominance dans les champs SUBSTRAT_1 à 3. Les classes de substrats devaient représenter minimalement 25 % de la surface du polygone y pour être inscrites. Les classes de substrat, décrites au Tableau F6, ont été proposées par les experts du LDGIZC. L'attribution des classes de substrats pour l'étage médiolittoral supérieur a été grandement facilitée par la disponibilité de données de terrain du LDGIZC, acquises dans le cadre des travaux de caractérisation de la ligne de rivage. Les photographies obliques ont généralement permis l'identification des classes de substrat pour l'étage médiolittoral. Pour les zones submergées, l'attribution des classes de substrats reposait essentiellement sur l'interprétation des formes et couleurs visibles du fond marin. Ainsi, pour la zone infralittorale peu profonde, les principales classes de substrats photo-interprétables étaient la roche mère (rocheux), le sable, les blocs et les sédiments grossiers indéterminés (Figure 10). Les données acquises sur le terrain par le LDGIZC et le MPO dans le cadre du projet ont permis de valider ou ajuster certaines attributions.

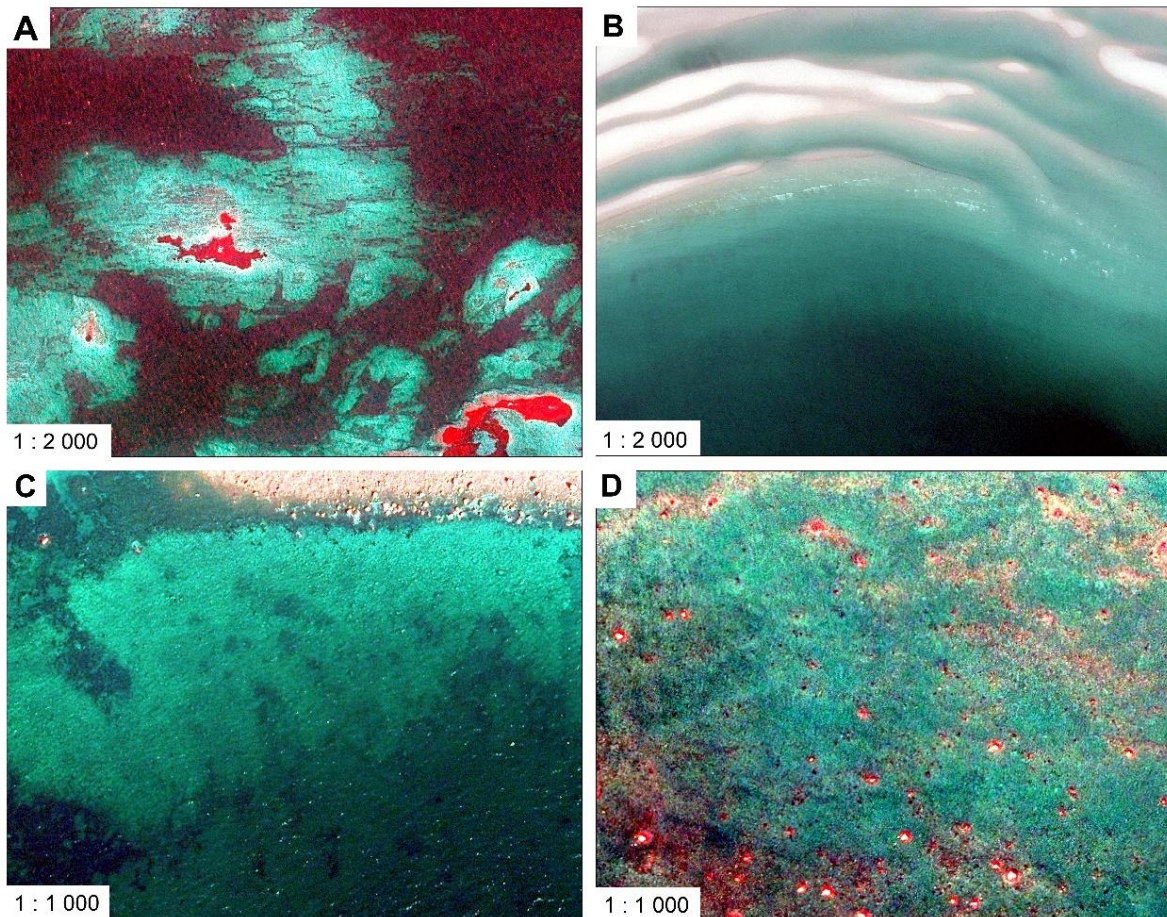


Figure 10. Principales classes de substrats identifiables par photo-interprétation : (A) rocheux ; (B) sable ; (C) blocs et (D) sédiments grossiers indéterminés. Crédit photo : MPO.

3.7 ACQUISITION DE DONNÉES SUR LE TERRAIN

3.7.1 Campagnes de terrain du LDGIZC

Deux grandes campagnes d'acquisition de données sur le terrain ont été réalisées à l'été/automne 2018 et 2019 par le LDGIZC. Plus de 4 300 stations réparties sur le secteur d'étude ont été visitées entre 2018 et 2020. Ces données ont servi à réduire certaines incertitudes reliées à la photo-interprétation de l'étage médiolittoral.

De plus, le LDGIZC avait en sa possession des données récoltées au fil des ans par le biais de plusieurs projets de recherche et qui ont été consultées par les photo-interprètes pour mieux comprendre l'environnement à caractériser. On compte parmi celles-ci une banque de données photographiques du haut estran issue d'un suivi d'érosion des berges sur 8 000 stations, des données LIDAR[†] (*Light Detection and Ranging*), des inventaires floristiques de marais (Jobin et al. 2021), ainsi que des données issues de vidéos sous-marines prises aux Îles-de-la-Madeleine.

3.7.2 Campagnes de terrain du MPO

Les campagnes d'échantillonnage réalisées par le MPO ont ciblé principalement l'étage infralittoral jusqu'à une profondeur maximale d'environ 10 m, ainsi que l'étage médiolittoral

inférieur pour certains secteurs d'intérêt inaccessibles par voie terrestre. Elles visaient à pallier les incertitudes liées à la photo-interprétation, ainsi qu'à acquérir de l'information plus détaillée sur les habitats submergés. L'acquisition de données dans la zone infralittorale était d'un intérêt particulier puisque les données provenant de travaux antérieurs sur les algues et la zostère étaient généralement restreintes à des localités et puisque la capacité à caractériser cet étagement par simple photo-interprétation était limitée.

Sélection des zones prioritaires et des stations : La sélection des stations d'échantillonnage a été réalisée au sein de 64 zones prioritaires[†] (ZP) réparties entre 7 grands secteurs de la région d'étude (Figure 11).

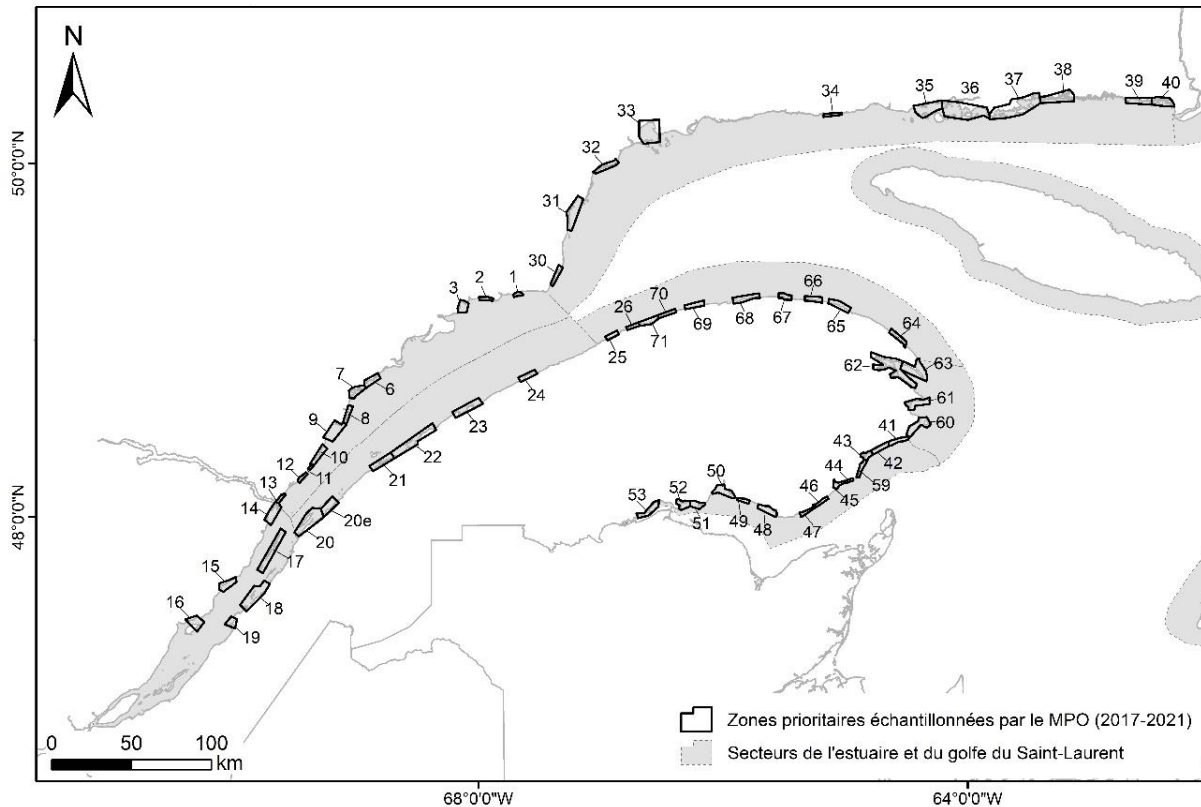


Figure 11. Zones prioritaires échantillonnées par le MPO dans la région d'étude

Le choix des ZP était fait avec l'objectif d'assurer une couverture représentative de la région d'étude, de cibler les milieux d'intérêts ou de grande valeur écologique, tout en tenant compte des impératifs logistiques comme l'accessibilité. La présence présumée d'écosystèmes d'intérêt tels que les herbiers de zostère a été priorisée. La localisation des stations choisies devait permettre d'acquérir des données sur des aires végétalisées importantes en matière d'étendue et de couverture, de valider certains attributs photo-interprétés et/ou d'acquérir des informations autrement inaccessibles par photo-interprétation. Le choix des stations visait également à obtenir des échantillons dans l'étage médiolittoral et infralittoral peu profond, complémentaires aux échantillons provenant des stations accessibles par voie terrestre échantillonnées par l'UQAR (Figure 12), et à obtenir des échantillons situés à la limite de la visibilité sur les orthophotographies.

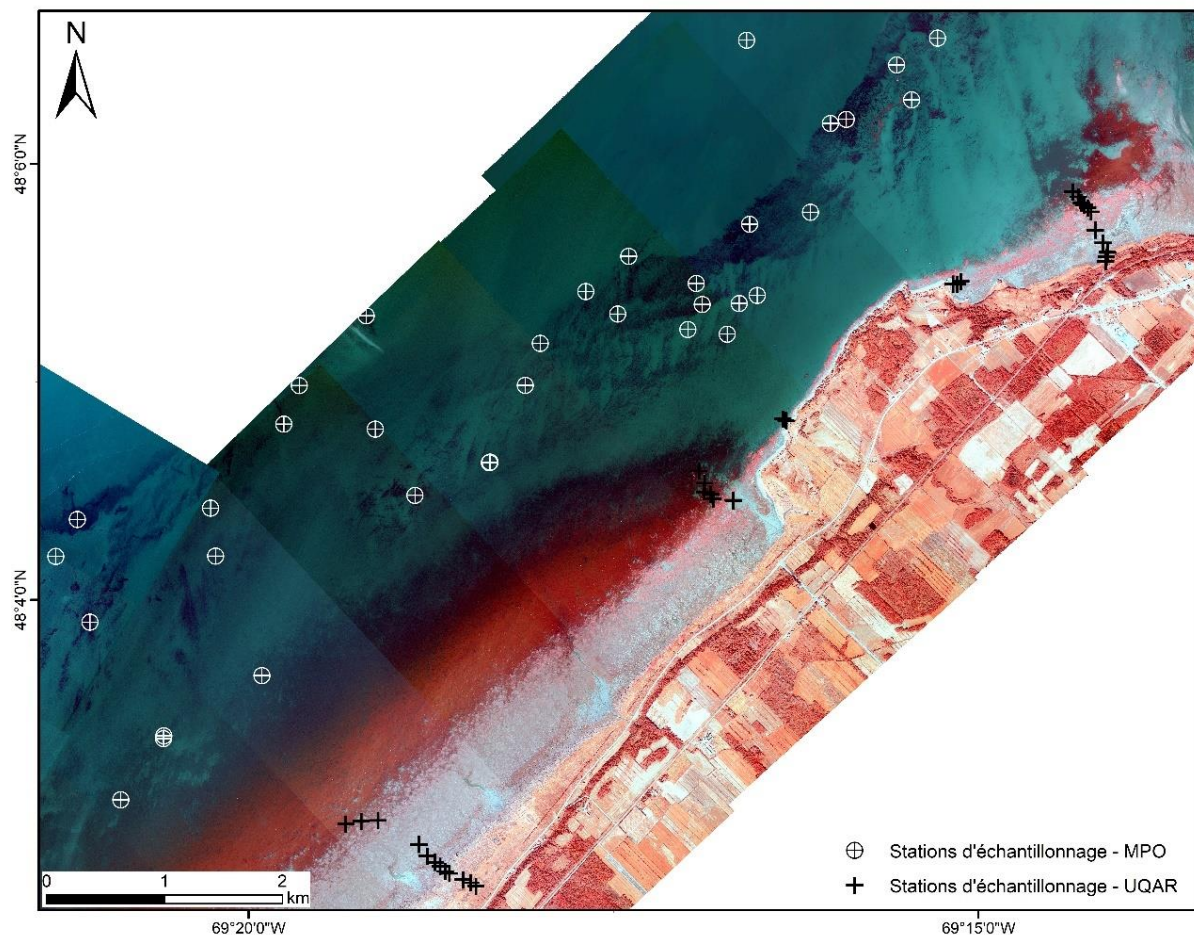


Figure 12. Exemple de répartition des stations d'échantillonnage du MPO, complémentaires aux stations de l'UQAR. Crédit photo : MPO.

Les stations d'échantillonnage se situaient entre 11 m et -2 m de profondeur, c'est-à-dire 2 m au-dessus du zéro des cartes. La profondeur médiane des stations se situe entre 0 et 2,5 m sous le zéro des cartes selon les secteurs (Grégoire et al. 2024).

Acquisition et analyse des vidéos : Onze grandes campagnes d'échantillonnage ont été réalisées de 2017 à 2021. Elles ont permis l'acquisition de 2 959 vidéos sous-marines, à l'aide d'un système de caméra sur perche. La méthodologie d'acquisition et d'analyse des vidéos est abordée en détail dans Grégoire et al. (2024). Les données sur les composantes de l'écosystème visualisées sur les vidéos, incluant notamment les principaux substrats et végétaux, ont été compilées dans la base de données d'imagerie sous-marine[†] (BDISM) puis intégrées à la BDG.

3.8 INTÉGRATION DES DONNÉES DE LA BDISM

L'intégration des informations de la BDISM à la BDG avait pour objectif de valider et d'ajuster les valeurs des attributs photo-interprétés (ÉTAGEMENT, SUBSTRAT, Vg_COV, Vg_ZOSTERE), ainsi que d'apporter une description détaillée des communautés observées *in situ* pour les attributs généralement non photo-interprétables dans la zone infralittorale (Vg_TYPE, Vg_TAXO, Vg_MORPH, Vg_NOTES, Sp_ANIMAL, Enc_COV, Enc_MORPH). Les

polygones de la BDG ayant intégré des informations provenant d'une ou plusieurs stations d'échantillonnage présentent, dans le champ Valid_terr, la source des données ainsi que l'année d'échantillonnage (Tableau F7).

3.8.1 Intégration des données

En présence d'une station d'échantillonnage à l'intérieur d'un polygone donné, les valeurs d'attributs pour les champs SUBSTRAT, Vg_COV et Vg_ZOSTERE, considèrent à la fois les valeurs déterminées grâce au travail de photo-interprétation et les données d'analyse issues de la BDISM. Les données d'échantillonnage permettent généralement de confirmer ou de préciser les valeurs d'attributs pour les champs Vg_COV et SUBSTRAT, sans remplacer systématiquement les valeurs photo-interprétées. Pour cause, les caractéristiques observées aux stations d'échantillonnage sont susceptibles de refléter des variables locales n'étant pas nécessairement représentatives des caractéristiques du polygone entier. De même, la présence de caractéristiques photo-interprétées, mais non observées *in situ* (ex. : présence de blocs, d'affleurements rocheux, de zones dénudées de végétation, présence de zostère, etc.) constitue une source d'information pertinente devant être conservée. Conséquemment, l'appréciation de ces deux sources d'information, considérées complémentaires, a été d'une grande importance lors de l'étape d'intégration des données terrain à la BDG (Figure 13).

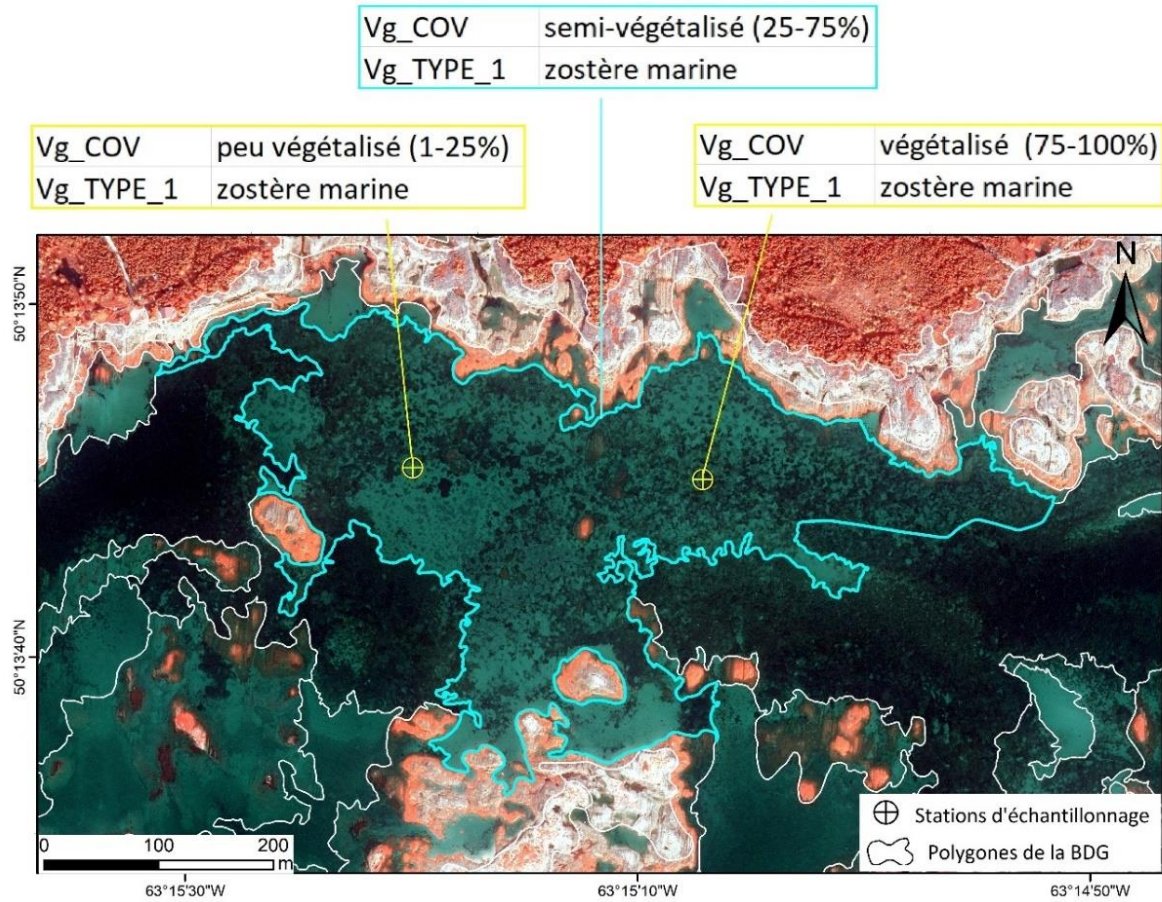


Figure 13. Exemple de complémentarité des données issues de l'échantillonnage terrain et des données photo-interprétées pour déterminer la classe de couverture végétale (Vg_COV). Les encadrés jaunes présentent les attributs issus de la BDISM et les encadrés bleus, la classe de couverture végétale photo-interprétée à l'échelle du polygone. Crédit photo : MPO.

Pour les attributs généralement non photo-interprétables dans les zones submergées (Vg_TYPE, Vg_TAXO, Vg_MORPH, Enc_COV, Enc_MORPH, Vg_NOTES et Sp_ANIML), les valeurs d'attributs des stations d'échantillonnage ont été, de manière générale, directement attribuées aux polygones appariés. En présence d'une seule station d'échantillonnage à l'intérieur d'un polygone (2 298 stations [78 %]), les valeurs d'attributs pour ces champs ont été intégrées automatiquement. Dans les rares cas où les informations collectées sur le terrain offraient une précision moindre que celles apportées par photo-interprétation, ces dernières étaient conservées.

En présence de plusieurs stations d'échantillonnage à l'intérieur d'un même polygone (661 stations [22 %]), différentes approches ont été utilisées selon le degré de concordance des données. Dans le cas où les données étaient concordantes (en totalité ou en partie), l'intégration des données d'échantillonnage les plus précises et complètes pour déterminer les valeurs des champs Vg_TYPE, Vg_TAXO, Vg_MORPH, ENC_MORPH et ENC_COV, a été préconisée. L'ensemble des végétaux marginaux (Vg_NOTES) et des animaux (Sp_ANIML) répertoriés dans la BDISM pour ces stations ont été compilés puis intégrés. Dans le cas où les données étaient non concordantes, c'est-à-dire que les stations d'échantillonnage incluses dans un même polygone indiquaient la présence de communautés végétales distinctes et non apparentées (Vg_TYPE, Vg_MORPH et Vg_TAXO), une resegmentation du polygone a été réalisée, en s'appuyant sur des facteurs discriminants plus subtils, tels que la texture et/ou la teinte de la végétation, afin de conserver les attributs propres à chacune des communautés échantillonnées.

Dans les circonstances où la visibilité était de très faible à nulle sur les orthophotographies, l'absence de formes visibles et de nuances ne permettait pas une délimitation des polygones basée sur l'homogénéité des caractéristiques physiques et biologiques. En présence de stations d'échantillonnage à l'intérieur de ces polygones aux limites non observables (165 stations [5 %]), une délimitation arbitraire a été créée autour du site d'échantillonnage, soit un polygone circulaire d'une superficie de 1 000 m² (Figure 14). L'ensemble des valeurs d'attributs identifiées aux sites d'échantillonnage y ont été intégrées et la mention « Segmentation arbitraire à 1 000 m² — critères de délimitation non observables » a été indiquée dans le champ Comm_valid (commentaires liés à la validation des données). Ces cas de figure correspondaient généralement à des eaux turbides ou trop profondes.



Figure 14. Exemple de délimitation arbitraire à 1 000 m² autour d'une station, lorsque située dans un polygone ne permettant pas de réaliser une segmentation se basant sur l'homogénéité de caractéristiques physiques et biologiques. Dans ce cas-ci, la visibilité est affectée par la profondeur. Crédit photo : MPO.

Dans de rares cas, les caractéristiques observées aux stations d'échantillonnage (ex. : couverture végétale, classes de substrats) présentaient d'importantes différences avec celles observées sur les photographies aériennes (27 stations [1 %]), et ne pouvaient être attribuées à de simples variations localisées au site d'échantillonnage (Figure 15). Les facteurs susceptibles d'expliquer ces différences seraient associés à une modification des conditions physiques et biologiques dans le temps entre la prise des photographies aériennes et la réalisation des travaux sur le terrain (écart pouvant atteindre 5 années). Dans ces situations, les données d'échantillonnage terrain, toutes plus récentes que les photographies aériennes, ont été favorisées au détriment des attributs photo-interprétés lors de l'étape d'intégration. Tous les polygones où les données de validation diffèrent avec les caractéristiques photo-interprétées sont identifiés dans le champ Comm_valid de la BDG par le commentaire « Possible modification de l'état de l'environnement entre la prise de photos et la validation terrain ».

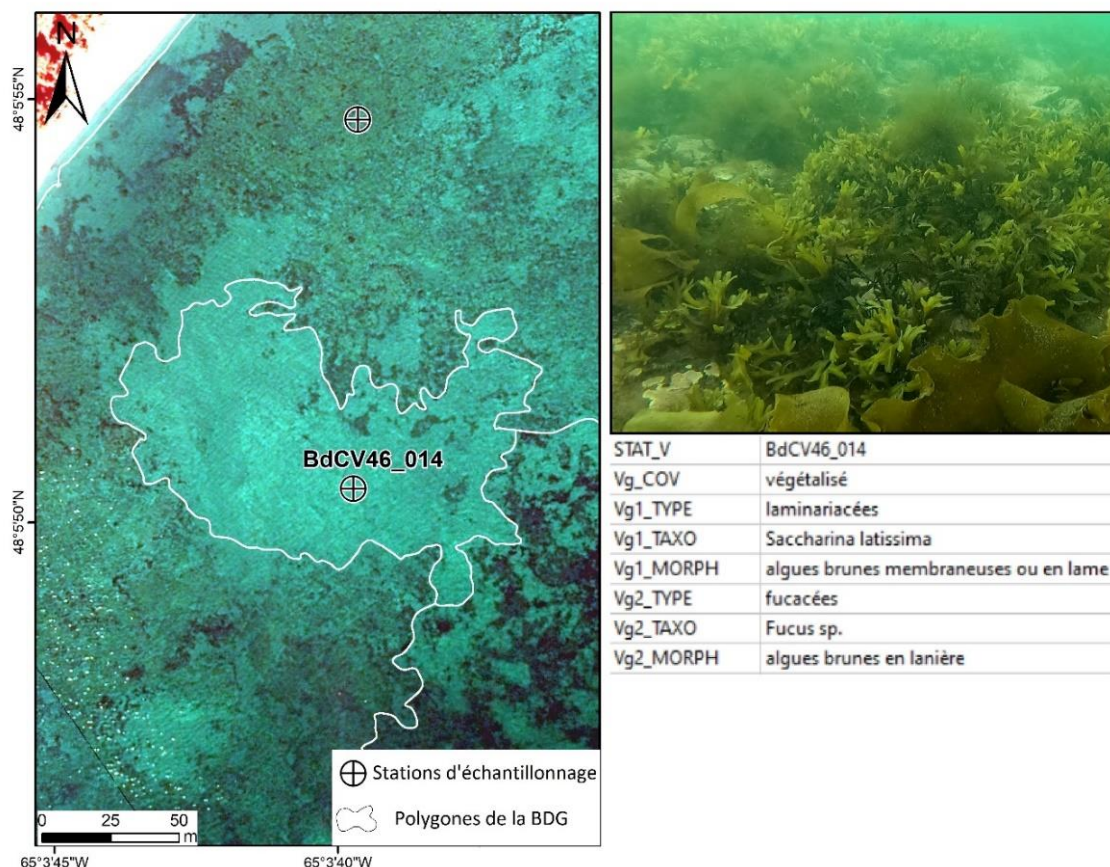


Figure 15. Exemple de différence entre les caractéristiques photo-interprétées (non végétalisé) et celles observées à une station d'échantillonnage (végétalisé). Crédit photo : MPO.

Dans d'autres cas, cette différence entre les jeux de données était attribuable à une mauvaise interprétation des formes et couleurs. Par exemple, dans les secteurs abrités favorables à la déposition, une accumulation de débris organiques fréquemment observée aurait pu être interprétée à tort comme un banc de macroalgues. Le champ Comm_gen (commentaires généraux) a alors été employé pour justifier l'apparente différence entre les critères observables et la caractérisation réalisée.

3.8.2 Extrapolation des données

Les valeurs de certains attributs observés *in situ* (Vg_TYPE, Vg_TAXO, Vg_MORPH, Enc_COV, Enc_MORPH) ont dans certaines circonstances été extrapolées vers des polygones ne contenant pas de stations d'échantillonnage. Ces cas représentent 7 % des polygones où des données d'échantillonnage ont été intégrées. Étant donné l'incertitude inhérente à cette approche, des critères ont été déterminés afin de circonscrire les situations où l'extrapolation était jugée admissible. D'abord, il devait s'agir d'un secteur présentant une certaine uniformité et/ou des patrons de formes récurrents. Ensuite, plus d'une station d'échantillonnage corroborant des informations similaires devait être située à proximité. Finalement, les polygones ciblés devaient partager des caractéristiques physiques et biologiques en apparence similaires (substrats, couverture végétale, profondeur, système géomorphologique, élément géomorphologique) avec les polygones validés avoisinants (Figure 16). Les polygones

caractérisés de cette manière sont identifiés dans le champ Valid_terr par la valeur « MPO — données de terrain extrapolées ».

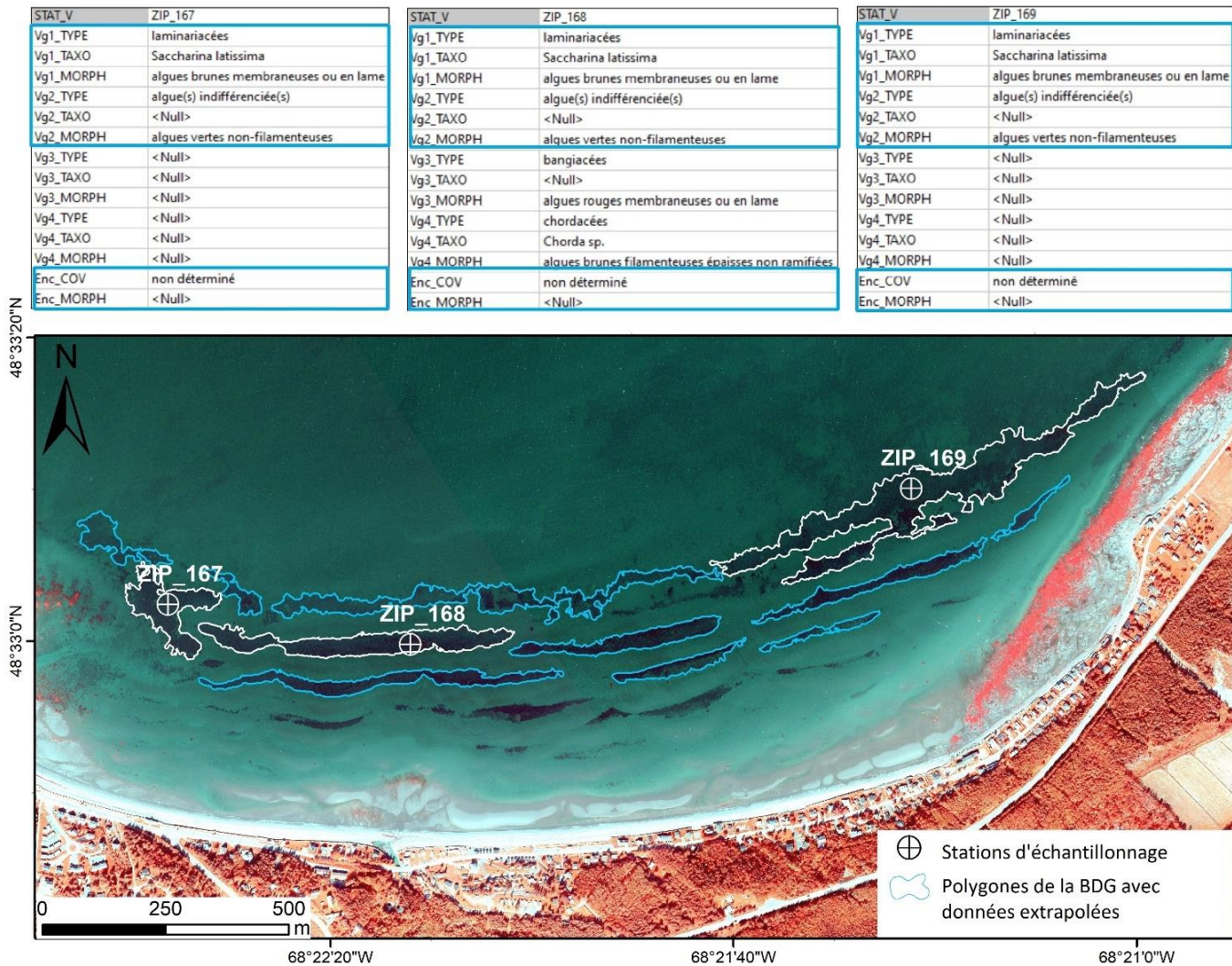


Figure 16. Exemple de cas où l'extrapolation de données d'échantillonnage terrain vers des polygones avoisinants a été réalisée. Les 3 tableaux de la figure montrent les attributs des polygones échantillonnés (en blanc). Les encadrés bleus montrent les valeurs d'attributs communs à ces polygones et ayant été extrapolées vers les polygones avoisinants (en bleu). Crédit photo : MPO.

3.9 POST-TRAITEMENT

3.9.1 Champs récapitulatifs

Après la caractérisation des polygones, le contenu des champs récapitulatifs dans la BDG a été généré. Ces champs ont pour but de résumer l'information concernant les végétaux et l'écosystème en place pour chacun des polygones.

Les champs récapitulatifs sont :

- La dominance végétale (Vg_DOM) ;
- L'assemblage végétal (Vg_ECO) ;
- L'écosystème (ECOSYSTEME) ;
- L'écosystème simplifié (ECO_simp).

La dominance végétale (Vg_DOM) résume quel est le type végétal, la famille taxonomique ou le regroupement de végétaux le plus présent. La dominance végétale a été calculée à l'aide d'un script en langage Python qui se réfère aux types de végétaux (Vg_TYPE_1 ; 2 ; 3 ; 4), aux morphologies algales (Vg_MORPH_1 ; 2 ; 3 ; 4) et au système géomorphologique (Geo_SYST [Tableau F8]). Les algues encroûtantes, qui ne sont pas photo-interprétables, ne sont pas considérées dans le champ récapitulatif Vg_DOM. Ce champ a été utilisé dans la sélection des polygones pour créer la couche de données surfaciques des bancs de macroalgues et des herbiers de zostère, ainsi que pour présenter dans la section résultats et discussions de ce rapport les dominances végétales par secteur de la région d'étude. Les valeurs du champ Vg_DOM sont présentées au Tableau F13.

L'assemblage végétal (Vg_ECO) est une synthèse des principaux végétaux présents, qu'ils soient érigés ou encroûtants, pouvant contenir jusqu'à deux types de végétaux distincts. Un script en langage Python, se référant aux champs Vg_TYPE et Geo_syst, a été utilisé pour générer l'assemblage végétal, sauf lorsqu'en présence de données d'échantillonnage du MPO. Les algues encroûtantes, identifiées lors de l'analyse vidéo, ont alors été considérées dans la nomination de l'assemblage végétal, en suivant les règles décrites au Tableau 1.

Le nom de l'écosystème (ECOSYSTEME) vise à décrire le type de milieu présent dans un polygone. Il a été désigné par la concaténation des valeurs provenant de plusieurs champs et selon différentes règles, à l'aide d'un script en langage Python (Jobin et al. 2021). De manière générale, la nomenclature commence par le nom du système géomorphologique en place (Geo_syst), suivi par le substrat dominant (SUBSTRAT_1) puis, dans le cas où le polygone présente une couverture végétale (Vg_COV) supérieure à 25 %, par le premier type végétal (Vg_TYPE_1) [Tableau 2]. Pour les herbiers de zostère, une précision supplémentaire concernant la couverture végétale est apportée au nom d'écosystème, particulièrement lorsqu'il s'agit d'un herbier ayant une classe de couverture semi-végétalisée (ex. : batture[†] sablo-vaseuse à herbier de zostère semi-végétalisé). En présence d'un marais, le premier type végétal est toujours inscrit dans le nom d'écosystème, et ce, indépendamment de la couverture végétale. Les systèmes géomorphologiques de schorres inférieurs et de schorres supérieurs ont été remplacés respectivement dans la nomenclature par les expressions « Marais (sup.) » et « Marais (inf.) ». De plus, en présence d'un élément géomorphologique (Geo_ELEM) [Tableau F9] important, celui-ci pouvait prendre la place du système géomorphologique dans le nom de l'écosystème (Tableau 2).

Quelque 750 types d'écosystèmes ont ensuite été regroupés en 36 classes d'écosystèmes simplifiés (ECO_simp) à l'aide d'un script en langage Python (Jobin et al. 2021). Les classes d'écosystèmes simplifiés peuvent être consultées au Tableau F14. En plus des écosystèmes simplifiés de marais maritime et de marécage intertidal qui indiquent la présence de végétaux, les végétaux dans les autres écosystèmes simplifiés sont synthétisés par 2 catégories soit : à zostère ou à macroalgues. Les écosystèmes simplifiés facilitent la représentation des écosystèmes caractérisés. Ces derniers peuvent être consultés sur la plateforme nommée Système Intégré de Gestion de l'Environnement Côtier ([SIGEC Web](#)) diffusée en ligne.

Tableau 1. Règles d'application pour l'attribution d'un assemblage végétal (Vg_ECO), en présence de données d'échantillonnage terrain du MPO. L'assemblage végétal est une caractérisation simplifiée des végétaux prédominants observés qui peut contenir jusqu'à deux classes de végétaux différents. Ces règles considèrent la couverture végétale occupée par les végétaux érigés (Vg_COV) et par les algues encroustées (ENC_COV) ainsi que les types de végétaux (Vg_TYPE). En absence de données d'échantillonnage de terrain du MPO (donc d'observations relatives aux algues encroustées), les valeurs du champ sont calculées à partir d'un script en langage Python qui prend en compte les 4 champs Vg_TYPE et le champ Geo_syst (pour les marais).

No.	Règle d'application	Attribution
1	Si c'est peu végétalisé en algues érigées (Vg_COV < 25 %) et végétalisé en algues encroustées (ENC_COV > 75%)	Vg_ECO = « Algues encroustées »
2	Si c'est peu végétalisé en algues érigées (Vg_COV < 25 %) et semi-végétalisé en algues encroustées (ENC_COV > 25%) ET qu'il y a plusieurs types de végétaux inscrits dans les champs Vg_TYPE_ (2 ; 3 ; 4)	Vg_ECO = « Algues encroustées et Vg_TYPE_1 »
3	Si c'est peu végétalisé en algues érigées (Vg_COV < 25 %) et semi-végétalisé en algues encroustées (ENC_COV > 25%) ET qu'il y a plusieurs types de végétaux inscrits dans les champs Vg_TYPE_ (2 ; 3 ; 4)	Vg_ECO = « Algues encroustées et algues mixtes » ou « Algues encroustées et plantes vasculaires mixtes » ou « Algues encroustées et végétation mixte »
4	Si c'est végétalisé ou semi-végétalisé en algues érigées (Vg_COV > 25 %) et aussi végétalisé ou semi-végétalisé en algues encroustées (ENC_COV > 25%) ET qu'il y a un seul Vg_TYPE	Vg_ECO = « Vg_TYPE_1 et algues encroustées »
5	Si c'est végétalisé ou semi-végétalisé en algues érigées (Vg_COV > 25 %) et aussi végétalisé ou semi-végétalisé en algues encroustées (ENC_COV > 25%) ET qu'il y a plusieurs types de végétaux inscrits dans les champs Vg_TYPE_ (2 ; 3 ; 4)	Vg_ECO = « algues mixtes » ou « végétation mixte » (inclurait les algues encroustées)
6	Si c'est peu ou pas végétalisé en encroustées (ENC_COV < 25 %) et qu'il y a un seul type végétal inscrit dans le champ Vg_TYPE_1	Vg_ECO = « Vg_TYPE_1 »
7	Si c'est peu végétalisé en encroustées (ENC_COV < 25 %) et qu'il y a deux types de végétaux différents inscrits dans les champs Vg_TYPE_ (1 ; 2)	Vg_ECO = « Vg_TYPE_1 et Vg_TYPE_2 »
8	Si c'est peu végétalisé en encroustées (ENC_COV < 25 %) et qu'il y a trois ou quatre types de végétaux différents inscrits dans les champs Vg_TYPE_ (1 ; 2 ; 3 ; 4)	Vg_ECO = « algues mixtes » ou « plantes vasculaires mixtes » ou « végétation mixte » s'il y a mélange d'algues et de plantes vasculaires

Tableau 2. Exemples d'écosystèmes (ECOSYSTEME) de la BDG et d'une règle spécifique s'appliquant au cas.

Système géomorphologique	Élément géomorphologique	Substrat	Premier type végétal	Couverture	Règle spécifique s'appliquant
Plage		sableuse			En présence d'une couverture végétale totale < 25 %, le type végétal n'est pas mentionné.
Plage		de graviers	à plantes vasculaires mixtes		En présence d'une couverture végétale totale > 25 %, ajout du premier type végétal.
Infralittoral meuble			à herbier de zostère	semi-végétalisé	En présence d'un herbier de zostère, ajout de la couverture végétale si semi-végétalisée.
Marais (inf.)			à spartine alterniflore		En présence d'un marais, le type végétal est mentionné, peu importe la couverture végétale (le terme « schorre inférieur » est remplacé par « marais (inf.) »).
	Cordon infralittoral	de blocs	à fucacées		Un élément géomorphologique prédominant remplace de système géomorphologique dans lequel il se retrouve.

3.9.2 Ajustements finaux sur la BDG

À l'aide du logiciel ArcMap 10, des ajustements pour corriger des erreurs, et améliorer le rendu visuel de la cartographie ont été réalisés sur la BDG.

L'outil « Topology » a été utilisé pour repérer et corriger les erreurs de nature topologiques telles que la superposition (*Must not overlap*) et la présence de vides surfaciques dans le jeu de données (*Must not have gaps*). L'algorithme de lissage « Smooth polygon », avec une tolérance de 10 m a été appliqué.

3.10 CRÉATION DES COUCHES DE DONNÉES SURFACIQUES THÉMATIQUES

Les trois couches de données surfaciques représentant respectivement les marais maritimes, les herbiers de zostère et les bancs de macroalgues ont été créées à partir des polygones de la BDG des écosystèmes côtiers, selon des critères prédéfinis. Elles sont spatialement mutuellement exclusives, c'est-à-dire qu'elles ne se chevauchent pas. Lorsque plusieurs types de végétaux cohabitaient dans un même polygone, le végétal dominant dictait dans quelle couche le polygone était inclus.

Pour créer les couches surfaciques thématiques, les polygones étaient déterminés selon les valeurs des champs couverture végétale (Vg_COV) et dominance végétale (Vg_DOM) ou l'écosystème simplifié (ECO_simp) dans la BDG. Seuls les milieux répondant au critère de couverture végétale supérieure à 25 % ont été conservés. Les polygones non végétalisés (0-1 %) et peu végétalisés (1-25 %) ont été écartés afin de restreindre les sélections aux milieux les plus structurants des écosystèmes. Pour produire la cartographie des marais maritimes, les polygones ayant pour écosystème simplifié « Marais maritime » ont été sélectionnés. Pour la cartographie des herbiers de zostère et des macroalgues, la sélection a été réalisée à partir du champ dominance végétale (Vg_DOM). Dans le cas des herbiers, la sélection a été appliquée sur les polygones dont la valeur est « zostère marine ». Quant aux bancs de macroalgues, le choix des polygones d'intérêt a été réalisé à partir d'une sélection multiple des valeurs suivantes : Fucacées, Laminariales, algues indifférenciées, macroalgues mixtes, macroalgues (autres) et végétation mixte. Les polygones présentant plus de deux types de végétaux (Vg_TYPES) ont été réexaminés individuellement afin de s'assurer qu'ils appartenaient bien à la bonne couche de données surfaciques thématique. Par exemple, si un polygone dominé par la zostère était caractérisé par deux autres types appartenant à la catégorie des macroalgues en Vg_TYPE 2 et 3 (ex. : Fucacées et Laminariacées), il a été choisi d'inclure ce polygone dans la couche thématique des bancs de macroalgues. En effet, puisqu'un type végétal doit représenter au moins 25 % du couvert total pour se retrouver dans les champs Vg_TYPE 1 à 4, cela signifie qu'au moins 50 % du couvert était représenté par des macroalgues dans ce polygone. Ces cas particuliers étaient peu nombreux et représentaient moins de 0,4 % des polygones sélectionnés.

Ensemble, ces trois cartographies thématiques couvrent la grande majorité des superficies végétalisées à plus de 25 %. Les superficies non couvertes par ces couches de données sont des milieux dominés par des plantes vasculaires autres que la zostère marine et non associées à un écosystème de marais (ex. : la végétation de marécage), ou par de la végétation indifférenciée impossible à associer à l'une ou l'autre des couches de données thématiques.

3.11 LIMITES DE LA MÉTHODE

La méthode développée pour la cartographie comporte ses limites ainsi qu'une part d'incertitude. Il est essentiel d'en tenir compte lors de l'interprétation des données.

Certains facteurs ont limité la capacité à interpréter les formes et couleurs uniformément sur l'ensemble de la région d'étude. Notamment, l'épaisseur de la colonne d'eau affecte directement la signature spectrale et donc les couleurs et nuances observables. Les longueurs d'onde de la lumière visible et celles du proche infrarouge sont rapidement absorbées par la colonne d'eau, ce qui limite considérablement la capacité à identifier les types de végétaux présents dans la zone infralittorale. D'autres facteurs sont directement liés à la qualité des orthophotographies, comme la présence de reflets à la surface de l'eau, de vagues ou de matière en suspension. Conséquemment, la nature et la qualité des photographies aériennes ont pu entraîner une certaine disparité dans le travail de caractérisation réalisé pour les différents étages et secteurs.

De plus, l'approche par photo-interprétation présente certaines limites pour distinguer la présence de bancs d'algues vertes (*Chlorophyta*), dont les valeurs de réflectance sont difficilement discernables sur les photographies aériennes, causant une sous-estimation probable de la couverture des bancs d'algues vertes pour l'ensemble de la région d'étude. De même, des erreurs de photo-interprétation ont pu survenir pour certains éléments particulièrement difficiles à reconnaître en absence de données de validation terrain. Notamment, des bancs de moules et des accumulations de débris organiques pourraient avoir été interprétés à tort comme des bancs de macroalgues.

Bien qu'un polygone soit considéré comme représentatif d'un milieu relativement homogène du point de vue de ses caractéristiques physiques et biologiques, il est reconnu que les propriétés physiques ainsi que la composition des communautés peuvent varier à l'intérieur même des limites d'un polygone, en particulier en présence d'un gradient de profondeur. Or, la caractérisation réalisée n'a pas pris en compte ces variations et se base sur l'observation des critères généraux pour permettre une classification par grandes catégories d'écosystèmes côtiers.

Les données d'échantillonnage ont permis d'apporter une description détaillée des communautés observées et de réduire localement l'incertitude inhérente au travail de photo-interprétation, sans toutefois couvrir la totalité du territoire d'étude. L'intégration de données d'échantillonnage à la BDG présente en soi une part d'incertitude principalement attribuable à la différence d'échelle spatiale entre les unités d'analyse terrain (stations d'échantillonnage) et l'unité d'analyse cartographique (polygone). L'attribution de caractéristiques observées localement à l'ensemble d'un polygone constitue une forme d'extrapolation et induit donc une incertitude qui croît avec la taille du polygone.

Plusieurs années ont été nécessaires à l'acquisition des données d'échantillonnage et des orthophotographies sur lesquelles le travail de photo-interprétation a été réalisé (Tableau F10). Considérant la nature dynamique des écosystèmes côtiers, il est attendu que des modifications des conditions physiques et biologiques dans le temps aient pu survenir entre la prise de photographies aériennes et le travail de cartographie. Les facteurs agissants sur la dynamique des environnements côtiers, tels que la période de croissance des algues, la pression de broutage par les oursins, l'influence de la dynamique des glaces et de la dynamique sédimentaire ainsi que l'action des vagues et des courants, n'ont pas pu être contrôlés ou

mesurés dans le cadre du projet. La cartographie réalisée correspond à une description de ces environnements à un point de référence donné dans le temps et ne prend pas en compte les variations saisonnières et annuelles régissant la dynamique de ces environnements.

Enfin, bien qu'adaptée aux milieux côtiers, la méthode de caractérisation par photo-interprétation comporte une part de subjectivité. Puisqu'une quinzaine de photo-interprètes issus de différents domaines d'expertise (biologie, géographie, géomorphologie, géomatique) ont participé à la cartographie, l'uniformité du travail de caractérisation était un enjeu important. Afin de limiter les disparités entre les secteurs cartographiés, des règles de décisions et des outils ont été mis en place dès le début du projet. L'ensemble des membres de l'équipe se référait aux mêmes dictionnaires visuels, clés décisionnelles et documents méthodologiques internes de référence. De plus, sur toute la durée du projet, les photos-interprètes se sont réunis de façon hebdomadaire, afin de discuter des questionnements et des cas spéciaux rencontrés. Chaque secteur a également été révisé et validé par l'une des trois personnes désignées pour uniformiser la caractérisation sur l'ensemble du produit cartographique. Comme la présence d'erreurs résiduelles est possible dans un travail de cette envergure, la BDG et la plateforme de cartographie interactive (section 4.2) ont été prévues pour faciliter les mises à jour.

4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1 CARTOGRAPHIE DES MACROPHYTES

Les données géospatiales acquises ont permis de cartographier les macrophytes estuariens et marins sur une grande partie du corridor côtier du Québec maritime. La superficie caractérisée⁶ couvre 1 852 km² et s'étend sur plus de 4 200 km de côte linéaire. Le Tableau G1 détaille les superficies occupées par les grandes classes de dominance végétale pour les différents secteurs de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent (EGSL) [Figure 1].

À partir des données acquises sur les macrophytes, 3 couches de données surfaciques thématiques pour les interventions ont été créées : les herbiers de zostère marine, les marais maritimes et les bancs de macroalgues. Ensemble, elles couvrent une superficie de 696 km² (macroalgues [343 km²], herbiers de zostère [220 km²] et marais maritimes [133 km²]), soit 38 % de la superficie caractérisée. Pour la cartographie des macrophytes et l'interprétation des données, seules les classes de couverture végétalisée (75-100 %) et semi-végétalisée (25-75 %) ont été considérées.

À l'échelle locale, comme dans la zone de la baie de Rimouski (Figure 17), les couches de données surfaciques permettent de localiser les importantes étendues végétalisées qui sont dominées par ces grandes classes de macrophytes. Elles permettront d'appuyer la planification pour une intervention en cas de déversement d'hydrocarbures dans l'EGSL. Elles seront aussi disponibles sur le [portail du gouvernement ouvert du Canada](#).

⁶ Superficie caractérisée pour l'analyse des résultats sur les macrophytes. Elle exclut les superficies où la couverture végétale (Vg_COV) ou un type végétal (Vg_TYPE_1) n'ont pas pu être interprétés (valeur « non déterminé »).

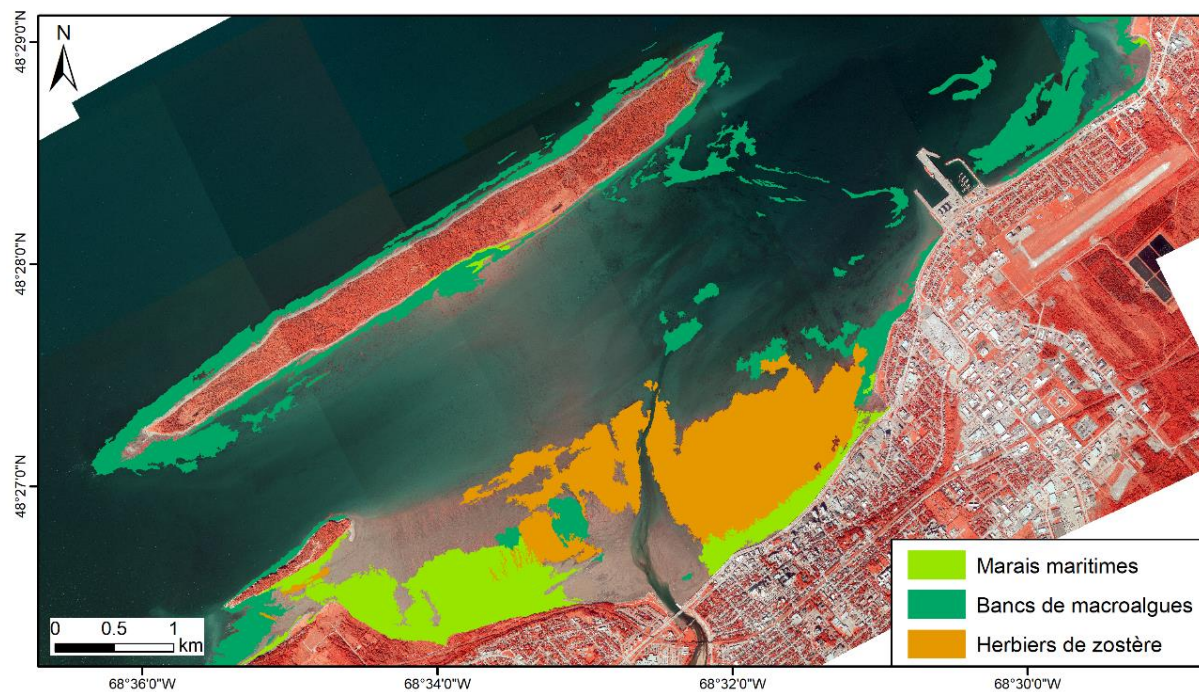


Figure 17. Présentation sur une carte à grande échelle d'un extrait des couches de données thématiques produites pour les interventions représentant les marais maritimes, les bancs de macroalgues et les herbiers de zostère avec une couverture végétale de plus de 25 % dans la baie de Rimouski, située dans l'estuaire maritime (rive sud) du Saint-Laurent. Crédit photo : MPO.

Les Figures 18 à 20 présentent les superficies relatives des grandes classes de dominance végétale pour chacun des 10 secteurs de l'EGSL. La couche de données surfaciques des macroalgues inclut les grandes classes de dominance « Macroalgues » et « Macroalgues indifférenciées » présentées sur ces figures ainsi que dans le Tableau G1. La couche de données surfaciques des herbiers de zostère correspond à la grande classe de dominance « Zostère marine » et la couche de données surfaciques des marais maritimes correspond à la grande classe de dominance « Plantes vasculaires de marais maritimes », qui rassemble toute la végétation de schorre supérieur et inférieur. Les sous-sections suivantes présentent plus en détail les résultats issus de la cartographie de ces trois milieux à macrophytes.

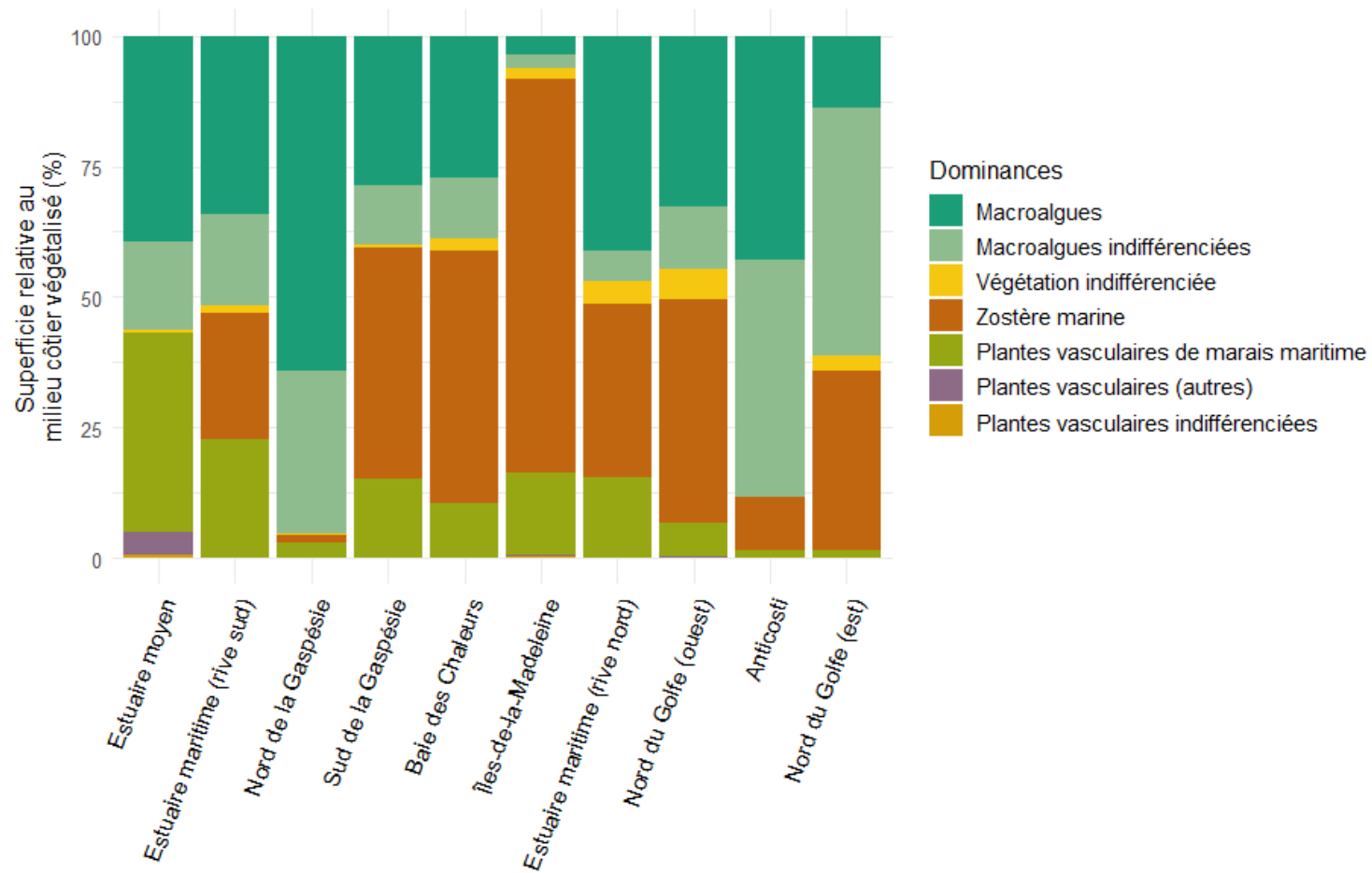


Figure 18. Pourcentage de la superficie côtière (étages médiolittoral et infralittoral) caractérisée qui est végétalisée à plus de 25 % par chacune des grandes classes de dominance végétale selon les secteurs de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent à l'étude. La grande classe « macroalgues » inclut les classes de dominance Fucacées, Laminariales, macroalgues mixtes, macroalgues (autres) et végétation mixte. Dans les secteurs Anticosti et Nord du Golfe (est) seules certaines zones près des villages ont été cartographiées.

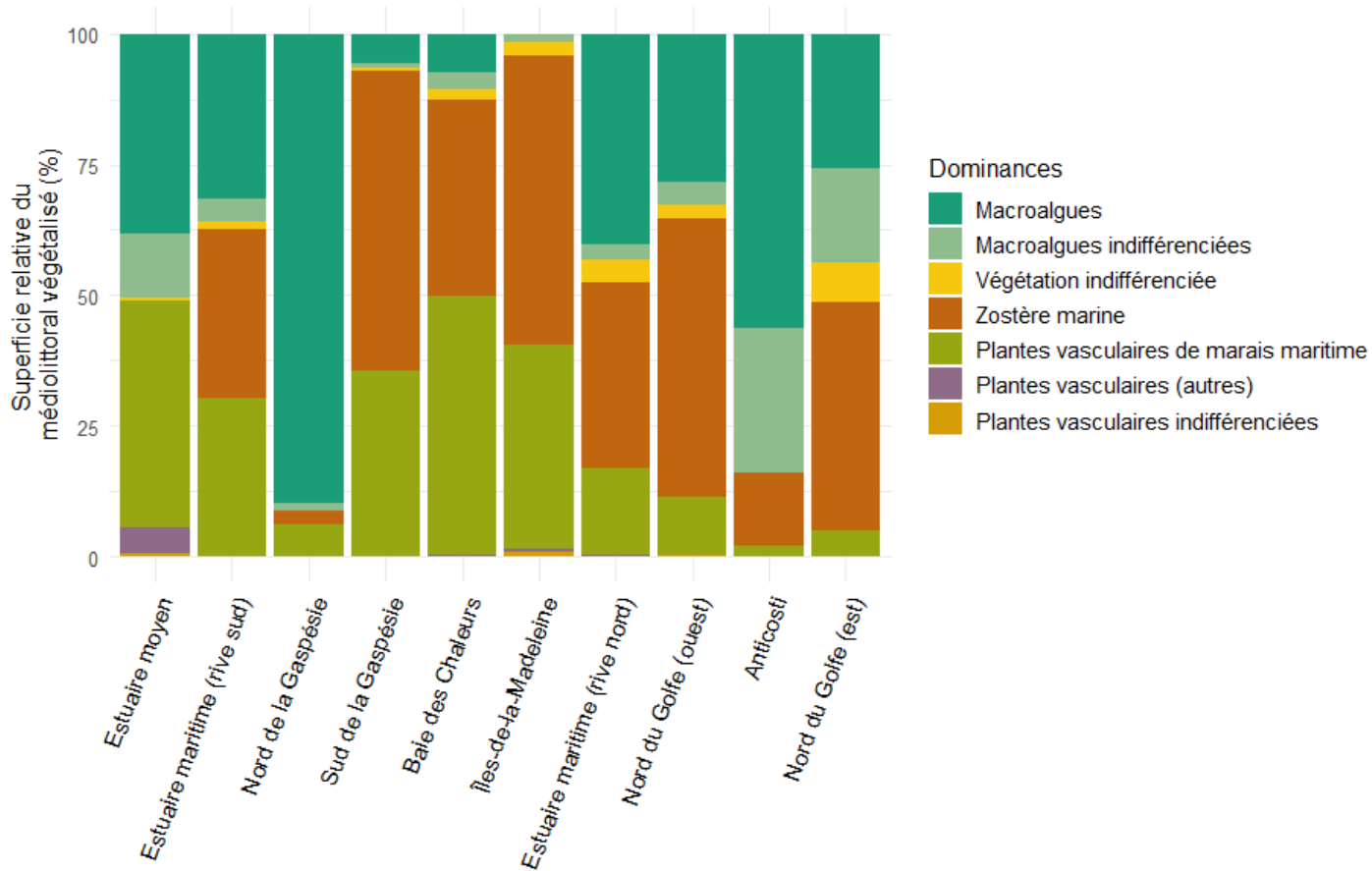


Figure 19. Pourcentage de la superficie caractérisée dans l'étage médiolittoral qui est végétalisée à plus de 25 % par chacune des grandes classes de dominance végétale, selon les secteurs de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent à l'étude. La grande classe « macroalgues » inclut les classes de dominance Fucacées, Laminariales, macroalgues mixtes, macroalgues (autres) et végétation mixte. Dans les secteurs Anticosti et Nord du Golfe (est), seules certaines zones près des villages ont été cartographiées.

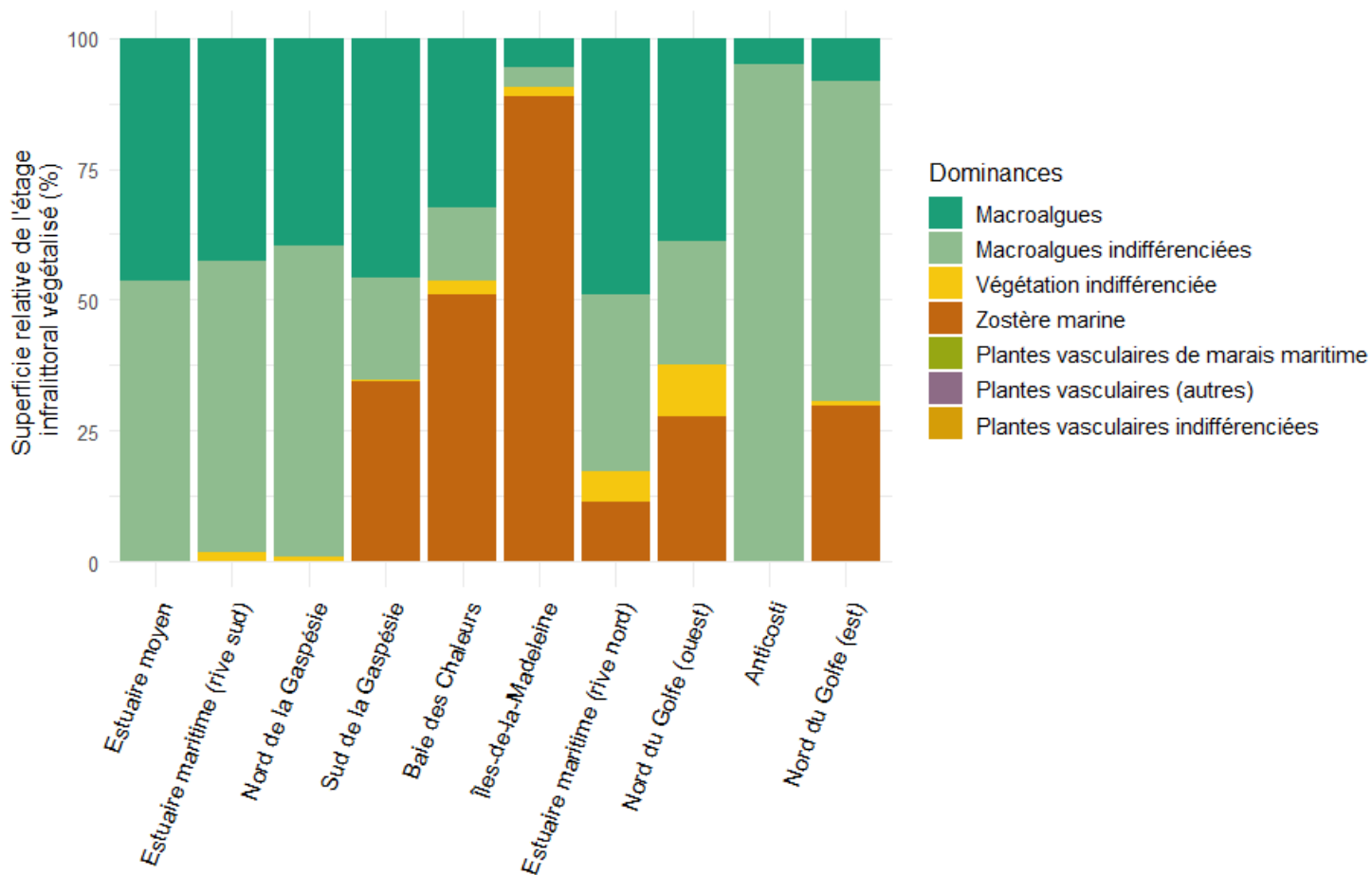


Figure 20. Pourcentage de la superficie caractérisée dans l'étage infralittoral qui est végétalisée à plus de 25 % par chacune des grandes classes de dominance végétale, selon les secteurs de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent à l'étude. La grande classe « macroalgues » inclut les classes de dominance Fucacées, Laminariales, macroalgues mixtes, macroalgues (autres) et végétation mixte. Dans les secteurs Anticosti et Nord du Golfe (est), seules certaines zones près des villages ont été cartographiées.

4.1.1 Herbiers de zostère

On retrouve les herbiers de zostère marine dans les étages médiolittoral inférieur et infralittoral peu profond, en présence d'un substrat meuble généralement fin (ex. : sablo-vaseux, sable). Ils ont été observés sur les battures, dans des deltas, des chenaux estuariens et des lagunes, entre autres et sont donc associés à différentes classes d'écosystèmes (Tableau H1). La couche de données surfaciques produite (Figure 21) inclut les classes de couverture végétalisée (75-100 %) et semi-végétalisée (25-75 %). Les herbiers peu végétalisés (1-25 %), qu'il s'agisse d'îlots denses mais épars ou d'une étendue avec une faible densité végétale, ne sont donc pas inclus. Les principaux types de végétaux observés en assemblage avec la zostère sont les Fucacées, la spartine alterniflore et différentes algues indifférenciées, notamment des algues filamenteuses délicates épiphytes.

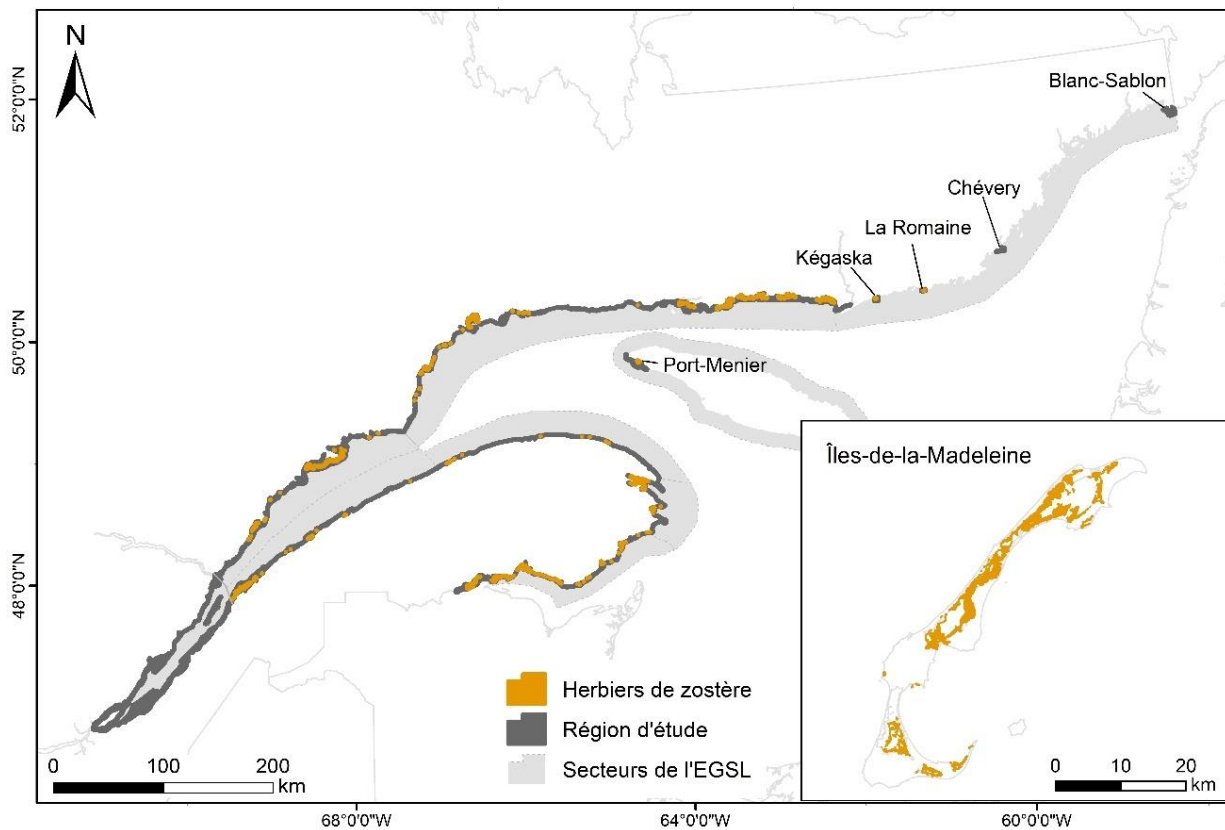


Figure 21. Couche de données surfaciques des herbiers de zostère marine (*Zostera marina*) avec une couverture végétale de plus de 25 %, présentée à l'échelle de la région d'étude. Le trait de contour des polygones a été grossi afin de permettre la visualisation des résultats à l'échelle de la région d'étude.

Le point le plus à l'ouest où la zostère marine est observée est situé entre Saint-Jean-Port-Joli et Saint-Roch-des-Aulnaies dans l'Estuaire moyen. En amont, les conditions physico-chimiques et de luminosité sont vraisemblablement défavorables à la survie de la zostère. Le premier herbier de zostère avec une couverture végétale de plus de 25 % est quant à lui observé tout juste à la limite du secteur Estuaire maritime (rive sud), dans l'embouchure de la Rivière-Ouelle. Les herbiers de zostère semblent donc pratiquement absents de l'Estuaire moyen.

Les secteurs dans lesquels les herbiers de zostère marine occupent une plus grande proportion des milieux côtiers végétalisés caractérisés (Figure 18) sont les Îles-de-la-Madeleine (75 %), la Baie des Chaleurs (48 %), le Sud de la Gaspésie (44 %) et le Nord du Golfe (ouest) [43 %]. Dans ces secteurs, la zostère est très présente non seulement dans l'étage médiolittoral (Figure 19), mais également dans l'étage infralittoral (Figure 20). En effet, on observe que les herbiers de ces secteurs et ceux dans les zones cartographiées du secteur Nord du Golfe (est) s'étalent davantage dans la zone infralittorale que dans les autres secteurs. Des paramètres tels que la clarté des eaux dans le Nord du Golfe et les faibles profondeurs présentes dans l'étage infralittoral de la Baie des Chaleurs, du Sud de la Gaspésie et des lagunes des Îles-de-la-Madeleine sont susceptibles d'expliquer en partie ces observations. Les herbiers de l'estuaire maritime du Saint-Laurent sont quant à eux principalement retrouvés dans l'étage médiolittoral (Figure 19), tendance également notée par Martel et al. (2009).

Dans le secteur Nord du Golfe (ouest), la zostère est surtout observée sur les battures et dans les zones infralittorales meubles de grandes baies abritées avec une pente douce, comme les grands herbiers de Sept-Îles et de la Baie Nickerson près de Havre-Saint-Pierre. Dans les secteurs Îles-de-la-Madeleine, Baie des Chaleurs et Sud de la Gaspésie, au sud de l'EGSL, les milieux abrités propices aux herbiers y sont nombreux et étendus. Aux Îles-de-la-Madeleine, les herbiers sont principalement abrités dans les lagunes (Figure 21). Il est intéressant de noter que l'écosystème (ECO_simp) « lagune à zostère » est très présent dans ces trois secteurs, alors qu'il est absent des autres secteurs de l'EGSL où les herbiers de zostère colonisent principalement des battures.

De grands herbiers de zostère sont présents dans l'Estuaire maritime (rive nord et sud), bien qu'ils représentent un plus faible pourcentage (33 et 24 % respectivement) des milieux côtiers végétalisés caractérisés (Figure 18). Ils se trouvent habituellement dans les chenaux estuariens et les baies abritées, dispersés le long de la côte. Parmi les plus grands herbiers de zostère de ces secteurs, on compte celui de la péninsule Manicouagan sur la rive nord et celui de L'Isle-Verte sur la rive sud.

Enfin, les herbiers de zostère sont rares (1 %) dans le secteur Nord de la Gaspésie (Figure 18). L'étage médiolittoral de ce secteur est plus généralement caractérisé par la présence d'un substrat rocheux ou de sédiments grossiers relativement aux autres secteurs au sud de l'EGSL. Il y a présence de certains écosystèmes non végétalisés tels que des plages ou platiers rocheux au Nord de la Gaspésie, mais peu de milieux abrités favorables aux plantes vasculaires.

4.1.2 Marais maritimes

Les marais maritimes sont des milieux humides formés dans des zones plus abritées de l'étage médiolittoral, telles qu'un fond de baie avec un profil de pente doux, où des sédiments fins s'accumulent. Une végétation herbacée, souvent halophile, peut alors s'y installer et croître. Les principaux substrats retrouvés dans les marais sont la vase et la matière organique (accumulation de matières végétales déchiquetées et parfois en décomposition).

Les marais maritimes sont présents dans tous les secteurs de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent à l'étude (Figure 22). Cependant, c'est seulement dans l'Estuaire moyen et les secteurs au sud de l'EGSL, à l'exception du secteur Nord de la Gaspésie, qu'ils sont observés sur une plus grande superficie relative. Dans ces secteurs, ils couvrent plus de 30 % de la zone médiolittorale végétalisée (Figure 19). Dans le Nord de la Gaspésie, l'exposition de la côte et

les substrats grossiers ou rocheux généralement présents ne sont probablement pas favorables à la présence de plantes vasculaires. Des marais y sont toutefois retrouvés dans de petites zones à l'embouchure des rivières et dans les baies, comme c'est souvent le cas sur la rive nord de l'EGSL au Québec.

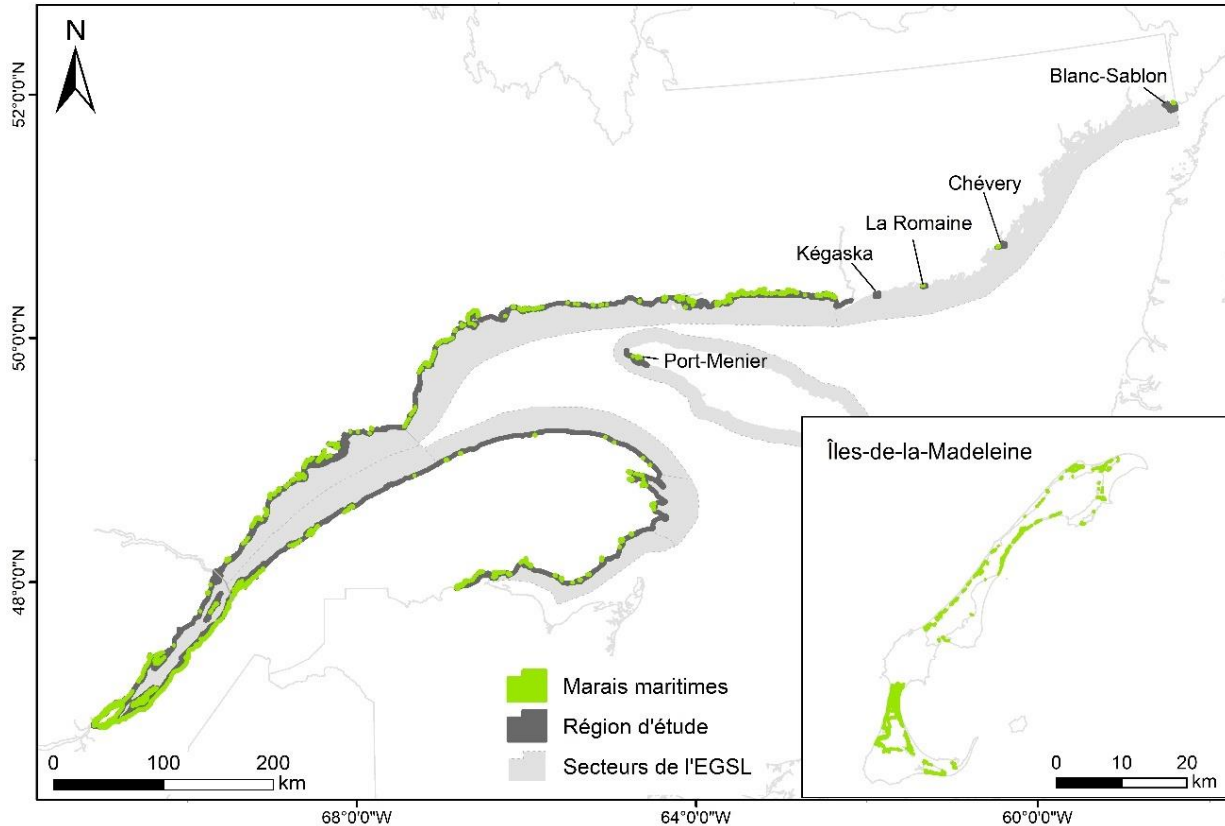


Figure 22. Couche de données surfaciques des marais maritimes avec une couverture végétale de plus de 25 %, présentée à l'échelle de la région d'étude. Le trait de contour des polygones a été grossi afin de permettre la visualisation des résultats à l'échelle de la région d'étude.

Bien que les marais représentent un plus faible pourcentage de la zone médiolittorale végétalisée à plus de 25 % (Figure 19) dans les secteurs de l'Estuaire maritime (rive nord) [15 %] et du Nord du Golfe (ouest) [7 %], de grands marais, comme celui à la Pointe-aux-Outardes, y sont néanmoins présents. Les plus grands marais maritimes se trouvent dans l'Estuaire moyen et dans la zone de L'Isle-Verte dans l'Estuaire maritime (rive sud).

La couche de données des marais maritimes comprend les schorres supérieurs et les schorres inférieurs ; ces parties du marais sont situées respectivement dans l'étage médiolittoral supérieur et inférieur. Le schorre supérieur n'est submergé que lors des plus hautes mers de grandes marées ou encore lors de tempêtes. Il est composé d'un grand mélange de plantes vasculaires de marais qui forme un tapis épais et continu. La seule exception observée est dans l'Estuaire moyen où le roseau commun, plante exotique à potentiel envahissant, a été observé en dominance sur 9 % de la superficie totale des schorres supérieurs du secteur.

Le schorre inférieur est partiellement inondé à chaque marée. Il est constitué d'un tapis végétal dont la composition varie en fonction du temps d'immersion des marées (Dufour et Ouellet

2007) et de la salinité. La spartine alterniflore (*Spartina alterniflora*) est l'espèce qui a généralement été observée en dominance dans le schorre inférieur des différents secteurs de l'EGSL à l'étude, à l'exception de l'Estuaire moyen où les scirpes sont dominants sur un plus grand pourcentage (70 %) de la superficie des schorres inférieurs caractérisés (Figure 23). Le scirpe d'Amérique ou scirpe piquant (*Schoenoplectus pungens*) est l'espèce qui y a été le plus souvent observée en dominance. Il est reconnu que cette espèce peut tolérer un large intervalle de salinité (Albert et al. 2013 ; Stevens et al. 2012). D'autres plantes vasculaires que les scirpes et la spartine alterniflore, telles que la salicorne de Virginie, les Poacées et le carex, représentées par la classe Plantes vasculaires (autres) sur la Figure 23, ont été observées en dominance dans des schorres inférieurs de certains secteurs, dans de plus faibles proportions. Un mélange de plus de 4 plantes vasculaires présentes dans des proportions similaires (Plantes vasculaires mixtes) était aussi parfois observé (Figure 23). Les plantes vasculaires de marais maritime qui dominent les schorres inférieurs dans les zones cartographiées des secteurs Nord du Golfe (est) et Anticosti sont restées indifférenciées (Figure 23) puisque la visibilité sur les orthophotographies et les photographies obliques ainsi que l'absence de données prises sur le terrain n'ont pas permis d'identifier plus précisément les types de végétaux.

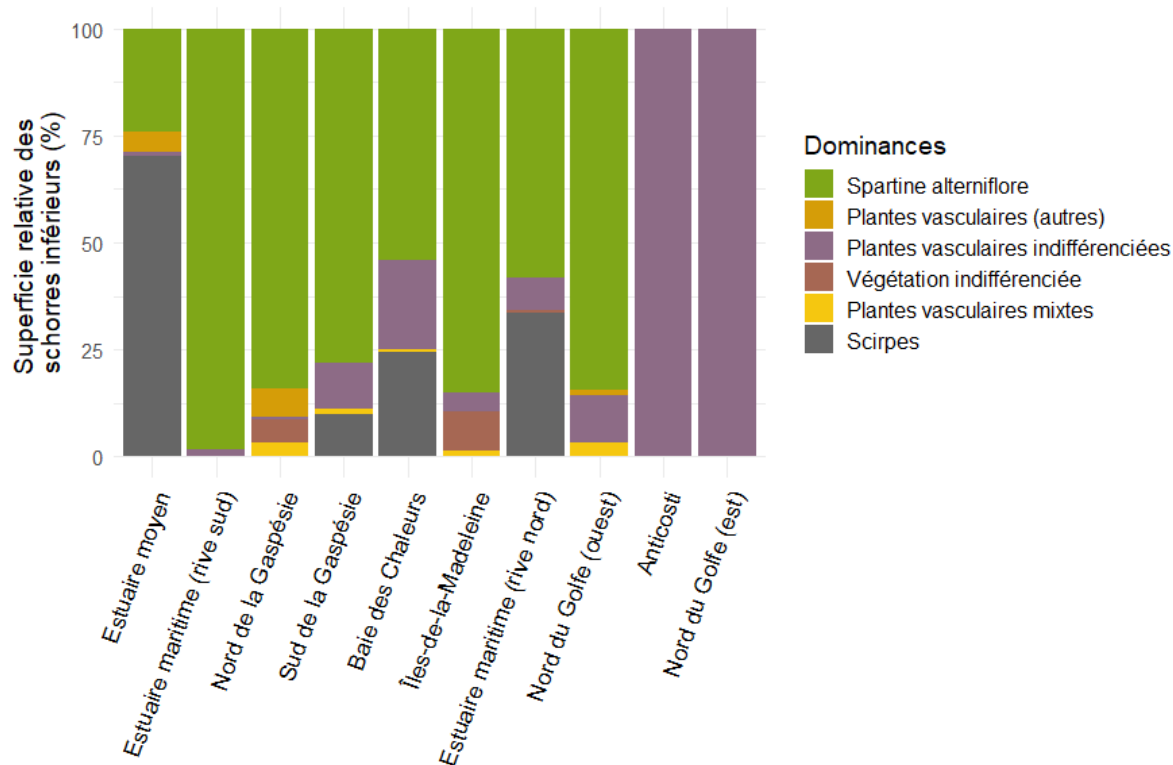


Figure 23. Pourcentage de la superficie des schorres inférieurs caractérisés qui est végétalisé à plus de 25 % par chacune des classes de dominance végétale selon les secteurs de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent à l'étude. La végétation indifférenciée pourrait être des algues ou plantes vasculaires. Dans les secteurs Anticosti et Nord du Golfe (est) seules certaines zones près des villages ont été cartographiées.

4.1.3 Bancs de macroalgues

Les bancs de macroalgues sont retrouvés dans les étages médiolittoral inférieur et infralittoral, en présence d'un substrat rocheux ou d'un substrat meuble composé de sédiments de moyenne à grande taille (ex. : graviers, galets, blocs), leur permettant de s'y fixer. La couche de données surfaciques présente les bancs de macroalgues, c'est-à-dire les zones végétalisées et semi-végétalisées où les macroalgues érigées sont dominantes (Figure 24). Les bancs de macroalgues érigées sont présents sur l'ensemble de la région d'étude. C'est dans le secteur Nord de la Gaspésie que les bancs de macroalgues couvrent un plus grand pourcentage (95 %) des milieux côtiers végétalisés caractérisés (Figure 18).

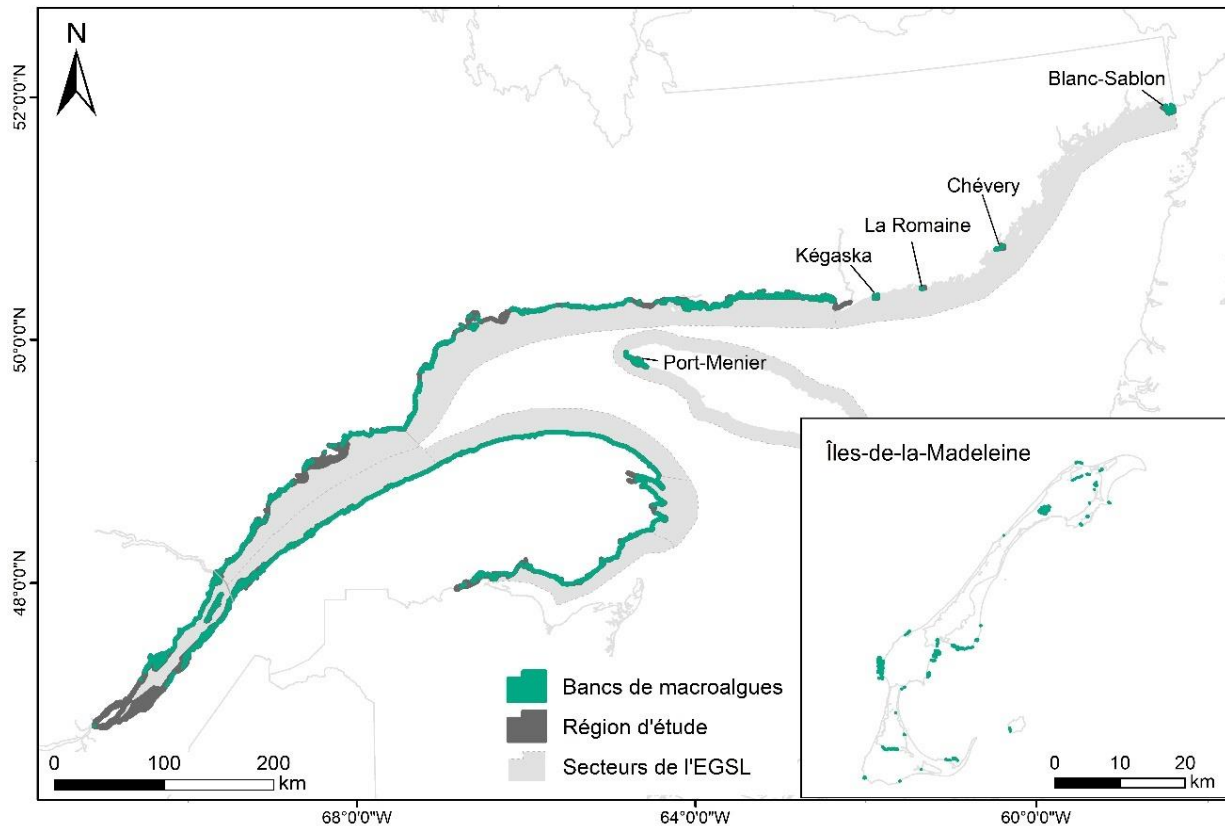


Figure 24. Couche de données surfaciques des bancs de macroalgues avec une couverture végétale de plus de 25 %, présentée à l'échelle de la région d'étude. Le trait de contour des polygones a été grossi afin de permettre la visualisation des résultats à l'échelle de la région d'étude.

Dans l'étage médiolittoral inférieur, les Fucacées sont communément observées en dominance dans les bancs de macroalgues (Figure 25). Dans l'Estuaire moyen et l'Estuaire maritime (rive nord), il y a néanmoins plus de 20 % des bancs de macroalgues de l'étage médiolittoral où une dominance de Laminariales a été observée, contrairement aux autres secteurs. La laminaire sucrée (*Saccharina latissima*), incluant sa forme à long stipe (*S. longicuris*), et l'alarie succulente (*Alaria esculenta*) ont surtout été observées dans l'étage médiolittoral inférieur, en marge de l'étage infralittoral. Dans la Baie des Chaleurs, 26 % de la superficie végétalisée par des macroalgues dans l'étage médiolittoral caractérisé est dominé par la présence d'une macroalgue autre (Figure 25). Il s'agit souvent, dans ces cas, d'algues vertes (*Chlorophyta*). Celles-ci seraient retrouvées dans une grande variété de salinités (Rybak 2018). À noter que les bancs d'algues vertes sont rarement photo-interprétables, et donc probablement sous-représentés. Dans la Baie des Chaleurs, on observe un plus faible pourcentage de la superficie de l'étage médiolittoral caractérisé qui est dominé par des Fucacées comparativement aux autres secteurs (Figure 25), mais les Fucacées sont davantage observées dans la zone infralittorale de ce secteur (Figure 26).

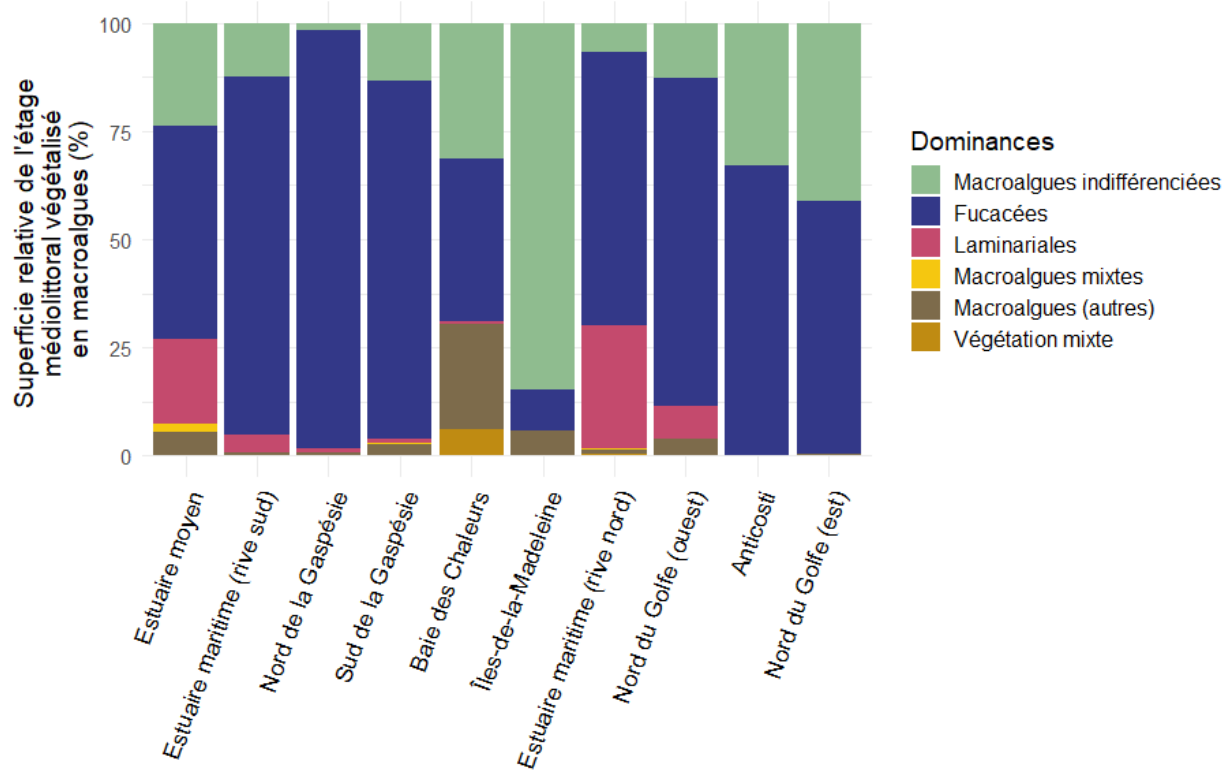


Figure 25. Pourcentage de la superficie des bancs de macroalgues de l'étage médiolittoral caractérisés qui est végétalisé à plus de 25 % par chacune des classes de dominance végétale, selon les secteurs de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent à l'étude. À noter que dans les secteurs Anticosti et Nord du Golfe (est), seules certaines zones près des villages ont été cartographiées.

Les bancs de macroalgues de l'étage infralittoral caractérisés sont généralement dominés par la présence de Laminariales (Figure 26), ce qui corrobore les observations de Tamigneaux et Johnson (2016) et de Chabot et Rossignol (2003). Dans les zones cartographiées près des villages des secteurs Nord du Golfe (est) et Anticosti, le manque de données prises sur le terrain ne permet pas d'interpréter la composition des bancs de l'étage infralittoral. Les observations aux Îles-de-la-Madeleine s'appuient quant à elles sur des données qui ont été acquises sur le terrain dans le cadre d'un projet de l'UQAR, mais l'acquisition et l'analyse n'ont pas été réalisées selon la méthode employée lors du projet de CECQM. Les résultats pour ce secteur sont susceptibles de changer lors de la mise à jour de la cartographie. La réalisation d'une campagne d'acquisition de données sur le terrain par le MPO permettra d'harmoniser la cartographie des macroalgues de ce secteur avec le reste de la région d'étude.

À ce jour, aux Îles-de-la-Madeleine, les bancs de macroalgues observés dans l'étage infralittoral sont, dans la majeure partie des cas, dominés par des « macroalgues mixtes » (Figure 26), c'est-à-dire quatre types de macroalgues ou plus, présents dans des proportions similaires. Il n'y aurait donc pas de taxon dominant. La classe de dominance « macroalgues (autres) » intègre, quant à elle, tous les bancs de macroalgues dominés par un taxon autre que les Fucacées et les Laminariales. Parmi les « macroalgues (autres) » qui dominent parfois les bancs dans la zone infralittorale de ce secteur, des algues vertes (*Chlorophyta*), *Chondrus crispus* et une algue rouge filamenteuse épaisse, qui pourrait correspondre à l'algue naturalisée

Furcellaria lumbricalis (similaire en apparence à *Polyides rotunda*) ont été observées. En somme, peu de bancs de macroalgues ont été observés dans ce secteur. En effet, seulement 8,5 % des milieux côtiers végétalisés seraient a priori dominés par les macroalgues, certainement dû aux fonds sédimentaires présents sur la majorité des côtes des Îles-de-la-Madeleine (Figure 18). Conséquemment, un type d'algue dominant sur quelques bancs dans l'étage infralittoral de ce secteur peut facilement être représenté par un grand pourcentage sur la Figure 26.

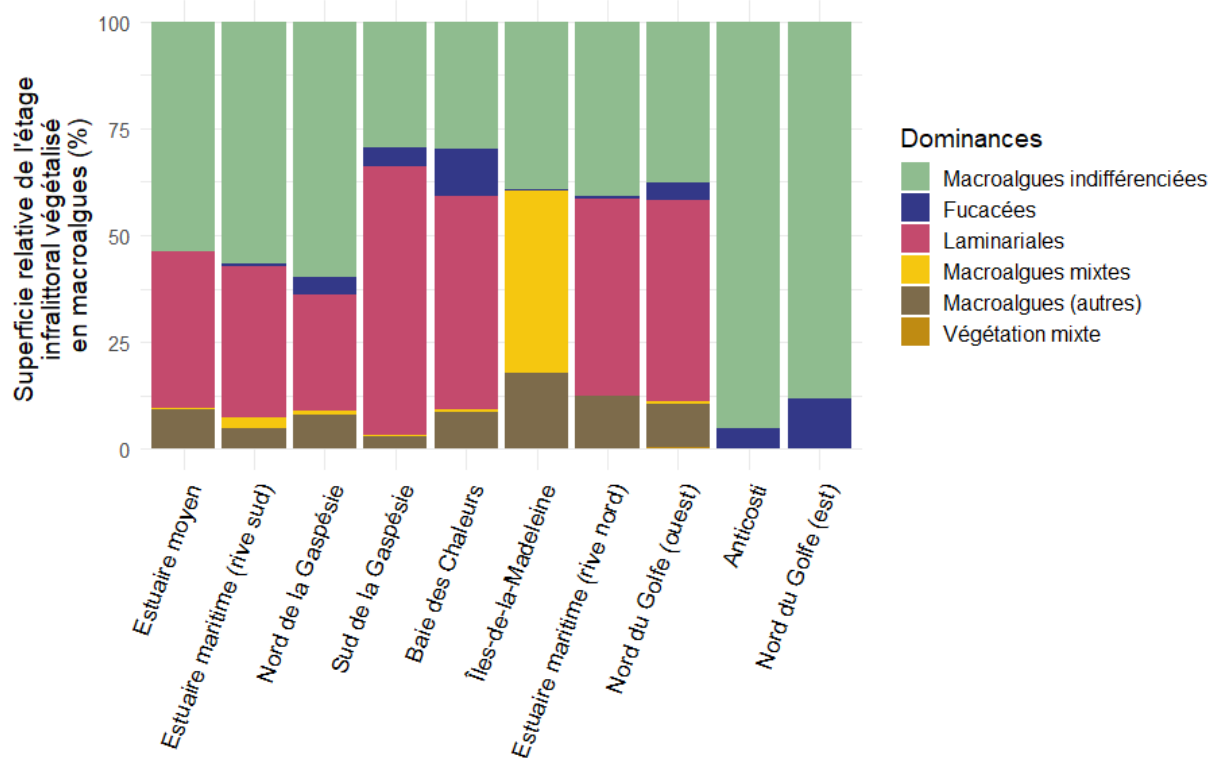


Figure 26. Pourcentage de la superficie des bancs de macroalgues de l'étage infralittoral caractérisés qui est végétalisé à plus de 25 % par chacune des classes de dominance végétale, selon les secteurs de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent à l'étude. Dans les secteurs Anticosti et Nord du Golfe (est) seules certaines zones près des villages ont été cartographiées.

Les macroalgues observées par photo-interprétation sont restées indifférenciées sur une partie du territoire dans chacun des secteurs de l'EGSL à l'étude (Figure 18), étant donné que l'effort d'échantillonnage était limité par la grande superficie de la région d'étude, le temps et les ressources nécessaires à l'acquisition des données. La photo-interprétation peut permettre de reconnaître la présence de macroalgues et de déterminer une couverture végétale, mais les données prises sur le terrain sont souvent nécessaires à l'identification des végétaux présents, en particulier dans l'étage infralittoral. C'est pourquoi les macroalgues indifférenciées sont particulièrement représentées dans les secteurs Anticosti et Nord du Golfe (est) où il n'y a pas eu de collecte de données sur le terrain dans le cadre de ce projet au moment de la rédaction. Le détail des taxons identifiés à partir des vidéos sous-marines réalisées dans les autres secteurs est présenté dans Grégoire et al. (2024).

4.2 AUTRE PRODUIT CARTOGRAPHIQUE

Les données sur les macrophytes ont été acquises dans le cadre du projet de CECQM qui répondait à plusieurs objectifs. La BDG inclut donc d'autres données non exhaustivement détaillées dans le présent rapport telles que les substrats, les systèmes géomorphologiques et les éléments anthropiques (ex. : des blocs déversés, un brise-lame [Tableau F11]). Les superficies relatives pour chacune des 36 classes d'écosystèmes simplifiés (ECO_simp) de la BDG, au sein des différents secteurs de l'EGSL au Québec, sont présentées au Tableau H1.

Les données de la BDG issues du projet de CECQM, réalisé conjointement avec le LDGIZC, sont hébergées par ce dernier sur la plateforme de cartographie interactive [SIGEC Web](#). Afin de rendre l'information géographique accessible à la population et aux organismes ne possédant pas de logiciel de système d'information géographique, la plateforme permet de visualiser les attributs des polygones caractérisés ainsi que certaines données acquises aux stations d'échantillonnage.

5. CONCLUSION

Afin de répondre au besoin de localisation des milieux vulnérables à un déversement d'hydrocarbures, le MPO s'est associé à l'UQAR pour l'acquisition de données sur les écosystèmes côtiers du Québec maritime. La méthode de cartographie présentée dans ce document et celle d'analyse d'imageries sous-marines présentée dans Grégoire et al. (2024) ont permis l'acquisition de données récentes (2015-2021) sur une région d'étude étendue dans l'EGSL. Ce projet se distingue des études similaires antérieures par la diversité des milieux caractérisés, le niveau de détails obtenu et l'accessibilité des données.

Les herbiers de zostère, les marais maritimes et les bancs de macroalgues en zone côtière ont des rôles structurants déterminants pour les écosystèmes et sont susceptibles d'être touchés lors d'un incident environnemental. Les données acquises ont permis de créer des couches de données sur la distribution de ces milieux végétalisés qui serviront à appuyer la préparation et l'intervention en cas d'incident maritime réalisées de concert avec le CNUE.

Les données sur les macroalgues et les substrats contenues dans la BDG et la BDISM pourront être valorisées par le développement de nouvelles couches de données surfaciques. Celles-ci pourraient servir dans un contexte d'interventions environnementales, par exemple, en fournissant aux intervenants une connaissance des espèces importantes en jeu, notamment pour des raisons commerciales, à incorporer dans leurs prises de décisions. Les données acquises pourraient servir à cartographier d'autres écosystèmes qui revêtent une importance particulière, et aider à la définition de nouvelles aires marines protégées. Elles pourraient également servir au calcul d'indices visant à identifier le niveau de vulnérabilité des zones côtières à un incident maritime, comme en cas de déversement d'hydrocarbures, dans l'estuaire ou le golfe du Saint-Laurent.

La reconduction du financement de la PIMI permettra de poursuivre l'acquisition de données sur les sensibilités biologiques du Québec maritime et de bonifier la BDG. Il sera possible d'uniformiser la cartographie des Îles-de-la-Madeleine avec les autres secteurs par l'interprétation des orthophotographies haute résolution et par l'intégration des données récemment acquises sur le terrain. De plus, la zone pour l'instant non cartographiée à Anticosti sera intégrée, et la Basse-Côte-Nord (secteur Nord du Golfe est) pourrait aussi l'être

éventuellement. Une autre approche que celle utilisée dans ce projet devra par contre être utilisée pour la cartographie de la Basse-Côte-Nord. Ce secteur très vaste présente une ligne de côte complexe, ce qui complique et rallonge le travail de photo-interprétation. Il est aussi difficile d'accès, limitant l'acquisition de données de validation terrain. Les ressources nécessaires pour appliquer la méthode présentée ici à la Basse-Côte-Nord rendent donc cette approche irréaliste.

La BDG sur les écosystèmes côtiers du Québec maritime est le fruit d'un travail colossal constituant une première cartographie fine à l'échelle de l'EGSL. Même si les écosystèmes côtiers sont dynamiques, le résultat global est une bonne synthèse de leur répartition sur les côtes du Québec et de leur composition. Aucune mise à jour intégrale de la cartographie, avec la méthode employée lors de cette collaboration, n'est planifiée en date de la publication. Cependant, les méthodes numériques de cartographie et l'intelligence artificielle étant des outils en plein essor, de nouvelles méthodes rendant plus rapide et moins coûteuse la mise à jour du travail pourraient être développées.

6. REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à accomplir ce travail d'envergure, que ce soit en collaborant au projet, en fournissant un soutien technique ou des conseils scientifiques, ou en apportant une aide précieuse sur le terrain.

En premier lieu, nous remercions nos partenaires du Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières de l'UQAR : Pascal Bernatchez, Suzan Drejza, Christian Fraser, Arianne Jobin, Catherine Paul-Hus ainsi que les nombreux photo-interprètes qui ont contribué au projet, et dont la rigueur et l'esprit d'équipe ont été essentiels au succès de ce travail collaboratif.

Au sein de notre ministère, un remerciement spécial va à Serge Proulx pour ses précieux conseils et pour le partage des photographies aériennes. Merci à Mélanie Poirier, Valérie Massé-Beaulne, Stéphanie Caron, Louis-Philippe Caron, Anaïs Tétreault, Aurélie Rivard, Yves Clermont, Jean-Daniel Tourangeau-Larivière, Sophie Proudfoot, Jean Thibault et François Roy pour leur contribution au projet.

Enfin, nous tenons à remercier Yanick Gendreau et Fanny Noisette, pour la révision de ce rapport.

RÉFÉRENCES

- Albert, D.A., Cox, D.T., Lemein, T., et Yoon, H.D. 2013. Characterization of *Schoenoplectus pungens* in a Great Lakes coastal wetland and a Pacific Northwestern estuary. *Wetlands*, 33(3): 445-458.
- Alexander, S.K., et Webb, J.W.J. 1987. Relationship of *Spartina alterniflora* growth to sediment oil content following an oil spill, IOOSC Proceedings, p. 445-449.
- Arsenault, E., Drejza, S., Friesinger, S., Blain, M., Savoie-Ferron, F., Houde-Poirier, M., Fraser, C., Marie, G., et Bernatchez, P. 2021. Cartographie des types de côtes du Québec maritime – Rapport méthodologique. Chaire de recherche en géoscience côtière, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, septembre 2021, 74 p.
- Brunel, P., Bossé, L., et Lamarche, G. 1998. Catalogue des Invertébrés marins de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. NRC Research Press
- Caloz, R., et Collet, C. 2001. Précis de télédétection-Volume 3: Traitements numériques d'images de télédétection. Presses de l'Université du Québec, Québec
- 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, Rimouski; Pêches et Océans Canada (Institut Maurice-Lamontagne), Mont-Joli. 113 p.
- CIEM – Conseil International pour l'Exploration de la Mer. 2006. Report of the ICES Advisory Committee on Fishery Management, Advisory Committee on the Marine Environment and Advisory Committee on Ecosystems, 2006. Avis du CIEM 4: 51 p.
- Den Hartog, C., et Jacobs, R.P.W.M. 1980. Effects of the "Amoco Cadiz" oil spill on an eelgrass community at Roscoff (France) with special reference to the mobile benthic fauna. *Helgol. Meeresunters.* 33 : 182-191.
- Desjardins, C., Hamel, D., Landry, L., Scallon-Chouinard, P.-M., et Chalut, K. 2018. Évaluation de la vulnérabilité de composantes biologiques du Saint-Laurent aux déversements d'hydrocarbures provenant de navires. *Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech.* 2018/003. ix + 280 p.
- Dissanska, M., Bernier, M., et Payette, S. 2009. Object-based classification of very high resolution panchromatic images for evaluating recent change in the structure of patterned peatlands, *Can. J. Remote Sens.* 35(2): 189-215.
- Dufour, R., et Ouellet, P. 2007. Estuary and Gulf of St. Lawrence marine ecosystem overview and assessment report. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2744E: vii + 112 p.
- Foster, M., Neushul, M., et Zingmark, R. 1971. The Santa Barbara oil spill. Part 2: Initial effects on intertidal and kelp bed organisms. *Environ. Pollut.* 2: 115-134.
- Friedrichs, C.T., et Perry, J.E. 2001. Tidal salt marsh morphodynamics: A synthesis. *J. Coast. Res.* 27: 7-37.
- Gagnon, M., Ménard, Y., et La Rue, J.-F. 1993. Caractérisation et évaluation des habitats du poisson dans la zone de transition saline du Saint-Laurent. *Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat.* 1920: viii -t- 104 p.
- Gibson, M. 2003. *Seashores of the Maritimes*. Nimbus Publishing Ltd., Halifax, N.S. 346 p.

- Grégoire, B., Pitre, L.D., Provencher-Nolet, L., Paquette, L., et Desjardins, C. 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.
- Gundlach, E.R. et Hayes, M.O. 1978. Vulnerability of coastal environments to oil spill impacts. *Mar. Technol. Soc. J.* 12(4): 18-27.
- Gutiérrez, J.L., Jones, C.G., Byers, J.E., Arkema, K.K., Berkenbusch, K., Comito, J.A., Duarte, C.M., Hacker, S.D., Lambrinos, J.G., Hendriks, I.E., Hogarth, P.J., Palomo, M.G., et Wild, C. 2011. Physical Ecosystem Engineers and the Functioning of Estuaries and Coasts. *Dans Treatise on Estuarine and Coastal Science, Vol. 7, Édité par E. Wolanski et D.S. McLusky.* Academic Press, Waltham. p. 53–81.
- Himmelman, J., et Lavergne, Y. 1985. Organization of rocky subtidal communities in the St. Lawrence Estuary. *Nat. Can.* 112: 143-154.
- Jobin, A., Marquis, G., Provencher-Nolet, L., Gabaj Castrillo, M. J., Trubiano C., Drouet, M., Eustache-Létourneau, D., Drejza, S., Fraser, C., Marie, G., et Bernatchez, P. 2021. Cartographie des écosystèmes côtiers du Québec maritime – Rapport méthodologique. Chaire de recherche en géoscience côtière, Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières, Université du Québec à Rimouski. Rapport remis au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, septembre 2021, 73 p.
- Johansen, K., Coops, N.C., Gergel, S.E., et Stange, Y. 2007. Application of high spatial resolution satellite imagery for riparian and forest ecosystem classification. *Remote Sens. Environ.* 110: 29-44.
- Joseph, V., Schmidt, A.L., et Gregory, R.S. 2013. Use of eelgrass habitats by fish in eastern Canada. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2012/138. ii + 12p.
- LDGIZC – Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières. 2021. Les écosystèmes côtiers du Québec maritime – Fiche 6/11. Disponible à l'adresse https://ldgizc.uqar.ca/Web/docs/default-source/default-document-library/06-plage_11012022403503a8a66c4739b119fbae9c38a1d1.pdf?sfvrsn=4efb7a42_0 [consulté en avril 2024]
- Leclerc, R. 1987. Guide d'identification des algues marines de l'estuaire du Saint-Laurent. Groupe d'animation en sciences naturelles du Québec, Saint-Romuald, Québec.
- Lee, K., Doe, K.G., Lee, L.E.J., Suidan, M.T., et Venosa, A.D. 2001. Remediation of an oil-contaminated experimental freshwater wetland: II. Habitat recovery and toxicity reduction. *IOSC Proceedings* 2001(1): 323-328.
- Lemieux, J., et Cusson, M. 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.
- Lewis, M., et Pryor, R. 2013. Toxicities of oils, dispersants and dispersed oils to algae and aquatic plants: Review and database value to resource sustainability. *Environ. Pollut.* 180: 345-367.
- Lionard, M., Tamigneaux, E., Gendron-Lemieux, I., et Berger, K. 2014. Présentation du potentiel d'utilisation de la biomasse algale sur la Côte-Nord. Rapport de recherche-développement 14-03: 23 p.

- Lobban, C.S., et Harrison, P.J. 1997. Seaweed ecology and physiology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Longpré, D., Jaouich, A., Jarry, V., Venosa, A.D., Lee, K., et Suidan, M.T. 1999. The response of *Scirpus pungens* to crude oil contaminated sediments. Environnement Canada, Ottawa.
- Lotze, H.K., Lenihan, H.S., Bourque, B.J., Bradbury, R.H., Cooke, R.G., Kay, M.C., Kidweel, S.M., Kirby, M.X., Peterson, C.H., et Jackson, J.B.C. 2006. Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science* 312(5781): 1806-1809.
- Martel, M.-C., Provencher, L., Grant, C., Ellefsen, H.-F., et Pereira, S. 2009. Distribution et description des herbiers de zostère du Québec. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2009/050. viii + 37p.
- MDDELCC-DEB – Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'expertise en biodiversité. 2018. Cadre écologique de référence du Québec (CERQ) [Données numériques vectorielles]. Version de diffusion CERQ-VD201804. MDDELCC-DEB, Québec, Québec.
- Merzouk, A. 2016. État des connaissances des herbiers marins et portrait des ressources algales sur les côtes du Québec. Rapport final. Mérimov, Gaspé, v + 137 p.
- MPO. 2009. La zostère (*Zostera marina*) remplit-elle les critères d'espèces d'importance écologique? Secr. Can. De consult. Sci. du MPO. Avis sci. 2009/018.
- Munkes, B., Schubert, P.R., Karez, R., et Reusch, T.B. 2015. Experimental assessment of critical anthropogenic sediment burial in eelgrass *Zostera marina*. *Mar. Pollut. Bull.* 100(1): 144-153.
- Munro, J., Gauthier, D., et Gagné, J. A. 1998. Description d'une frayère de hareng (*Clupea harengus* L.) à l'île aux Lièvres dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent. *Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat.* 2239: vi + 34 p.
- Perhar, G., et Arhonditsis, G.B. 2014. Aquatic ecosystem dynamics following petroleum hydrocarbon perturbations: A review of the current state of knowledge. *J. Great. Lakes Res.* 40(Supp. 3): 56-72.
- Provencher-Nolet, L. 2014. Détection de changement à court terme de la toundra arbustive à partir de photographies aériennes, région d'Umiujaq, Nunavik (Québec, Canada). *M. Sc.*, Institut National de la Recherche Scientifique.
- Rybak, A.S. 2018. Species of *Ulva* (Ulvophyceae, Chlorophyta) as indicators of salinity. *Ecol. Indic.* 85: 253-261. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.10.061>
- Schein, A., Courtenay, S.C., Crane, C.S., Teather, K.L., et van den Heuvel, M.R. 2012. The role of submerged aquatic vegetation in structuring the nearshore fish community within an estuary of the Southern Gulf of St. Lawrence. *Estuar. Coast.* 35: 799-810.
- Schimani, K., Zacher, K., Jerosch, K., Pehlke, H., Wiencke, C., et Bartsch, I. 2022. Video survey of deep benthic macroalgae and macroalgal detritus along a glacial Arctic fjord: Kongsfjorden (Spitsbergen). *Polar Biol.* 45: 1291–1305. <https://doi.org/10.1007/s00300-022-03072-x>
- SHC – Services hydrographiques du Canada. 2018. Données bathymétriques non navigationnelles (NONNA) du Service hydrographique du Canada. Disponible à l'adresse <https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/d3881c4c-650d-4070-bf9b-1e00aabf0a1d> [consulté en novembre 2022]

- Silliman, B.R., van de Koppel, J., McCoy, M.W., Diller, J., Kasozi, G.N., Earl, K., Adams, P.N. et Zimmerman, A.R. 2012. Degradation and resilience in Louisiana salt marshes after the BP-Deepwater Horizon oil spill. *PNAS* 109(28): 11234-11239.
- Spalding, M., Ruffo, S., Lacambra, C., Meliane, I., Hale, L., Shepard, C., et Beck, M. 2014. The role of ecosystems in coastal protection: Adapting to climate change and coastal hazards. *Ocean Coast Manag.* 90: 50–57. [10.1016/j.ocecoaman.2013.09.007](https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.09.007).
- Stevens, M., Hoag, C., Tilley, D., et St. John, L. 2012. Plant Guide for common threesquare (*Schoenoplectus pungens*). USDA-Natural Resources Conservation Service, Aberdeen Plant Materials Center. Aberdeen, Idaho.
- St-Pierre, A.P., et Gagnon, P. 2020. Kelp-bed dynamics across scales: Enhancing mapping capability with remote sensing and GIS. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 522: 151246.
- 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. <https://doi.org/10.7202/1036505ar>
- Thomas, M.L.H. 1978. Comparison of oiled and unoled intertidal communities in Chedabucto Bay, Nova Scotia. *J. Fish. Res. Board Can.* 35: 707-716.
- Vandermeulen, H., Surette, J., et Skinner, M. 2012. Responses of Eelgrass (*Zostera marina* L.) to Stress. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2011/095: vi + 43 p.
- VIMS – Virginia Institute of Marine Science. 2021. Méthodologie de suivi de la végétation submergée (Monitoring & Restoration of Submerged aquatic vegetation). Disponible à l'adresse https://www.vims.edu/research/units/programs/sav/methods/crown_density.php [consulté en juin 2021]
- Wernberg, T., Krumhansl, K., Filbee-Dexter, K., et Pedersen, M. F. 2019. Status and trends for the world's kelp forests. *Dans World seas: An environmental evaluation. Édité par C. Sheppard.* Academic Press, London p. 57-78.
- Wilson, K.L., Wong, M.C., et Devred, E. 2020. Branching Algorithm to Identify bottom Habitat in the Optically Complex Coastal Waters of Atlantic Canada Using Sentinel-2 Satellite Imagery. *Front. Environ. Sci.* 8: 879856.
- Xie, Z., Chen, Y., Lu, D., Li, G., et Chen, E. 2019. Classification of Land Cover, Forest, and Tree Species Classes with ZiYuan-3 Multispectral and Stereo Data. *Remote Sens.* 11(2): 164.
- Zieman, J.C., Orth, R., Phillips, R.C., Thayer, G., et Thorhaug, A. 1984. The effects of oil on seagrass ecosystems. *Dans Restoration of habitats impacted by oil spills. Édité par J.J. Cairns et A.L.J. Buikema.* Butterworth Publishers, Oxford, p. 37-64.

ANNEXE A. LEXIQUES

Tableau A1. Lexique des acronymes

Acronyme	Définition
BDG	Base de données géospatiales
BDISM	Base de données d'imagerie sous-marine
CECQM	Cartographie des écosystèmes côtiers du Québec maritime
CNUE	Centre national des urgences environnementales
ECCC	Environnement et changement climatique Canada
EGSL	Estuaire et golfe du Saint-Laurent
LIDAR	Technique de mesure qui se base sur l'analyse des propriétés d'un faisceau de lumière renvoyé vers son émetteur. L'acronyme vient de l'expression anglaise « <i>light detection and ranging</i> ».
MPO	Ministère Pêches et Océans Canada
MRC	Municipalité régionale de comté
PIMI	Planification pour une intervention maritime intégrée
RVBI	Désigne une image à 4 bandes spectrales : rouge, vert, bleu, infrarouge
SHC	Service hydrographique du Canada
UQAR	Université du Québec à Rimouski
ZP	Zone prioritaire

Tableau A2. Lexique des termes. Leur première mention dans le texte est marquée d'une croix (†).

Terme	Définition
Algue encroutante	La désignation encroutante est utilisée comme adjectif pour décrire la forme et la structure d'une algue (Leclerc 1987) formant une plaque plus ou moins dure le substrat ou la surface d'un corps.
Base de données d'imagerie sous-marine (BDISM)	Outil de saisie et de gestion des données issues des travaux d'échantillonnage et d'analyse de l'imagerie sous-marine, sous la forme d'une base de données relationnelle développée dans Microsoft Access.
Base de données géospatiale (BDG)	Outil de saisie sous la forme d'une Geodatabase de ESRI pour les données de caractérisation des polygones géoréférencés.
Batture	Désigne un vaste étage médiolittoral inférieur (bas estran) meuble à très faible pente. Elle est appelée vasière si les sédiments sont vaseux et slikke si les sédiments sont vaseux et qu'elle est associée à un marais maritime.
Écosystème	La définition utilisée dans le cadre du projet de Cartographie des écosystèmes côtiers du Québec maritime est inspirée de la définition d'habitat du groupe de travail du Conseil international pour l'exploration de la mer (CIEM) : « Un environnement particulier qui peut être distingué par ses caractéristiques abiotiques et ses assemblages biologiques associés, fonctionnant à des échelles spatiales et temporelles particulières, mais dynamiques dans un secteur géographique reconnaissable » (CIEM 2006). Cependant, l'échelle dynamique des écosystèmes n'a pas été incluse dans ce projet, puisqu'elle n'était pas réalisable en considération du grand territoire couvert par la cartographie.
Espèce	Dans ce document, le mot « espèce » est utilisé au sens large du terme, comme on utiliserait le mot « taxon ». Ce choix de terminologie a été fait dans une perspective de vulgarisation. Le terme espèce réfère à un groupe d'organismes désigné par un nom propre possédant des caractères en communs du fait de leur parenté. À certaines occasions, le terme peut faire référence au niveau de classification taxonomique.
Étage	L'étagement correspond à une délimitation de différentes zones/étages du littoral selon leur position verticale par rapport aux niveaux des marées.
Indifférencié	Terme utilisé lorsqu'une composante n'a pas pu être différenciée. Par exemple, un manque d'information pourrait ne pas avoir permis de distinguer avec plus de précision le type végétal (macroalgue, plante vasculaire ou végétation indifférenciée) ou ne pas avoir permis l'attribution d'un niveau taxonomique ou d'une classe par forme et couleur à un organisme observé.
Ligne de rivage	Limite géomorphologique qui correspond approximativement à la limite des pleines mers supérieures de grandes marées (PMSGM), représentant la transition entre les étages médiolittoral et supralittoral. Dans le cas des marais maritimes, la ligne de rivage correspond à la limite entre le schorre supérieur et inférieur, soit approximativement au niveau des pleines mers supérieures de marées moyennes (PMSMM).

Tableau A2 (suite). Lexique des termes. Leur première mention dans le texte est marquée d'une croix (†).

Terme	Définition
Orthophotographie	Les orthophotographies sont des images verticales, ici aériennes, de la surface terrestre qui ont été corrigées pour les déformations dues au relief du terrain, à l'inclinaison de l'axe de prise de vues et à la distorsion de l'objectif et qui ont été géoréférencées. Elles peuvent ainsi être intégrées dans un Système d'information géographique (SIG).
Macroalgue	Algue macroscopique pluricellulaire. Les algues unicellulaires coloniales ne sont pas incluses dans le cadre de ce projet.
Macrophytes	Végétaux aquatiques macroscopiques. Les macrophytes rassemblent les plantes vasculaires aquatiques, incluant les phanérogames, et les macroalgues.
Médiolittoral inférieur	Partie inférieure de la zone de balancement des marées. Il s'étire de la limite inférieure des basses mers (limite de l'étage infralittoral) jusqu'au niveau moyen de la mer (point d'inflexion). Le terme « bas estran » est utilisé par les géographes pour le désigner (Tableau F1).
Médiolittoral supérieur	Partie supérieure de la zone de balancement des marées. Il s'étire du niveau moyen de la mer (point d'inflexion) à la pleine mer supérieure grande marée (limite de l'étage supralittoral). Le terme haut estran est utilisé par les géographes pour le désigner (Tableau F1).
Mosaïque	Produit de la combinaison de plusieurs tuiles adjacentes d'images. En assemblant plusieurs orthophotographies, on peut obtenir une mosaïque qui couvre une plus grande section du territoire.
Photo-interprétation	Processus qui consiste à analyser visuellement des images aériennes ou satellitaires pour collecter des renseignements afin d'identifier et de caractériser les composantes d'un milieu.
Segmentation	Technique de traitement d'images numériques qui consiste à découper le territoire en entités surfaciques (segments), selon des regroupements de pixels voisins présentant des caractéristiques similaires.
Signature spectrale	Propriété de réflectance ou d'émission propre à un objet, en fonction de la longueur d'onde.
Trait de côte	Limite géomorphologique qui marque la fin de la zone d'influence des processus côtiers, la limite entre la côte et l'arrière-côte. Dans les marais maritimes, il s'agit de l'arrière du schorre supérieur, soit lorsque la végétation devient terrestre.
Unité cartographique minimale	En imagerie, plus petite zone identifiée comme un objet dans le jeu de données en sortie (polygone dans la BDG), exprimée en unités au sol.
Végétation	Ensemble des végétaux qui peuplent un même lieu. Terme généralement associé aux plantes, mais utilisé plus largement dans ce rapport afin d'inclure la contribution des algues.
Végétaux	Ce terme est généralement utilisé dans cet ouvrage pour désigner des plantes et algues, producteurs primaires marins réalisant la photosynthèse.

Tableau A2 (suite). Lexique des termes. Leur première mention dans le texte est marquée d'une croix (†).

Terme	Définition
Végétaux érigés	La désignation érigée est utilisée comme adjectif pour décrire la forme d'un végétal qui est redressé. Un végétal érigé occupe un espace tridimensionnel. La forme érigée s'oppose à la forme encroustée.
Végétaux marginaux	Végétaux observés dont la présence ne contribue pas significativement à la détermination de la couverture végétale (Vg_COV). Il peut s'agir de végétaux qui couvrent chacun moins de 25 % du recouvrement total des végétaux érigés ou de végétaux en sous-canopée. Pour un polygone donné, les végétaux érigés observés qui ne figurent pas dans les champs Vg_TYPEs de la BDG sont inscrits dans le champ des végétaux marginaux.
Zéro des cartes	Niveau de référence des basses eaux d'une carte. Le SHC utilise la basse mer inférieure, grande marée ou la marée normale la plus basse comme niveau de référence pour le zéro de ses cartes couvrant les eaux tidales. Le terme zéro hydrographique peut aussi être utilisé.
Zone prioritaire	Compte tenu de la grande étendue de la région d'étude et des contraintes logistiques associées à l'utilisation de petites embarcations en milieu côtier peu profond, les campagnes sur le terrain ont été réalisées au sein de zones prioritaires. Les zones prioritaires sont sélectionnées en considération de critères logistiques et des environnements côtiers présents dans le secteur.

ANNEXE B. APERÇU GLOBAL DE LA COUVERTURE DU PROJET

Tableau B1. Aperçu global de la couverture du projet de Cartographie des écosystèmes côtiers du Québec maritime, en matière de cartographie et d'effort d'échantillonnage (pour plus d'information sur les stations d'échantillonnage du MPO, voir Grégoire et al. 2024). Seules les îles cartographiées apparaissent dans la liste.

Région administrative	MRC	Précision sur la région d'étude	Stations d'échantillonnage MPO	Stations d'échantillonnage UQAR
Rive Sud				
Chaudière-Appalache	Bellechasse		0	174
	Montmagny		0	146
	L'Islet		0	77
Bas-Saint-Laurent	Kamouraska		124	452
	Rivière-du-Loup	Inclus l'île Verte	113	186
	Les Basques		30	60
	Rimouski-Neigette	Inclus l'île Saint-Barnabé	175	63
	La Mitis		91	131
	La Matanie		36	91
	Gaspésie-Îles-de-la-Madelaine	La Haute-Gaspésie		226
La Côte-de-Gaspé			285	408
Le Rocher-Percé		Inclus l'île Plate et l'île Bonaventure	347	196
Bonaventure			304	160
Avignon		Depuis l'embouchure de la Matapédia	174	188
Communauté maritime des Îles-de-la-Madeleine		Inclus L'Île-d'Entrée	0	442

Tableau B1 (suite). Aperçu global de la couverture du projet, en termes de cartographie des écosystèmes côtiers et d'effort d'échantillonnage (pour plus d'information sur les stations d'échantillonnage du MPO, voir Grégoire et al. 2024). Seules les îles cartographiées apparaissent dans la liste.

Région administrative	MRC	Précision sur la région d'étude	Stations d'échantillonnage MPO	Stations d'échantillonnage UQAR
Rive Nord				
Capitale-Nationale	La Côte-de-Beaupré		0	128
	L'Île-d'Orléans		0	194
	Charlevoix	Inclus L'Île-aux-Coudres	2	129
	Charlevoix-Est		107	84
Côte-Nord	La Haute-Côte-Nord		215	63
	Manicouagan		137	122
	Sept-Rivières	Inclus l'île aux Œufs, l'Île du Petit et du Grand Caoui et l'Île aux cormorans	80	359
	Minganie	Inclus l'île du Havre de Mingan, La Petite et la Grosse Romaine, l'île Niapiskau, l'île du Fantôme, l'Île à Firmin, l'île du Havre, la Grosse île au Marteau et Port-Menier sur l'île d'Anticosti	513	216
	Le Golfe-du-Saint-Laurent	Seulement Kegaska, La Romaine, Chevery et Blanc-Sablon	0	0

ANNEXE C. DÉTAILS DES LIGNES DE VOLS EFFECTUÉES ENTRE 2015 ET 2020

Tableau C1. Détail des lignes de vols effectuées entre 2015 et 2020 pour l'acquisition des orthophotographies.

Année	Compagnie	Secteur	Étendue	Nombre de lignes de vol réalisées et numéros	Distance totale couverte par les lignes de vols (km)	Date du vol	Heure de départ	Heure d'arrivée	Nb photos
2015	Aeroscan/P HB	Estuaire maritime (rive sud)	Pointe Sainte-Anne à Rivière-du-Loup	8 (1 à 8)	260	21-sept-15	13h50	19h05	254
2016	Aeroscan/P HB	Estuaire maritime (rive nord)	Point Parent à Sept-Îles	6 (1 à 6)	556	04-oct-16	7h55	12h45	468
2016	Aeroscan/P HB	Estuaire maritime (rive nord)	Tadoussac à Sept-Îles	12 (7 à 18)	502	05-oct-16	9h10	13h40	527
2018	Aeroscan/P HB	Estuaire moyen	Île aux Lièvres à l'île d'Orléans	12 (100 à 111)	407	24-sept-18	13h40	17h50	322
2018	Aeroscan/P HB	Sud de la Gaspésie/Ba ie-des- Chaleurs	Pointe-Saint- Pierre à Dalhousie	10 (211 à 220)	363	16-sept-18	13h45	18h31	294
2019	Aeroscan/P HB	Nord de la Gaspésie	Cap-Chat à Pointe St - Pierre	10 (201 à 210)	403	18-sept-19	14h08	18h41	327
2019	Aeroscan/P HB	Anticosti (rive sud)	Pointe-de- l'Ouest à Pointe-Health	9 (301 à 309)	253	21-sept-19	10h56	15h08	200

Tableau C1 (suite). Détail des lignes de vols effectuées entre 2015 et 2020 pour l'acquisition des orthophotographies.

Année	Compagnie	Secteur	Étendue	Nombre de lignes de vol réalisées et numéros	Distance totale couverte par les lignes de vols (km)	Date du vol	Heure de départ	Heure d'arrivée	Nb photos
2019	Aeroscan/P HB	Anticosti (rive nord)	Pointe-de-l'Ouest à Pointe-Health	10 (401 à 410)	259	21-sept-19	15h56	19h16	204
2020	Airborne Sensing Corporation	Nord du Golfe (ouest)	Île aux Perroquets à la baie de la Grande-Hermine	5 (601 à 605)	100	21-sept-20	13h28	15h29	882

ANNEXE D. SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES DES CAPTEURS UTILISÉS POUR LA PRODUCTION D'ORTHOPHOTOGRAPHIES AÉRIENNES



UltraCam-Xp Technical Specifications

Image Product Specification

Image format
Analogous to an aerial film image at a format of 23 cm x 15 cm, scanned at 13 µm

Image data formats
Image storage format in level 2
Color at level 3

JPEG; TIFF with options for 8 and 16 bits, standard tiff format
Full resolution panchromatic, separate color channels at color resolution
Full resolution R, G, B, Near-IR channels, planar or pixel-interleaved

Digital Camera Technical Data (Sensor Unit S-X)

Panchromatic image size
Panchromatic physical pixel size
Input data quantity per image
Physical format of the focal plane
Panchromatic lens focal distance
Lens aperture
Angle-of-view from vertical, cross track (along track)
Color (multi-spectral capability)
Color image size
Color physical pixel size
Color lens system focal distance
Color lens aperture
Color field of view from vertical, cross track (along track)
Shutter speed options
Forward-motion compensation (FMC)
Maximum FMC-capability
Pixel size on the ground (GSD) at flying height of 500 m (at 300m)
Frame rate per second (minimum inter-image interval)
Analog-to-digital conversion at
Radiometric resolution in each color channel
Physical dimensions of the camera unit
Weight
Power consumption at full performance

17,310 * 11,310 pixels
6 µm
624 Mega Bytes
104 mm * 68.4 mm
100 mm
f = 1/5.6
55° (37°)
4 channels -- RGB & NIR
5,770 * 3,770 pixels
6 µm
33 mm
f = 1/4.0
55° (37°)
1/500 to 1/32
TDI controlled
50 pixels
2.9 cm (1.8 cm)
1 frame per 2 seconds
14 bits
>12 bit
45cm x 45cm x 60 cm
~ 55 kg
150 W

In Flight Data Storage D-X and Data Processing C-X

In-flight storage capacity
In-flight capacity to collect uncompressed frames
Method of exchanging D-X units in-flight
Configuration of Storage D-X and Computing C-X
Redundancy
Data transfer into office environment
Physical dimensions
Weight of C-X + 2 D-X
Weight of C-X
Weight of single D-X
Power consumption at full performance

Unlimited with use of multiple data units D-X; per D-X unit ~4.2 TB
Unlimited with multiple D-X units; per D-X unit ~ 6600 images
In less than 3 minutes
C-X with 14 Pentium-M CPUs; each D-X with 14 disks
Storing mirror images of the data on two DX units
Removable D-X data units; docking station (optionally mobile)
Width 50cm x Depth 36cm x Height 65 cm
< 92 kg
~ 65 kg
~ 16 kg
700 W

Operational Specification

Data collection period at 70% & 20 % overlap, at 20 cm GSD (film scale 1:10,000), 140knts
Post-processing of collected raw images
Data transfer from aircraft to office
Mounting of the camera
Flight planning support
Exterior orientation support
Photogrammetric Production
Image geometric accuracy

11 hours per single D-X unit
OPC Software, Mobile Server, Office PC Network, Laptop, C-X
Shipping of D-X, or transfer to high capacity storage medium via Mobile Server
Using adapter ring for all current film camera mounts (PAV-30, Z/I-T-AS, GSM3000)
Compatible with commercial systems (CCNS-4, Trackair, Vega,)
Compatible with DGPS/IMU systems (IGI's Aero-Control, Applinix PDS-AV)
TIFF-output compatible with Customer's photogrammetric production software
Approximately ±2 µm



For more Information, contact:

Vexcel Imaging GmbH | a Microsoft company
Anzengrubergrasse 8
A-8010 Graz, Austria
mpsiinfo@microsoft.com | www.ultracam.com

© 2008, Microsoft Corp. All rights reserved. Microsoft, Vexcel Imaging GmbH, UltraCamD, UltraCamX, and UltraCam are either registered trademarks or trademarks of Microsoft Corporation in the United States and/or other countries.

Figure D1. Spécifications techniques des capteurs utilisés pour la production d'orthophotographies aériennes.

ANNEXE E. CHAMPS DE LA BASE DE DONNÉES GÉOSPATIALE DES ÉCOSYSTÈMES CÔTIERS (UQAR-MPO)

Tableau E1. Liste des champs de la base de données géospatiale des écosystèmes côtiers. Des domaines attributaires sont utilisés pour les champs ayant des menus déroulants comme méthode de saisie des données. Les champs comportant un astérisque sont ceux obligatoirement remplis dans la BDG lors de la photo-interprétation.

Nom du champ ou du domaine	Alias	Type de donnée	Longueur	Méthode de saisie
ETAGEMENT*	Étage sur le profil côtier	Texte	30	Menu déroulant
SUBSTRAT_1*	Premier, deuxième et troisième type de substrat en ordre	Texte	40	Menu déroulant
SUBSTRAT_2	décroissant de dominance			
SUBSTRAT_3				
Vg_COV*	Couverture végétale	Texte	25	Menu déroulant
Vg_TYPE_1*	Premier, deuxième, troisième et quatrième type végétal	Texte	50	Menu déroulant
Vg_TYPE_2	en ordre décroissant d'abondance			
Vg_TYPE_3				
Vg_TYPE_4				
Vg_TAXO_1	Genre ou espèce du premier, deuxième, troisième et quatrième	Texte	50	Menu déroulant
Vg_TAXO_2	type végétal en ordre décroissant d'abondance			
Vg_TAXO_3				
Vg_TAXO_4				
Vg_MORPH_1	Forme et couleur du premier, deuxième, troisième et quatrième	Texte	55	Menu déroulant
Vg_MORPH_2	type végétal en ordre décroissant d'abondance			
Vg_MORPH_3				
Vg_MORPH_4				
Enc_COV	Couverture d'algues encroûtantes	Texte	25	Menu déroulant
Enc_MORPH	Forme et couleur des algues encroûtantes	Texte	100	Menu déroulant

Tableau E1 (suite). Liste des champs de la base de données géospatiale des écosystèmes côtiers. Des domaines attributaires sont utilisés pour les champs ayant des menus déroulants comme méthode de saisie des données. Les champs comportant un astérisque sont ceux obligatoirement remplis dans la BDG lors de la photo-interprétation.

Nom du champ ou du domaine	Alias	Type de donnée	Longueur	Méthode de saisie
Vg_ECO	Assemblage végétal	Texte	105	Code Python ou saisie manuelle (données de terrain du MPO)
Vg_DOM	Dominance végétale (synthèse des végétaux érigés dominants)	Texte	150	Code Python
Vg_Zostere*	Présence de zostère (peu importe sa couverture)	Texte	5	Saisie manuelle (oui ; non ; p-ê)
Vg_NOTES	Végétaux marginaux présents	Texte	255	Saisie manuelle (énumération)
sp_ANIML	Animaux observés sur le terrain	Texte	255	Saisie manuelle (énumération)
Anthro_TYP	Élément anthropique présent	Texte	35	Menu déroulant
Geo_SYST*	Système géomorphologique en place	Texte	25	Menu déroulant
Geo_ELEM_1	1 ^{er} élément géomorphologique en matière de superficie	Texte	45	Menu déroulant
Geo_ELEM_2	2 ^e élément géomorphologique observé en matière de superficie	Texte	45	Menu déroulant
Ile*	Composante d'une île	Texte	5	Saisie manuelle (oui ; non ; pile - pour « presque île »)
ECOSYSTEME	Nom de l'écosystème côtier détaillé	Texte	255	Code Python
ECO_simp	Nom de l'écosystème côtier	Texte	100	Code Python
Transition	Schorre en transition	Texte	5	Saisie manuelle (oui ; vide)
Comm_valid	Commentaires liés à la validation des données	Texte	255	Saisie manuelle
Comm_gen	Commentaires généraux	Texte	255	Saisie manuelle
Valid_terr	Source(s) de la validation terrain	Texte	35	Menu déroulant
MRC	Nom de la Municipalité régionale de comté	Texte	50	Menu déroulant
No_LDGIZC	Nombre séquentiel pour l'identifiant unique	Texte	6	Code Python

Tableau E1 (suite). Liste des champs de la base de données géospatiale des écosystèmes côtiers. Des domaines attributaires sont utilisés pour les champs ayant des menus déroulants comme méthode de saisie des données. Les champs comportant un astérisque sont ceux obligatoirement remplis dans la BDG lors de la photo-interprétation.

Nom du champ ou du domaine	Alias	Type de donnée	Longueur	Méthode de saisie
ID_LDGIZC	Identifiant unique du polygone	Texte	50	Code Python
Modif_pers	Identifiant de la dernière personne ayant modifié le polygone	Texte	50	Saisie automatique
Modif_date	Dernière date d'édition du polygone	Date	na	Saisie automatique
Shape_length	Périmètre du polygone (m ²)	double	na	Saisie automatique
Shape_area	Aire du polygone (m ²)	double	na	Saisie automatique
IMG_source	Source et année de l'imagerie utilisée	Texte	100	Menu déroulant
REG_ADM	Régions administratives	Texte	50	Menu déroulant

ANNEXE F. VALEURS DES CHAMPS (DOMAINES) DE LA BASE DE DONNÉES GÉOSPATIALES DES ÉCOSYSTÈMES CÔTIERS (BDG)

Tableau F1. Étages du profil côtier (ETAGEMENT)

Code	Description	Remarques
supl	supralittoral	Zone du littoral qui n'est humectée que par les embruns et qui n'est submergée que par les vagues des tempêtes lors des plus grandes marées. Il s'agit par exemple des falaises côtières, terrasses de plage, flèches littorales, etc.
he	haut estran	Partie supérieure de l'estran allant de la ligne de rivage à la flexure. La partie supérieure de l'estran peut être complètement inondée lors des plus grandes marées de vives eaux. Il compose l'étage médiolittoral avec le bas estran.
be	bas estran	Partie inférieure de l'estran subissant quotidiennement l'effet des marées, soit découvert à marée basse et complètement submergé à marée haute. Il compose l'étage médiolittoral avec le haut estran.
il	infralittoral	Zone du littoral constamment submergée située sous la limite des plus basses marées. L'étage infralittoral correspond à la zone photique, soit la zone d'influence de la lumière permettant la photosynthèse.

Tableau F2. Couverture végétale (Vg_COV et ENC_COV). Classes de recouvrement des végétaux érigés (Vg_COV) ou encrouants (ENC_COV) dans un polygone.

Code	Description	Définition	Notes méthodologiques
nv	non végétalisé (0-1 %)	Couverture végétale absente ou inférieure à 1 %	Lorsque la couverture végétale est de moins de 1 %, les végétaux marginaux sont inscrits dans le champ Vg_NOTES.
pv	peu végétalisé (1-25 %)	Couverture végétale totalisant entre 1 % et 25 % de la superficie du polygone	-
sv	semi-végétalisé (25-75 %)	Couverture végétale totalisant entre 25 % et 75 % de la superficie du polygone	-
vg	végétalisé (75-100 %)	Couverture végétale totalisant entre 75 % et 100 % de la superficie du polygone	-
nd	non déterminé	Couverture végétale non déterminée	Impossible de distinguer s'il y a présence ou non de végétaux à l'intérieur du polygone.

Tableau F3. Type végétal (Vg_TYPE_1 ; 2 ; 3 ; 4). Types de végétaux érigés (non encroustants) présents dans le polygone, en ordre d'importance. Ce champ est associé aux champs Vg_TAXO et Vg_MORPH correspondants. Ces champs sont remplis seulement si la classe de couverture végétale d'un polygone est supérieure à 1 %. Les types de végétaux inscrits doivent représenter au moins 25 % du recouvrement total des végétaux présents dans le polygone.

Code	Description	Notes méthodologiques
aga	agaracées	-
ahn	ahnfeltiacées	-
al	algue(s) indifférenciée(s)	Algues non identifiables (ni par un taxon, ni par la forme et couleur)
ala	alariacées	-
ali	alismatacées	-
alm	algues mixtes	Il y a un grand mélange d'algues (plus de 4 types, qui occupent donc moins de 25 % de la végétation totale chacune)
api	apiacées	-
apv	autre(s) plante(s) vasculaire(s)	Autres plantes vasculaires qui ne font pas partie d'un groupe taxonomique de cette liste
arbo	arborescente	-
arbu	arbustive	-
ast	astéracées	-
ban	bangiacées	-
car	carex	-
cer	céramiales	-
cho	chordacées	-
choi	chordariacées	-
cla	cladophoracées	-
coof	corallinacées	-
del	delesseriacees	-
des	desmarestiacées	-
dum	dumontiacées	-
ect	ectocarpales	-
fuc	fucacées	-
gig	gigartinacées	-
gigl	gigartinales	-
hal	halosiphonacées	-
her	herbacée	-
hyd	hydrocharitacées	-
jon	joncs	-
jun	juncaginacées	-
lamc	laminariacées	-
laml	laminariales	-
lyt	lythracées	-
myr	myricacées	-
nd	non déterminé	Il n'est pas possible de distinguer la présence ou l'absence de végétaux

Tableau F3 (suite). Type végétal (Vg_TYPE_1;2;3;4). Types de végétaux érigés (non encroustants) présents dans le polygone, en ordre d'importance. Ce champ est associé aux champs Vg_TAXO et Vg_MORPH correspondants. Ces champs sont remplis seulement si la classe de couverture végétale d'un polygone est supérieure à 1%. Les types de végétaux inscrits doivent représenter au moins 25% du recouvrement total des végétaux présents dans le polygone.

Code	Description	Notes méthodologiques
nv	non végétalisé	La classe de couverture végétale est « non végétalisé » (0-1 %)
pal	palmariaçées	-
hy	phyllophoracées	-
phyl	phyllariacées	-
poa	poacées	-
pod	polyidacées	-
pol	polygonacées	-
pot	potamogetonacées	-
pri	primulacées	-
pti	ptilotées	-
pvi	plante(s) vasculaire(s) indifférenciée(s)	Plante vasculaire dont le taxon est non identifiable
pvm	plantes vasculaires mixtes	Il y a un grand mélange de plantes vasculaires (plus de 4 types, qui occupent donc moins de 25 % de la végétation totale chacune)
rho	rhodomélacées	-
ros	rosacées	-
rosc	roseau commun	-
rup	ruppiacées	-
saleu	saules	-
saleu	salicorne de virginie	-
sci	scirpes	-
scy	scytosiphonacées	-
spaal	spartine alterniflore	-
spaet	spartine étalée	-
spape	spartine pectinée	-
spec	spergulaire du Canada	-
typ	typhacées	-
vind	végétation indifférenciée	Il n'y a pas assez d'informations pour distinguer s'il s'agit d'un banc d'algues ou d'un herbier de plantes vasculaires
vm	végétation mixte	Il y a un grand mélange de végétaux, incluant des macroalgues et des plantes vasculaires (plus de 4 types, qui occupent donc moins de 25 % de la végétation totale chacune)
zo	zostère marine	-

Tableau F4. Genre ou espèce du végétal (Vg_TAXO_1 ; 2 ; 3 ; 4). Classification taxonomique de l'individu au taxon identifiable le plus précis, en ordre d'importance. Ce champ est associé aux champs Vg_TYPE et Vg_MORPH correspondants.

Code	Description	nom vernaculaire
agcl	<i>Agarum clathratum</i>	agar criblé
ahpl	<i>Ahnfeltia sp.</i>	-
ales	<i>Alaria esculenta</i>	alarie succulente
asco	<i>Ascophyllum nodosum</i>	ascophylle noueuse
chame	<i>Chaetomorpha sp.</i>	-
chocr	<i>Chondrus crispus</i>	mousse d'Irlande
chofi	<i>Chorda sp.</i>	-
chofl	<i>Chordaria sp.</i>	-
coof	<i>Corallina officinalis</i>	-
desp	<i>Desmarestia sp.</i>	-
dera	<i>Devaleraea ramentacea</i>	-
fudi	<i>Fucus distichus distichus</i>	-
fued	<i>Fucus distichus edentatus</i>	fucus denté
fuev	<i>Fucus distichus evanescens</i>	fucus évanescent
fuse	<i>Fucus serratus</i>	fucus dentelé
fusp	<i>Fucus sp.</i>	-
fuspi	<i>Fucus spiralis</i>	fucus spiralé
fuve	<i>Fucus vesiculosus</i>	fucus vésiculeux
choto	<i>Halosiphon tomentosus</i>	-
ladi	<i>Laminaria digitata</i>	laminaire digitée
meal	<i>Membranoptera alata</i>	-
odde	<i>Odonthalia dentata</i>	-
papa	<i>Palmaria palmata</i>	main de mer palmée
phru	<i>Phycodrys sp.</i>	-
poro	<i>Polyides rotunda</i>	-
rhco	<i>Rhodomela confervoides</i>	-
rhly	<i>Rhodomela lycopodioides</i>	-
sala	<i>Saccharina latissima</i>	laminaire saccharine, laminaire sucrée
salo	<i>Saccharina longicuris</i>	laminaire à long stipe
sade	<i>Saccorhiza dermatodea</i>	-
atpr	<i>Atriplex prostrata</i>	arroche hastée
bicer	<i>Bidens cernua</i>	bident penché
bihy	<i>Bidens hyperborea</i>	bident hyperboréal
boma	<i>Bolboschoenus maritimus</i>	scirpe maritime
buum	<i>Butomus umbellatus</i>	butome à ombelle
calb	<i>Calamagrostis breviligulata</i>	ammophile à ligule courte
caca	<i>Calamagrostis canadensis</i>	calamagrostide du Canada
capa	<i>Carex paleacea</i>	carex paléacé
elpa	<i>Eleocharis palustris</i>	éléocharide des marais
eupe	<i>Eupatorium perfoliatum</i>	eupatoire perfoliée

Tableau F4 (suite). Genre ou espèce du végétal (Vg_TAXO_1;2;3;4). Classification taxonomique de l'individu au taxon identifiable le plus précis, en ordre d'importance. Ce champ est associé aux champs Vg_TYPE et Vg_MORPH correspondants.

Code	Description	nom vernaculaire
euma	<i>Eutrochium maculatum</i>	eupatoire maculée
hoju	<i>Hordeum jubatum</i>	orge queue-d'écureuil
juge	<i>Juncus gerardi</i>	jonc de Gérard
lear	<i>Leymus arenarius</i>	élyme des sables d'Europe
lisc	<i>Ligusticum scoticum</i>	livèche d'Écosse
lica	<i>Limonium carolinianum</i>	limonium de Caroline
lyma	<i>Lysimachia maritima</i>	glaux maritime
lysa	<i>Lythrum salicaria</i>	salicaire commune
myr	<i>Myrica gale</i>	myrique baumier
mor	<i>Morella pensylvanica</i>	myrique de pensylvanie (IDLDM)
Naj	<i>Najas flexilis</i>	naïade flexible
pehy	<i>Persicaria hydropiper</i>	renouée poivre-d'eau
phau	<i>Phragmites australis</i>	roseau commun
plma	<i>Plantago maritima</i>	plantain maritime
pope	<i>Potamogeton perfoliatus</i>	potamot perfolié
pota	<i>Potamogeton sp.</i>	potamot sp.
poan	<i>Potentilla anserina</i>	potentille ansérine
rup	<i>Ruppia maritima</i>	ruppie maritime
sagl	<i>sagittaria latifolia</i>	sagittaire à large feuilles
sag	<i>sagittaria sp.</i>	sagittaire sp.
saeu	<i>Salicornia depressa</i>	salicorne de Virginie
sal	<i>Salix sp.</i>	saule sp.
scam	<i>Schoenoplectus pungens</i>	scirpe d'Amérique/piquant
sct	<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>	scirpe des étangs
sisu	<i>Sium suave</i>	berle douce
sose	<i>Solidago sempervirens</i>	verge d'or toujours verte
soar	<i>Sonchus arvensis</i>	laiteron des champs
spaal	<i>Sporobolus alterniflorus</i>	spartine alterniflore
sppa	<i>Sporobolus pumilus</i>	spartine étalée
sppe	<i>Sporobolus michauxianus</i>	spartine pectinée
spca	<i>Spergularia canadensis</i>	spergulaire du Canada
sypu	<i>Symphyotrichum puniceum</i>	aster ponceau
Trim	<i>Triglochin maritima</i>	troscart maritime
ziaq	<i>Zizania aquatica</i>	zizanie naine
zoma	<i>Zostera marina</i>	zostère marine

Tableau F5. Forme et couleur des algues érigées (Vg_MORPH_1 ; 2 ; 3 ; 4). Ce champ est associé aux champs Vg_TYPE et Vg_TAXO correspondants.

Code	Description
abf	algues brunes filamenteuses aplaties ou foliacées
abfdr	algues brunes filamenteuses délicates ramifiées
abfenr	algues brunes filamenteuses épaisses non ramifiées
abfer	algues brunes filamenteuses épaisses ramifiées
abl	algues brunes en lanière
abld	algues brunes en lames délicates
abml	algues brunes membraneuses ou en lame
abmlp	algues brunes membraneuses ou en lame (petites)
abts	algues brunes tubulaires ou en sac
afd	algues filamenteuses délicates
afdr	algues filamenteuses délicates ramifiées
afer	algues filamenteuses épaisses ramifiées
aif	algues indifférenciées filamenteuses
aiml	algues indifférenciées membraneuses ou en lame
aits	algues indifférenciées tubulaires ou en sac
arfaf	algues rouges filamenteuses aplaties ou foliacées
arfdr	algues rouges filamenteuses délicates ramifiées
arfer	algues rouges filamenteuses épaisses ramifiées
arml	algues rouges membraneuses ou en lame
arts	algues rouges tubulaires ou en sac
avfdr	algues vertes filamenteuses délicates ramifiées
avfenr	algues vertes filamenteuses épaisses non ramifiées
avi	algues vertes indifférenciées
avml	algues vertes membraneuses ou en lame
avnf	algues vertes non filamenteuses
avt	algues vertes tubulaires ou en sac

Tableau F6. Types et granulométrie des substrats (SUBSTRAT_1 ; 2 ; 3). Les principaux types de substrats présents à l'échelle d'un polygone sont identifiés par ordre de dominance. Un substrat doit représenter 25 % du recouvrement total pour être inscrit. Jusqu'à trois types de substrats peuvent être notés.

Code	Description	Remarques
siag	limon-argile	Inférieur à 62 microns. Associé à un dépôt quaternaire (argile glaciomarine) et peut avoir plusieurs mètres d'épaisseur.
s	sable	62 microns à 2 mm
sf	sable fin	62 microns à 0,25 mm
smg	sable moyen grossier	0,25 mm à 2 mm
g	gravier	2 à 64 mm
ga	galets	64 à 256 mm
bl	blocs	256 mm et plus
mig	sédiments mixtes grossiers	Peut inclure toutes les fractions supérieures au silt-argile (sable, gravier, galets, blocs) sans classe dominante
sgnd	sédiments grossiers indéterminés	Graviers ou galets ou blocs
va	vase	Dépôt récent de sédiments fins (surtout inférieurs à 62 microns) constitués majoritairement de particules d'argile et de limon (≈75 à 100 %) pouvant contenir une faible proportion (≈0 à 25 %) de particules de sable et de la matière organique.
sva	sablo-vaseux	Sédiment fin constitué d'un mélange sans prédominance de particules d'argile/limon (≈25 à 75 %) et de sable (≈25 à 75 %).
mo	matière organique	Accumulation (tapis) de matières végétales déchetées pouvant parfois être en décomposition. Les schorres supérieurs ont souvent une forte proportion de matière organique.
r	rocheux	Roche mère (socle rocheux)
rplag	rocheux avec placages	Roche mère dont les petites dépressions de surface sont couvertes par une mince couche de sédiments.
ant	anthropique	Présence d'un élément anthropique. La nature de l'élément anthropique est spécifiée dans le champ Anthro_TYP.
nd	nd	Classe utilisée lorsqu'il n'est pas possible d'identifier le type de substrat.

Tableau F7. Source des données d'échantillonnage terrain disponible (Valid_Terr). La source des données est attribuée aux polygones qui contiennent une ou plusieurs station(s) d'échantillonnage.

Code	Description	Remarques
uq18	UQAR 2018	Campagne de validation terrain conduite par l'UQAR à l'été 2018 (Personnes responsables : Steeve Dugas et Christian Fraser) permettant de valider certains questionnements majoritairement relatifs à la cartographie de l'estran (mais parfois aussi à la limite supérieure de l'étage infralittoral). Les points ont été visités à pied et l'information a été recueillie dans des bases de données spatiales de validation, qui ont été utilisées pour aider à la caractérisation de certains polygones.
uq19	UQAR 2019	-
uq20	UQAR 2020	Campagne de validation réalisée par l'UQAR à l'été 2020 aux Îles-de-la-Madeleine, en partie financée par les Fonds de restauration côtière (MPO).
iml18	MPO 2018	Campagne de validation terrain financée par le MPO à l'été 2018 consistant en la prise de vidéos sous-marines, majoritairement dans la zone infralittorale côtière 0-7 m, à des points de validation prédéterminés sur les deux rives de l'estuaire maritime.
iml19	MPO 2019	Campagne de validation terrain financée par le MPO à l'été 2019 consistant en la prise de vidéos sous-marines, majoritairement dans la zone infralittorale côtière 0-7 m, à des points de validation prédéterminés dans la baie des Chaleurs et dans l'estuaire moyen.
iml20	MPO 2020	Campagne de validation terrain financée par le MPO à l'été 2020 consistant en la prise de vidéos sous-marines, majoritairement dans la zone infralittorale 0-7 m, à des points de validation prédéterminés sur la Côte-Nord et la péninsule de la Gaspésie.
iml21	MPO 2021	Campagne de validation terrain financée par le MPO à l'été 2021 consistant en la prise de vidéos sous-marines, majoritairement dans la zone infralittorale (0-7 m), à des points de validation prédéterminés sur la péninsule de la Gaspésie et sur la Côte-Nord.
zse16	MPO 2016	Partenariat initié par Serge Proulx (IML, MPO) avec le Comité ZIP Sud-de-l'Estuaire pour la prise de photos et de vidéos de terrain à l'été 2016 sur la rive sud de l'estuaire maritime servant à valider visuellement le substrat, le type et le recouvrement végétal sur l'estran.
zse17	MPO 2017	Partenariat initié par Serge Proulx (IML, MPO) avec le Comité ZIP Sud-de-l'Estuaire pour tester la méthode de prise de vidéos sous-marines dans la zone infralittorale à l'été 2017 sur la rive sud de l'estuaire maritime.

Tableau F7 (suite). Source des données d'échantillonnage terrain disponible (Valid_Terr). La source des données est attribuée aux polygones qui contiennent une ou plusieurs station(s) d'échantillonnage.

Code	Description	Remarques
zse1617	Comité ZIP SE 2016 et MPO 2017	Deux points de validation de source différente se retrouvent dans un même polygone.
iml18zse17	MPO 2017 et 2018	Deux points de validation de source différente se retrouvent dans un même polygone.
iml18zse16	MPO 2016 et 2018	Deux points de validation de source différente se retrouvent dans un même polygone.
uq18zse16	MPO 2016 et UQAR 2018	Deux points de validation de source différente se retrouvent dans un même polygone.
uq18zse17	MPO 2017 et UQAR 2018	Deux points de validation de source différente se retrouvent dans un même polygone.
uq18iml18	UQAR 2018 et MPO 2018	Deux points de validation de source différente se retrouvent dans un même polygone.
uq18iml21	UQAR 2018 et MPO 2021	Deux points de validation de source différente se retrouvent dans un même polygone.
uq19iml19	UQAR 2019 ET MPO 2019	Deux points de validation de source différente se retrouvent dans un même polygone.
uq18iml20	UQAR 2018 et MPO 2020	Deux points de validation de source différente se retrouvent dans un même polygone.
uq19iml20	UQAR 2019 et MPO 2020	Deux points de validation de source différente se retrouvent dans un même polygone.
uq19iml21	UQAR 2019 et MPO 2021	Deux points de validation de source différente se retrouvent dans un même polygone.
uq19zse16	MPO 2016 et UQAR 2019	Deux points de validation de source différente se retrouvent dans un même polygone.
iml19zse16	MPO 2016 et 2019	Deux points de validation de source différente se retrouvent dans un même polygone.

Tableau F7 (suite). Source des données d'échantillonnage terrain disponible (Valid_Terr). La source des données est attribuée aux polygones qui contiennent une ou plusieurs station(s) d'échantillonnage.

Code	Description	Remarques
imldex	MPO - Données de terrain extrapolées	Identifie les polygones où une extrapolation de données provenant de stations d'échantillonnage du MPO à proximité a été réalisée
ZIP08	Comité ZIP des Îles, 2008	
ZIP15	Comité ZIP des Îles, 2015	

Tableau F8. Systèmes géomorphologiques (Geo_SYST). Ils représentent des systèmes meubles ou rocheux qui ont des caractéristiques géomorphologiques semblables. Chaque système géomorphologique peut contenir plusieurs éléments géomorphologiques et peut être composé de plusieurs écosystèmes.

Code	Description	Remarques
bem	bas estran meuble	Bas estran dont le substrat principal est meuble. Il correspond à la portion de l'estran s'étirant généralement de la flexure jusqu'à la limite inférieure des basses mers.
ber	bas estran rocheux	Bas estran dont le substrat principal est le socle rocheux. Sur les bas estrans rocheux, la flexure est souvent absente et la limite supérieure correspond plutôt à la limite des algues.
ba	batture	Vaste bas estran meuble à très faible pente. Appelée vasière si les sédiments sont vaseux. Appelée slikke si les sédiments sont vaseux et si elle est associée à un marais maritime.
che	chenal estuarien	Portion d'un chenal creusé et maintenu par le courant d'eau douce d'une rivière dont l'eau salée est présente à marée haute.
d	delta	Accumulation de sédiments par un cours d'eau à son embouchure. Comprends souvent un chenal principal et des chenaux secondaires. Les petits deltas de bas estran font aussi partie de cette classe.
dm	delta de marée	Accumulation sédimentaire aux extrémités d'une passe (goulet) (<i>tidal delta</i> en anglais). Il peut s'agir d'un delta de flot créé par la marée montante (<i>flood delta</i>) ou d'un delta de jusant créé par la marée baissante (<i>ebb-tidal delta</i>).
ec	écueil	Rocher ou amoncellement de roches à fleur d'eau sur le bas estran ou dans la zone infralittorale (<i>breaker</i> en anglais). Cette forme de relief, de taille réduite et qui rend l'estran irrégulier, peut être de forme allongée, notamment dans un contexte appalachien. Écueil peut aussi être utilisé pour des blocs glaciels ou erratiques.
her	haut estran rocheux	Haut estran dont le substrat principal est le socle rocheux. Sur les hauts estrans rocheux, la flexure est souvent absente et la limite inférieure correspond plutôt à la limite des algues.
inm	infralittoral meuble	Zone infralittorale dont le substrat principal est meuble.
inr	infralittoral rocheux	Zone infralittorale dont le substrat principal est rocheux.
la	lagune	Étendue d'eau salée ou saumâtre séparée de la mer par un cordon ou une flèche littorale et avec laquelle elle communique par un étroit passage (passe) [<i>lagoon</i> en anglais].

Tableau F8 (suite). Systèmes géomorphologiques (Geo_SYST). Ils représentent des systèmes meubles ou rocheux qui ont des caractéristiques géomorphologiques semblables. Chaque système géomorphologique peut contenir plusieurs éléments géomorphologiques et peut être composé de plusieurs écosystèmes.

Code	Description	Remarques
ma	marécage intertidal	Portion du haut estran pouvant être inondée aux pleines mers supérieures de grandes marées (PMSGM). Il s'agit d'un milieu humide caractérisé par une végétation arbustive et/ou arborescente représentant plus de 25 % de la couverture végétale. Une végétation herbacée de plantes vasculaires mixtes peut aussi être présente. Le marécage intertidal se situe dans le haut estran puisqu'il est régi par les dynamiques de marées. Ce géosystème se retrouve majoritairement dans des régions caractérisées par une eau saumâtre, notamment dans la portion en amont de l'estuaire moyen et la fin de l'estuaire fluvial (MRC de l'île d'Orléans, Côte-de-Beaupré et Bellechasse).
pla	plage	Accumulation littorale de faible pente et constituée de sédiments allant du sable au bloc (<i>beach</i> en anglais). Au sens strict, la plage représente le haut estran meuble et se situe entre la ligne de rivage et la flexure.
pl	platier	Estran rocheux à très faible pente, dont la surface est relativement plane.
si	schorre inférieur	Les marais maritimes sont des zones d'accumulation de sédiments fins colonisées par de la végétation herbacée généralement halophile (<i>tidal marsh, coastal marsh</i> en anglais). Le schorre inférieur représente la partie inférieure du marais et est recouvert à chaque marée haute. Il présente une faible diversité de végétaux (principalement la spartine alterniflore).
ss	schorre supérieur	Les marais maritimes sont des zones d'accumulation de sédiments fins colonisées par de la végétation herbacée généralement halophile (<i>tidal marsh, coastal marsh</i> en anglais). Le schorre supérieur représente la partie la plus élevée du marais et est recouvert à marée haute seulement dans les marées de vives eaux. Il est colonisé par une grande diversité de végétaux.
sl	slikke	Type de batture non végétalisée ou peu végétalisée et constituée de vase (ou sablo-vaseux). Elle est associée et contigüe au schorre inférieur ou supérieur.
va	vasière	Type de batture non végétalisée ou peu végétalisée et constituée de vase.
nd	non déterminé	-

Tableau F9. Éléments géomorphologiques (Geo_ELEM). Les éléments géomorphologiques sont des formes meubles ou rocheuses qui caractérisent un système géomorphologique. Ils résultent de processus hydrodynamiques et géomorphologiques et ont une influence sur la dynamique du milieu.

Code	Description	Remarques
ar	affleurement rocheux	Endroits où le socle rocheux est exposé en surface à travers un substrat meuble.
ba	banc d'accumulation	Accumulation de sédiments dans un cours d'eau.
bs	barres sableuses	Accumulation de sable de forme allongée se situant sur le bas estran ou dans la zone infralittorale.
chm	chenal de marée	Chenal creusé et maintenu par les courants de marée montante et descendante. Corresponds souvent à une passe (goulet) dans les systèmes de barachois ou de cordons littoraux. Se retrouve aussi en abondance dans les marais.
che	chenal estuarien	Portion d'un chenal creusé et maintenu par le courant d'eau douce d'une rivière dont l'eau salée est présente à marée haute.
cond	cône de débordement	Accumulation créée sur le revers d'un cordon ou d'une flèche littorale à la faveur d'un débordement de tempête (<i>washover fan</i> en anglais). Ce cône peut se propager à l'intérieur d'une lagune.
corbe	cordon de bas estran	Accumulation de sédiments grossiers (gravier, galets, blocs) de forme allongée et parallèle à la côte se situant sur le bas estran.
corm	cordon de basse mer	Accumulation de sédiments grossiers (gravier, galets, blocs) de forme allongée se situant à la limite inférieure du bas estran.
cori	cordon infralittoral	Accumulation de sédiments grossiers (gravier, galets, blocs) de forme allongée et parallèle à la côte se situant sur l'étage infralittoral.
cort	cordon transversal	Accumulation de sédiments de forme linéaire non attachée et perpendiculaire à la côte.
cuv	cuvette	Creux topographique dans la roche et rempli d'eau de mer, principalement situé en haut estran.
dal	dallage	Galets ou blocs disposés de façon contigüe pour former une surface plane et assez uniforme.
dsm	dunes sous-marines	Accumulation de sable prenant la forme d'une dune éolienne, mais formée par les courants côtiers dans l'étage infralittoral.
ec	écueil	Rocher ou amoncellement de blocs à fleur d'eau sur le bas estran ou dans l'étage infralittoral. Cette forme de relief, de taille réduite et qui rend l'estran irrégulier, peut être de forme allongée, notamment dans un contexte appalachien. Écueil peut aussi être utilisé pour des blocs glaciels ou erratiques.
fl	flèche littorale	Accumulation de sable ou de gravier qui s'attache à la côte et qui s'étire généralement parallèlement à celle-ci ; l'extrémité est libre (<i>spit</i> en anglais). La flèche a tendance à s'allonger dans le sens de la dérive littorale principale sous la forme de crochets successifs dans sa partie distale.

Tableau F9 (suite). Éléments géomorphologiques (Geo_ELEM). Les éléments géomorphologiques sont des formes meubles ou rocheuses qui caractérisent un système géomorphologique. Ils résultent de processus hydrodynamiques et géomorphologiques et ont une influence sur la dynamique du milieu.

Code	Description	Remarques
ft	flèche transversale	Accumulation de sédiments de forme linéaire attachée et perpendiculaire à la côte.
ft	flèche transversale de plate-forme rocheuse	Accumulation de sédiments formée derrière un obstacle (îlot ou noyau rocheux) sur une plate-forme rocheuse.
lot	lobe transgressif	Accumulation verticale de sédiments grossiers, sur le schorre supérieur. Ces sédiments proviennent de l'estran et sont amenés par l'action des vagues lors des tempêtes.
qc	queue de comète	Accumulation de sédiments formée derrière un obstacle (îlot ou noyau rocheux)
tom	tombolo	Cordon littoral reliant deux étendues terrestres
nd	non déterminé	-

Tableau F10. Source et année de l'imagerie utilisée (IMG_source).

Code	Description
MP15	Aérienne MPO 2015
MP16	Aérienne MPO 2016
MP18	Aérienne MPO 2018
MP19	Aérienne MPO 2019
MP20	Aérienne MPO 2020
MR12	Aérienne MRN 2012
MR13	Aérienne MRN 2013
MR19	Aérienne MRN 2019
MSP14	Aérienne MSP 2014
CM18	Aérienne CMQ 2018
GQ16	Aérienne Gouvernement du Québec 2016
ID15	Aérienne Municipalité des Iles-de-la-Madeleine 2015
ME15	Aérienne MERN 2015
MS17	Satellite MSP 2017
ME19	Satellite MERN 2019
SAT17	Satellite 2017
SAT18	Satellite 2018
SAT19	Satellite 2019
AUT	AUTRE

Tableau F11. Éléments anthropiques (Anthro_TYP). Lorsque présents, les éléments anthropiques sont identifiés dans les polygones du haut estran, du bas estran ou de l'étage infralittoral. Lorsqu'un élément anthropique recouvre au moins 25 % du substrat, il est aussi consigné sous l'appellation de substrat « anthropique ».

Code	Description	Remarques
a	aboteau	Digue comprenant des clapets permettant de limiter l'entrée d'eau de mer vers les terres.
ams	aménagements pour la sauvagine	Modifications du milieu dans le but d'améliorer l'habitat de la sauvagine.
bar	barrage	Structure souvent en béton traversant un cours d'eau et permettant de contrôler le niveau d'eau en amont.
btm	bâtiments	-
bdv	blocs déversés	Empilement de roches sans structure.
blam	brise-lame	Les brise-lames sont des ouvrages aménagés au large, parallèlement à la ligne de rivage, et qui sont généralement composés d'enrochements. Ils atténuent l'énergie des vagues et provoquent le dépôt de sédiments dans l'espace entre eux et la ligne de rivage.
c	caissons	Casier de bois remplis de pierres.
cfr	champ en friche	Portion d'un schorre supérieur ayant déjà été utilisé en agriculture et désormais non utilisé.
chad	chenal artificiel (dragué)	Chenal creusé dans les sédiments ou dans le socle rocheux pour faciliter la navigation.
chav	chenal artificiel (vestige)	Chenal creusé dans les sédiments ou dans le socle rocheux par le passé et qui n'est plus entretenu.
depdg	dépôts de dragage	Accumulation de sédiments dragués
d	digue	Remblai longitudinal, de nature artificielle et le plus souvent composé de terre.
eo	écran organique	Amas de branches et/ou de troncs d'arbres plus ou moins agencés ensemble sur la ligne de rivage ou sur le talus côtier.
emi	émissaire	Tuyau de béton servant d'exutoire pour système d'égout ou pluvial
enr	enrochement	Un enrochement est constitué de blocs de pierre disposés et imbriqués sur un talus à protéger de l'érosion. Ils sont généralement formés de différents formats de pierres ou de blocs, naturels ou en béton préfabriqués (dolosse par exemple). Ils ont pour effet de fixer le trait de côte à un endroit précis.
epv	épave	Carcasse de navire échoué.

Tableau F11 (suite). Éléments anthropiques (Anthro_TYP). Lorsque présents, les éléments anthropiques sont identifiés dans les polygones du haut estran, du bas estran ou de l'étage infralittoral. Les usages et les structures liées aux étagements supérieurs ont été soustraits de la cartographie. Lorsqu'un élément anthropique recouvre au moins 25% du substrat, il est aussi consigné sous l'appellation de substrat « anthropique ».

Code	Description	Remarques
epb	épis de bois	Les épis de bois ont la même fonction que les épis rocheux, mais ils peuvent être disjoints permettant à une partie des sédiments de les traverser.
epr	épis rocheux	Les épis rocheux sont des ouvrages perpendiculaires à la ligne de rivage qui visent à capter les sédiments transportés par les courants littoraux.
est	estacade	Structure artificielle permettant de capter le bois de drave (ex. Cascapédia).
fas	fascine	Trappe fixe positionnée perpendiculairement à la côte composée principalement de filets verticaux ancrés dans le substrat. Sert pour la pêche.
fdd	fossé de drainage	Canal formé par l'intervention humaine pour drainer ou irriguer les terres.
gab	gabion	Sorte de casier, le plus souvent fait de solides fils de fer tressés et contenant des pierres.
jr	jetée rocheuse	Sorte d'enrochement en forme d'épis rocheux attachée à la côte ou à une structure portuaire visant à contrôler le courant ou à abriter un secteur. Certaines jetées correspondent à d'anciens quais enrochés.
mbt	muret de béton	Les murets sont des structures rigides verticales aménagées parallèlement à la côte.
mbbt	muret de blocs de béton	Les murets sont des structures rigides verticales aménagées parallèlement à la côte.
mbo	muret de bois	Les murets sont des structures rigides verticales aménagées parallèlement à la côte.
mmt	muret de métal	Les murets sont des structures rigides verticales aménagées parallèlement à la côte.
mpi	muret de pierres	Les murets sont des structures rigides verticales aménagées parallèlement à la côte.
mpn	muret de pneus	Les murets sont des structures rigides verticales aménagées parallèlement à la côte.
pp	piliers de pont	Pilier de soutènement de ponts fabriqués en béton ou en bois.
pla	plantation	Revégétalisation avec des herbacées ou des arbustes.
cal	ponceau	Ouvrage servant de petit pont, constitué d'au moins un tuyau transversal généralement fait en béton ou en métal qu'on recouvre de gravier ou d'autres matériaux, qui permet à l'eau de ruissellement de s'écouler sous une route, une voie ferrée ou toute autre structure.
pon	pont	-
pmu	portuaire multiple	Différents types d'ouvrages utilisés à l'intérieur d'une zone portuaire.
qu	quai	-

Tableau F11 (suite). Éléments anthropiques (Anthro_TYP). Lorsque présents, les éléments anthropiques sont identifiés dans les polygones du haut estran, du bas estran ou de l'étage infralittoral. Les usages et les structures liées aux étagements supérieurs ont été soustraits de la cartographie. Lorsqu'un élément anthropique recouvre au moins 25% du substrat, il est aussi consigné sous l'appellation de substrat « anthropique ».

Code	Description	Remarques
rme	rampe de mise à l'eau	Structure en béton ou en bois qui permet la mise à l'eau des bateaux.
rs	recharge sédimentaire	-
rem	remblais	Tout matériel ajouté sur la ligne de rivage.
rrp	rip-rap	Couche d'enrochements ou de blocs préfabriqués disposés en vrac sur l'estran ou sur un talus en pente douce.
saq	structure d'aquaculture	Équipements fixés servant à l'aquaculture.
zag	zone agricole active	Portion d'un schorre supérieur actuellement utilisé en agriculture.
au	autre	Tout autre type d'ouvrage n'étant pas dans cette liste.
nd	non déterminé	Type d'ouvrage qui ne correspond à aucun autre ouvrage connu.

Tableau F12. Forme et couleur des algues encroutantes (ENC_MORPH), Les types d'algues encroutantes doivent représenter minimalement 25 % de la couverture totale d'algues encroutantes (ENC_COV). Dans le cas où il y a deux classes de forme et couleur dominants dominantes, la plus importante apparaît en premier. Si une algue fait moins de 25 % de la couverture totale d'algues encroutantes, elle est inscrite dans le champ Vg_NOTE.

Code	Description
en	algues encroutantes indifférenciées
enb	algues encroutantes brunes
enrc	algues encroutantes rouges calcaires
enrnc	algues encroutantes rouges non calcaires
enmi	algues encroutantes mixtes
brc	algues encroutantes brunes et algues encroutantes rouges calcaires
brnc	algues encroutantes brunes et algues encroutantes rouges non calcaires
rcrc	algues encroutantes rouges calcaires et algues encroutantes rouges non calcaires
rcb	algues encroutantes rouges calcaires et algues encroutantes brunes
rncb	algues encroutantes rouges non calcaires et algues encroutantes brunes
mrcrc	algues encroutantes rouges non calcaires et algues encroutantes rouges calcaires
enrcm	banc de rhodolithes (algues encroutantes rouges calcaires)

Tableau F13. Dominance végétale (Vg_DOM). Ce champ fait une synthèse des végétaux érigés dominants en faisant ressortir les choix les plus fréquents de type végétal, de famille taxonomique ou de regroupement de plantes. Les valeurs de ce champ sont déterminées⁷ à partir des 4 champs Vg_TYPE et Vg_MORPH ainsi que du champ Geo_SYST. Contrairement au champ Vg_ECO, Vg_DOM ne considère pas les algues encroûtantes pour déterminer la dominance végétale.

Code	Description	Remarques
DF	Fucacées	Dominance d'une ou plusieurs algues de la famille des Fucacées
DL	Laminariales	Dominance de Laminariacées, Agaracées, Alariacées et/ou la Phylariacée Sacchoriza dermatodea.
DAM	Macroalgues (autres)	Dominance de macroalgue(s) identifiée(s) dans les champs VG_TYPE et Vg_MORPH, mais qui ne sont pas des Fucacées ou Laminariales
DAMI	Macroalgues mixtes	Lorsqu'il n'y a pas de dominance entre plusieurs macroalgues
DAI	Algues indifférenciées	Algue(s) non identifiée(s)
DSA	Spartine alterniflore	Dominance de spartine alterniflore
DZM	Zostère marine	Dominance de zostère marine
DS	Scirpes	Dominance d'un ou plusieurs scirpes
DRC	Roseau commun	Dominance du roseau commun
DAPV	Plantes vasculaires (autres)	Dominance d'une seule plante vasculaire dans les Vg_TYPE, mais elle ne correspond pas à un autre choix de dominance
DPVI	Plantes vasculaires indifférenciées	Plante(s) vasculaire(s) non identifiée(s)
DVM	Végétation de marécage	Dominance de végétation arbustive ou arborescente dans un marécage
DPVMM	Plantes vasculaires de marais	Dominance de plantes de marais sur un haut estran\Schorre supérieur
DVMI	Végétation mixte	Lorsqu'il n'y a pas de dominance entre plusieurs algues et plantes vasculaires
DVI	Végétation indifférenciée	Végétation présente, mais non identifiée. Il n'a pas été déterminé s'il s'agit de plantes vasculaires ou d'algues.
DVT	Végétation terrestre	Dominance de plantes terrestres
DND	Non déterminé	La présence de végétation est non déterminée
DNV	Non végétalisé	Non végétalisé
DPVM	Plantes vasculaires mixtes	Lorsqu'il n'y a pas de dominance entre plusieurs plantes vasculaires

⁷ Les valeurs du champ sont automatiquement générées à l'aide d'un script en langage Python développé par l'UQAR et consultable dans le document de Jobin et al. (2021)

Tableau F14. Écosystème simplifié (ECO_simp). Le nom de l'écosystème simplifié est déterminé à partir du nom de l'écosystème détaillé. Tout comme l'écosystème détaillé, l'écosystème simplifié mentionne les végétaux seulement lorsque leur couverture totale excède 25 % (polygone semi-végétalisé ou végétalisé).

ECO_simp	Remarques
Infralittoral meuble	Inclus les classes de couverture végétale (Vg_COV) non végétalisé (0-1 %), peu végétalisé (1-25 %) et non déterminé
Infralittoral meuble à zostère	-
Infralittoral meuble à macroalgues	Inclus macroalgues et végétation indifférenciée
Infralittoral rocheux	Inclus les classes de couverture végétale (Vg_COV) non végétalisé (0-1 %), peu végétalisé (1-25 %) et non déterminé
Infralittoral rocheux à macroalgues	Inclus macroalgues et végétation indifférenciée
Infralittoral rocheux à zostère	-
Infralittoral	Substrat non déterminé. Inclus les classes de couverture végétale (Vg_COV) non végétalisé (0-1 %), peu végétalisé (1-25 %) et non déterminé.
Infralittoral à macroalgues	Inclus macroalgues et végétation indifférenciée
Infralittoral à zostère	-
Bas estran	Substrat non déterminé. Inclus les classes de couverture végétale (Vg_COV) non végétalisé (0-1 %), peu végétalisé (1-25 %) et non déterminé.
Bas estran à macroalgues	Inclus macroalgues et végétation indifférenciée
Bas estran meuble	Inclus les classes de couverture végétale (Vg_COV) non végétalisé (0-1 %), peu végétalisé (1-25 %) et non déterminé.
Bas estran meuble à zostère	-
Bas estran meuble à macroalgues	Inclus macroalgues et végétation indifférenciée
Batture	Incluant les géosystèmes (Geo_syst) vasière et slikke. Inclus les classes de couverture végétale (Vg_COV) non végétalisé (0-1 %), peu végétalisé (1-25 %) et non déterminé
Batture à zostère	-
Batture à macroalgues	Inclus macroalgues et végétation indifférenciée
Bas estran rocheux	Incluant les géosystèmes (Geo_syst) Platier

Tableau F14 (suite). Écosystème simplifié (ECO_simp). Le nom de l'écosystème simplifié est déterminé à partir du nom de l'écosystème détaillé. Tout comme l'écosystème détaillé, l'écosystème simplifié mentionne les végétaux seulement lorsque leur couverture totale excède 25% (polygone semi-végétalisé ou végétalisé).

ECO_simp	Remarques
Bas estran rocheux à macroalgues	Incluant les géosystèmes (Geo_syst) Platier. Inclus macroalgues et végétation indifférenciée.
Lagune	Inclus les classes de couverture végétale (Vg_COV) non végétalisé (0-1 %), peu végétalisé (1-25 %) et non déterminé.
Lagune à zostère	-
Lagune à macroalgues	Inclus macroalgues et végétation indifférenciée
Chenal estuarien	Inclus les classes de couverture végétale (Vg_COV) non végétalisé (0-1 %), peu végétalisé (1-25 %) et non déterminé.
Chenal estuarien à zostère	-
Chenal estuarien à macroalgues	Inclus macroalgues et végétation indifférenciée
Delta	Incluant les géosystèmes (Geo_syst) delta estuarien et de marée. Inclus les classes de couverture végétale (Vg_COV) non végétalisé (0-1 %), peu végétalisé (1-25 %) et non déterminé.
Delta à zostère	-
Delta à macroalgues	Inclus macroalgues et végétation indifférenciée
Écueil	Inclus les classes de couverture végétale (Vg_COV) non végétalisé (0-1 %), peu végétalisé (1-25 %) et non déterminé.
Écueil à macroalgues	Inclus macroalgues et végétation indifférenciée
Île	Présent dans l'étage supralittoral seulement
Plage	-
Haut estran rocheux	-
Marais maritime	Incluant les géosystèmes (Geo_syst) schorre inférieur et supérieur
Marécage intertidal	-
Supralittoral	-

ANNEXE G. SUPERFICIES DES GRANDES CLASSES DE DOMINANCES VÉGÉTALES AU SEIN DES SECTEURS DE L'EGSL À L'ÉTUDE

Tableau G1. Superficie occupée par les grandes classes de dominance végétale, regroupées par classes de couverture végétale (végétalisée/semi-végétalisée qui est utilisée pour la cartographie, peu végétalisée et non végétalisée) pour les différents secteurs de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent à l'étude. Sont exclues du tableau les superficies ayant une classe de couverture végétale « non déterminée », ainsi que les dominances végétales « non déterminées ». Les superficies totales à l'échelle de la région d'étude sont présentées au bas du tableau. Un tiret (-) signifie que la valeur est nulle alors que 0,00 indique que la valeur est inférieure à 0,01. Dans les secteurs Anticosti et Nord du Golfe (est), seules certaines zones devant des villages ont été cartographiées.

Secteur	Grande classe de dominance végétale	Superficie (km ²)			
		Végétalisée/ semi- végétalisée	Peu végétalisée	Non végétalisée	Totale
Estuaire moyen	Macroalgues	65,98	54,29	-	(33 %) 120,27
	Macroalgues indifférenciées	28,48	34,30	-	(17 %) 62,77
	Végétation indifférenciée	1,09	0,36	-	(0 %) 1,45
	Zostère marine	0,01	0,05	-	(0 %) 0,05
	Plantes vasculaires de marais maritime	64,10	2,44	-	(18 %) 66,54
	Plantes vasculaires (autres)	7,44	8,58	-	(4 %) 16,02
	Plantes vasculaires indifférenciées	0,94	1,02	-	(1 %) 1,96
	Total	(45 %) 168,03	(27 %) 101,04	(27 %) 100,36	(100 %) 369,44
Estuaire maritime (rive sud)	Macroalgues	32,47	29,28	-	(32 %) 61,74
	Macroalgues indifférenciées	16,38	20,86	-	(19 %) 37,24
	Végétation indifférenciée	1,45	13,68	-	(8 %) 15,13
	Zostère marine	23,00	4,13	-	(14 %) 27,13
	Plantes vasculaires de marais maritime	21,43	0,69	-	(12 %) 22,12
	Plantes vasculaires (autres)	0,05	2,34	-	(1 %) 2,39
	Plantes vasculaires indifférenciées	0,03	1,02	-	(1 %) 1,04
	Total	(49 %) 94,81	(38 %) 72,00	(13 %) 25,11	(100 %) 191,91

Tableau G1 (suite). Superficie occupée par les grandes classes de dominance végétale, regroupées par classes de couverture végétale (végétalisé/semi-végétalisé qui est utilisée pour la cartographie, peu végétalisé, non végétalisé) pour les différents secteurs de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent à l'étude. Sont exclues du tableau les superficies ayant une classe de couverture végétale « non déterminée », ainsi que les dominances végétales « non déterminées ». Les superficies totales à l'échelle de la région d'étude sont présentées au bas du tableau. Un tiret (-) signifie que la valeur est nulle alors que 0,00 indique que la valeur est inférieure à 0,01. Dans les secteurs Anticosti et Nord du Golfe (est), seules certaines zones devant des villages ont été cartographiées.

Secteur	Grande classe de dominance végétale	Superficie (km ²)			
		Végétalisée/ semi-végétalisée	Peu végétalisée	Non végétalisée	Totale
Nord de la Gaspésie	Macroalgues	15,35	4,27	-	(48 %) 19,62
	Macroalgues indifférenciées	7,52	2,97	-	(26 %) 10,50
	Végétation indifférenciée	0,07	0,22	-	(1 %) 0,29
	Zostère marine	0,31	0,06	-	(1 %) 0,37
	Plantes vasculaires de marais maritime	0,71	0,02	-	(2 %) 0,73
	Plantes vasculaires (autres)	0,00	0,14	-	(0 %) 0,14
	Plantes vasculaires indifférenciées	0,02	0,27	-	(1 %) 0,29
	Total	(59 %) 23,98	(20 %) 7,97	(21 %) 8,52	(100 %) 40,47
Sud de la Gaspésie	Macroalgues	12,03	1,84	-	(20 %) 13,87
	Macroalgues indifférenciées	4,77	1,42	-	(9 %) 6,19
	Végétation indifférenciée	0,21	1,81	-	(3 %) 2,02
	Zostère marine	18,64	5,33	-	(35 %) 23,96
	Plantes vasculaires de marais maritime	6,42	0,03	-	(9 %) 6,45
	Plantes vasculaires (autres)	0,01	0,50	-	(1 %) 0,50
	Plantes vasculaires indifférenciées	0,00	0,07	-	(0 %) 0,08
	Total	(61 %) 42,07	(16 %) 10,99	(23 %) 15,86	(100 %) 68,92

Tableau G1 (suite). Superficie occupée par les grandes classes de dominance végétale, regroupées par classes de couverture végétale (végétalisé/semi-végétalisé qui est utilisée pour la cartographie, peu végétalisé, non végétalisé) pour les différents secteurs de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent à l'étude. Sont exclues du tableau les superficies ayant une classe de couverture végétale « non déterminée », ainsi que les dominances végétales « non déterminées ». Les superficies totales à l'échelle de la région d'étude sont présentées au bas du tableau. Un tiret (-) signifie que la valeur est nulle alors que 0,00 indique que la valeur est inférieure à 0,01. Dans les secteurs Anticosti et Nord du Golfe (est), seules certaines zones devant des villages ont été cartographiées.

Secteur	Grande classe de dominance végétale	Superficie (km ²)			Totale
		Végétalisée/semi-végétalisée	Peu végétalisée	Non végétalisée	
Baie des Chaleurs	Macroalgues	23,44	10,72	-	(19 %) 34,16
	Macroalgues indifférenciées	10,05	7,07	-	(9 %) 17,12
	Végétation indifférenciée	2,13	13,35	-	(8 %) 15,48
	Zostère marine	41,73	13,48	-	(30 %) 55,21
	Plantes vasculaires de marais maritime	9,06	0,27	-	(5 %) 9,33
	Plantes vasculaires (autres)	0,04	0,65	-	(0 %) 0,69
	Plantes vasculaires indifférenciées	0,03	0,16	-	(0 %) 0,19
	Total	(47 %) 86,49	(25 %) 45,69	(28 %) 50,36	(100 %) 182,54
Îles-de-la-Madeleine	Macroalgues	2,04	0,15	-	(1 %) 2,19
	Macroalgues indifférenciées	1,61	0,58	-	(1 %) 2,19
	Végétation indifférenciée	1,25	0,58	-	(1 %) 1,83
	Zostère marine	44,17	29,96	-	(45 %) 74,14
	Plantes vasculaires de marais maritime	9,24	0,24	-	(6 %) 9,48
	Plantes vasculaires (autres)	0,14	0,87	-	(1 %) 1,01
	Plantes vasculaires indifférenciées	0,19	0,64	-	(1 %) 0,83
	Total	(35 %) 58,63	(20 %) 33,03	(45 %) 74,56	(100 %) 166,22

Tableau G1 (suite). Superficie occupée par les grandes classes de dominance végétale, regroupées par classes de couverture végétale (végétalisé/semi-végétalisé qui est utilisée pour la cartographie, peu végétalisé, non végétalisé) pour les différents secteurs de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent à l'étude. Sont exclues du tableau les superficies ayant une classe de couverture végétale « non déterminée », ainsi que les dominances végétales « non déterminées ». Les superficies totales à l'échelle de la région d'étude sont présentées au bas du tableau. Un tiret (-) signifie que la valeur est nulle alors que 0,00 indique que la valeur est inférieure à 0,01. Dans les secteurs Anticosti et Nord du Golfe (est), seules certaines zones devant des villages ont été cartographiées.

Secteur	Grande classe de dominance végétale	Superficie (km ²)			
		Végétalisée/ semi-végétalisée	Peu végétalisée	Non végétalisée	Totale
Estuaire maritime (rive nord)	Macroalgues	34,23	39,44	-	(19 %) 73,68
	Macroalgues indifférenciées	4,82	16,79	-	(6 %) 21,61
	Végétation indifférenciée	3,77	9,02	-	(3 %) 12,78
	Zostère marine	27,66	37,74	-	(17 %) 65,40
	Plantes vasculaires de marais maritime	12,76	0,65	-	(4 %) 13,41
	Plantes vasculaires (autres)	0,14	4,16	-	(1 %) 4,30
	Plantes vasculaires indifférenciées	0,03	0,58	-	(0 %) 0,62
	Total	(22 %) 83,42	(28 %) 108,39	(50 %) 190,12	(100 %) 381,92
Nord du Golfe (ouest)	Macroalgues	46,06	32,16	-	(19 %) 78,22
	Macroalgues indifférenciées	17,04	41,66	-	(15 %) 58,70
	Végétation indifférenciée	7,98	7,31	-	(4 %) 15,29
	Zostère marine	60,29	17,46	-	(19 %) 77,76
	Plantes vasculaires de marais maritime	9,22	0,46	-	(2 %) 9,67
	Plantes vasculaires (autres)	0,07	1,39	-	(0 %) 1,47
	Plantes vasculaires indifférenciées	0,27	3,26	-	(1 %) 3,53
	Total	(35 %) 140,94	(26 %) 103,70	(39 %) 157,84	(100 %) 191,91

Tableau G1 (suite). Superficie occupée par les grandes classes de dominance végétale, regroupées par classes de couverture végétale (végétalisé/semi-végétalisé qui est utilisée pour la cartographie, peu végétalisé, non végétalisé) pour les différents secteurs de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent à l'étude. Sont exclues du tableau les superficies ayant une classe de couverture végétale « non déterminée », ainsi que les dominances végétales « non déterminées ». Les superficies totales à l'échelle de la région d'étude sont présentées au bas du tableau. Un tiret (-) signifie que la valeur est nulle alors que 0,00 indique que la valeur est inférieure à 0,01. Dans les secteurs Anticosti et Nord du Golfe (est), seules certaines zones devant des villages ont été cartographiées.

Secteur	Grande classe de dominance végétale	Superficie (km ²)			
		Végétalisée/semi-végétalisée	Peu végétalisée	Non végétalisée	Totale
Anticosti	Macroalgues	8,12	1,84	-	(31 %) 9,96
	Macroalgues indifférenciées	8,57	3,10	-	(36 %) 11,67
	Végétation indifférenciée	0,01	0,00	-	(0 %) 0,01
	Zostère marine	1,95	0,49	-	(8 %) 2,44
	Plantes vasculaires de marais maritime	0,27	-	-	(1 %) 0,27
	Plantes vasculaires (autres)	0,01	0,00	-	(0 %) 0,1
	Plantes vasculaires indifférenciées	0,00	0,00	-	(0 %) 0,00
	Total	(59 %) 18,92	(17 %) 5,44	(24 %) 7,76	(100 %) 32,12
Nord du Golfe (est)	Macroalgues	0,91	0,14	-	(7 %) 1,05
	Macroalgues indifférenciées	3,18	2,57	-	(36 %) 5,75
	Végétation indifférenciée	0,19	0,39	-	(4 %) 0,58
	Zostère marine	2,28	0,21	-	(16 %) 2,49
	Plantes vasculaires de marais maritime	0,11	0,00	-	(1 %) 0,11
	Plantes vasculaires (autres)	-	0,01	-	(0 %) 0,01
	Plantes vasculaires indifférenciées	-	0,03	-	(0 %) 0,03
	Total	(42 %) 6,67	(21 %) 3,35	(37 %) 5,90	(100 %) 15,92
Superficie totale pour la région d'étude		723,96	491,59	636,39	1851,94

ANNEXE H. SUPERFICIES DES ÉCOSYSTÈMES CARACTÉRISÉS POUR LES SECTEURS DE L'EGSL À L'ÉTUDE

Tableau H1. Superficie en km² (%) des différentes classes d'écosystèmes simplifiés (ECO_simp) caractérisés⁸ pour chacun des secteurs de l'EGSL à l'étude. Un tiret (-) signifie que la valeur est nulle alors que 0,00 indique que la valeur est inférieure à 0,01. À noter que dans les secteurs Anticosti et Nord du Golfe (est), seules certaines zones devant des villages ont été cartographiées.

Écosystème simplifié	Superficie (km ² [%])									
	Estuaire moyen	Estuaire maritime (rive sud)	Nord de la Gaspésie	Sud de la Gaspésie	Baie des Chaleurs	Îles-de-la-Madeleine	Estuaire maritime (rive nord)	Nord du Golfe (ouest)	Anticosti	Nord du Golfe (est)
Bas estran	0,07 (0)	-	-	0,06 (0)	0,09 (0)	0,01 (0)	-	-	-	-
Bas estran à macroalgues	0,06 (0)	0,04 (0)	-	-	0,09 (0)	-	-	0,02 (0)	-	-
Bas estran meuble	14,55 (4)	2,07 (1)	1,14 (3)	1,1 (1)	2,65 (1)	4,86 (2)	0,69 (0)	20,13 (4)	0,38 (1)	0,49 (1)
Bas estran meuble à macroalgues	6,83 (2)	4,03 (2)	1,53 (4)	0,66 (1)	0,64 (0)	0,11 (0)	1,04 (0)	4,48 (1)	0,23 (1)	0,31 (1)
Bas estran meuble à zostère	-	0,04 (0)	0,04 (0)	0,12 (0)	1,08 (1)	0,03 (0)	-	2,55 (1)	-	-
Bas estran rocheux	14,8 (4)	2,94 (1)	1,78 (4)	0,01 (0)	0,06 (0)	0,04 (0)	1,09 (0)	7,1 (2)	5,06 (16)	0,31 (1)

⁸ La région d'étude du projet de CECQM totalise une superficie de 3 744 km² (Jobin et al. 2021). Spécifions toutefois qu'une partie n'a pu être caractérisée à cause d'un manque de visibilité sur les orthophotographies ou par manque de données de terrain. En excluant les polygones dont ni le substrat ni la couverture végétale, et ni le type végétal ont pu être identifiés (valeur « non déterminé »), la région d'étude du projet de CECQM totalise une superficie de 2 146 km². Cette dernière superficie comprend tout de même des polygones où l'on ignore s'il y a présence ou non de végétaux.

Tableau H1 (suite). Superficie en km² (%) des différentes classes d'écosystèmes simplifiés (ECO_simp) caractérisés pour chacun des secteurs de l'EGSL à l'étude. Un tiret (-) signifie que la valeur est nulle alors que 0,00 indique que la valeur est inférieure à 0,01. À noter que, dans les secteurs Anticosti et Nord du Golfe (est), seules certaines zones devant des villages ont été cartographiées.

Écosystème simplifié	Superficie (km ² [%])									
	Estuaire moyen	Estuaire maritime (rive sud)	Nord de la Gaspésie	Sud de la Gaspésie	Baie des Chaleurs	Îles-de-la-Madeleine	Estuaire maritime (rive nord)	Nord du Golfe (ouest)	Anticosti	Nord du Golfe (est)
Bas estran rocheux à macroalgues	8,79 (2)	7,44 (4)	8,31 (19)	0,41 (1)	0,66 (0)	0,02 (0)	1,76 (0)	11,95 (3)	11,1 (35)	0,56 (1)
Batture	131,82 (34)	42,98 (21)	0,86 (2)	2,31 (3)	9,89 (5)	1,65 (1)	171,13 (40)	40,88 (9)	3,48 (11)	1,08 (3)
Batture à macroalgues	59,45 (15)	14,67 (7)	0,69 (2)	0,07 (0)	0,19 (0)	0,00 (0)	31,91 (8)	9,41 (2)	0,41 (1)	0,16 (0)
Batture à zostère	0,01 (0)	22,94 (11)	0,23 (1)	5,09 (7)	3,6 (2)	0,23 (0)	23,73 (6)	41,44 (9)	1,95 (6)	0,92 (2)
Chenal estuarien	2,59 (1)	1,22 (1)	0,31 (1)	2,97 (4)	4,15 (2)	0,00 (0)	38,64 (9)	24,65 (5)	0,01 (0)	14,8 (39)
Chenal estuarien à macroalgues	0,51 (0)	0,17 (0)	0,27 (1)	0,13 (0)	0,28 (0)	-	0,83 (0)	0,9 (0)	-	0,05 (0)
Chenal estuarien à zostère	-	0,02 (0)	0,00 (0)	0,62 (1)	0,28 (0)	-	0,97 (0)	0,61 (0)	-	-
Delta	1,11 (0)	0,77 (0)	0,25 (1)	3,54 (5)	11,09 (6)	0,9 (0)	38 (9)	9,8 (2)	0,08 (0)	0,02 (0)
Delta à macroalgues	0,39 (0)	0,09 (0)	0,01 (0)	0,02 (0)	0,25 (0)	0,05 (0)	0,71 (0)	0,08 (0)	0,00 (0)	-
Delta à zostère	-	-	-	0,44 (1)	0,72 (0)	0,29 (0)	3,15 (1)	0,48 (0)	-	-
Écueil	0,41 (0)	0,02 (0)	-	0,00 (0)	-	0,02 (0)	0,2 (0)	2,88 (1)	-	0,12 (0)
Écueil à macroalgues	0,15 (0)	0,09 (0)	0,04 (0)	0,00 (0)	0,01 (0)	-	0,13 (0)	3,11 (1)	-	0,05 (0)

Tableau H1 (suite). Superficie en km² (%) des différentes classes d'écosystèmes simplifiés (ECO_simp) caractérisés pour chacun des secteurs de l'EGSL à l'étude. Un tiret (-) signifie que la valeur est nulle alors que 0,00 indique que la valeur est inférieure à 0,01. À noter que, dans les secteurs Anticosti et Nord du Golfe (est), seules certaines zones devant des villages ont été cartographiées.

Écosystème simplifié	Superficie (km ² [%])									
	Estuaire moyen	Estuaire maritime (rive sud)	Nord de la Gaspésie	Sud de la Gaspésie	Baie des Chaleurs	Îles-de-la-Madeleine	Estuaire maritime (rive nord)	Nord du Golfe (ouest)	Anticosti	Nord du Golfe (est)
Haut estran rocheux	1,68 (0)	1,03 (1)	0,15 (0)	0,11 (0)	0,15 (0)	0,17 (0)	2,52 (1)	14,6 (3)	-	0,65 (2)
Île	2,25 (1)	2,07 (1)	0,00 (0)	4,43 (6)	0,26 (0)	0,66 (0)	1,82 (0)	13,97 (3)	0,04 (0)	4,75 (12)
Infralittoral	5,63 (1)	3,96 (2)	2,08 (5)	1 (1)	1,67 (1)	0,82 (0)	0,21 (0)	9,04 (2)	-	0,35 (1)
Infralittoral à macroalgues	0,4 (0)	4,15 (2)	1,9 (4)	1,68 (2)	5,14 (3)	0,01 (0)	0,12 (0)	4,83 (1)	-	0,18 (0)
Infralittoral à zostère	-	-	-	-	0,17 (0)	-	-	0,11 (0)	-	-
Infralittoral meuble	43,88 (11)	45,39 (22)	7,85 (18)	14,53 (19)	57,97 (31)	115,05 (41)	79,96 (19)	144,3 (31)	3,38 (11)	6,05 (16)
Infralittoral meuble à macroalgues	18,98 (5)	18,69 (9)	5,01 (12)	2,65 (3)	19,51 (11)	1,09 (0)	6,13 (1)	22,86 (5)	0,26 (1)	0,68 (2)
Infralittoral meuble à zostère	-	0,02 (0)	0,02 (0)	5,48 (7)	32,5 (18)	0,57 (0)	-	15,27 (3)	-	1,36 (4)
Infralittoral rocheux	0,00 (0)	0,56 (0)	1,4 (3)	1,19 (2)	2,58 (1)	6,81 (2)	0,59 (0)	33,73 (7)	0,1 (0)	1,9 (5)

Tableau H1 (suite). Superficie en km² (%) des différentes classes d'écosystèmes simplifiés (ECO_simp) caractérisés pour chacun des secteurs de l'EGSL à l'étude. Un tiret (-) signifie que la valeur est nulle alors que 0,00 indique que la valeur est inférieure à 0,01. À noter que, dans les secteurs Anticosti et Nord du Golfe (est), seules certaines zones devant des villages ont été cartographiées.

Écosystème simplifié	Superficie (km ² [%])									
	Estuaire moyen	Estuaire maritime (rive sud)	Nord de la Gaspésie	Sud de la Gaspésie	Baie des Chaleurs	Îles-de-la-Madeleine	Estuaire maritime (rive nord)	Nord du Golfe (ouest)	Anticosti	Nord du Golfe (est)
Infralittoral rocheux à macroalgues	0,02 (0)	0,95 (0)	5,15 (12)	11,35 (15)	7,84 (4)	1 (0)	0,08 (0)	13,31 (3)	4,7 (15)	2,29 (6)
Infralittoral rocheux à zostère	-	-	-	0,02 (0)	0,01 (0)	-	-	-	-	-
Lagune	-	0,00 (0)	0,02 (0)	0,65 (1)	4,16 (2)	82,16 (29)	0,1 (0)	0,1 (0)	-	-
Lagune à macroalgues	-	-	0,05 (0)	0,05 (0)	0,47 (0)	2,81 (1)	0,01 (0)	-	-	-
Lagune à zostère	-	-	-	6,86 (9)	3,96 (2)	43,04 (15)	-	0,05 (0)	-	-
Marais maritime	66,6 (17)	22,16 (11)	0,73 (2)	6,45 (8)	9,33 (5)	9,48 (3)	13,41 (3)	9,67 (2)	0,27 (1)	0,11 (0)
Marécage intertidal	8,27 (2)	-	-	-	0,00 (0)	0,00 (0)	-	-	-	-
Plage	3,27 (1)	4,03 (2)	3,54 (8)	1,93 (3)	3,38 (2)	6,39 (2)	5,48 (1)	10,52 (2)	0,7 (2)	0,87 (2)
Supralittoral	0,14 (0)	0,11 (0)	0,01 (0)	0,14 (0)	0,14 (0)	0,58 (0)	0,21 (0)	0,2 (0)	0,00 (0)	0,00 (0)
Total	392,67 (100)	202,65 (100)	43,39 (100)	76,06 (100)	184,97 (100)	278,84 (100)	424,63 (100)	473,02 (100)	32,16 (100)	38,07 (100)