

**RESTAURATION DE L'HERBIER  
DE ZOSTÈRE MARINE (*Zostera marina* L.)  
DANS LA BAIE DE MITIS, GRAND-MÉTIS**



**RAPPORT DES TRAVAUX ET DE SUIVI  
RÉALISÉ PAR  
LE COMITÉ ZIP DU SUD-DE-L'ESTUAIRE  
Septembre 2015**

## **ÉQUIPE DE RÉALISATION**

### **CHARGÉS DE PROJET ET RÉDACTION :**

Étienne Bachand, Géomorphologue côtier, Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire  
Jean-Étienne Joubert, Ornithologue et naturaliste, Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire

Ce projet a été rendu possible grâce à une contribution du Programme Interactions communautaires, lié au Plan d'action Saint-Laurent 2011-2026, et mis en œuvre par les gouvernements du Canada et du Québec.

## **Remerciements**

Nous aimerions spécialement remercier l'ensemble des partenaires de ce projet notamment, M. Michel Fournier, conservateur du Parc de la rivière Mitis et professeur à l'INRS qui nous a fait voir la baie de Mitis sous un tout autre angle. Des remerciements vont à M. Paul Gingras aménagiste à la MRC de la Mitis, au Parc de la rivière Mitis et au comité de protection de l'embouchure de la rivière Mitis pour leur aide et appui au projet. Nous devons souligner l'aide de Mme Gwennaëlle Chailloux titulaire de la chaire de recherche du Canada sur la géochimie des hydrogéosystèmes côtiers de l'UQAR pour son soutien technique et le prêt de matériel. Nous remercions aussi Réal Gagnon et François Tremblay responsables des systèmes aquicoles à Pêches et Océans Canada à Institut Maurice Lamontagne pour leur temps et leur soutien technique pour la réalisation de la culture en bassin de la zostère marine. Merci à Alexander Redford des Jardins de Métis pour sa participation au projet. Un énorme merci aux employés du Parc de la rivière Mitis ainsi qu'aux bénévoles pour leur aide lors des travaux de transplantation.

Source à citer : Bachand, É., Joubert, J-É, 2014. RESTAURATION DE L'HERBIER DE ZOSTÈRE MARINE (*Zostera marina* L.) DANS LA BAIE DE MITIS, GRAND-MÉTIS – Rapport des travaux et de suivi, Rimouski, 42p.

## Table des matières

Remerciements.....	2
Table des matières .....	3
Liste des figures.....	4
Liste des tableaux .....	6
Résumé .....	7
1 Mise en contexte du projet .....	8
2 Localisation des sites de transplantation .....	8
2.1 Description des secteurs de plantation.....	11
2.2 Description du banc donneur.....	12
3 Méthodologie.....	12
3.1 Demande d'autorisation.....	12
3.2 Période des travaux.....	12
3.3 Prélèvement et transport .....	14
3.4 Transplantation.....	16
3.4.1 Dispositif 1 et 2 .....	17
3.4.2 Dispositif 3 .....	18
3.4.2.1 Ancrage métallique.....	19
3.4.2.2 Tuyau de PVC .....	19
3.5 Production en bassins .....	22
3.5.1 Montage des bassins an 1 .....	22
3.5.2 Production de zostères marines an 1.....	23
3.5.3 Montage des bassins an 2 .....	24
3.5.1 Production de zostères marines an 2.....	25
4 Suivi des travaux .....	25
4.1 Transplantation – An 1 .....	25
4.2 Production en bassins – An 1 .....	28
4.3 Transplantation – An 2 .....	32
4.2.1 Plantation 2015.....	34
4.3 Production en bassins – An 2 .....	35
4.3.1 Croissance des plants.....	36
5 Conclusion.....	40
6 Recommandations .....	41
7 Références .....	42

## Liste des figures

Figure 1. Localisation des sites de transplantation dans la baie de Mitis. ....	9
Figure 2. Profils topographiques de l'estran de la baie de Mitis. Ligne bleue : (NMM).....	11
Figure 3. Dispositif de transplantation balisé à l'aide de tiges métalliques.....	11
Figure 4. Superficie de l'herbier de zostère continue en 1995 et 2014 et localisation des sites de récolte. ....	13
Figure 5. Tube de PVC muni d'une tige d'arrêt afin de récolter les unités de transplantation de zostère comprenant les sédiments, les rhizomes et le feuillage.....	14
Figure 6. Extraction des unités de transplantation en inclinant le tube de PVC.....	15
Figure 7. Utilisation d'un maillet de bois pour enfoncer le tube de PVC. ....	15
Figure 8. Transport des unités de transplantation à l'aide d'une brouette.....	15
Figure 9. Unités collées les unes sur les autres afin de conserver les sédiments autour des rhizomes. ....	15
Figure 10. Exemple de transplantation directe, en appuyant fermement afin de faire sortir les bulles d'air. ....	17
Figure 11. Croquis du dispositif 1. ....	18
Figure 12. Croquis du dispositif 2. ....	18
Figure 13. Croquis du dispositif 3. ....	18
Figure 14. Ancrage métallique en forme de « U » qui retient les unités transplantées. ....	19
Figure 15. Unités de transplantation dans des tuyaux de PVC de 4'' de diamètre par 8'' ..... 19	19
Figure 16. Technique de transplantation à l'aide de tuyau de PVC (Boudouresque, 2001).....	19
Figure 17. Joindre les deux tubes avec des attaches autobloquantes.....	20
Figure 18. Enfoncer un tuyau de 5'' de diamètre dans les sédiments silto-sableux à l'aide d'un maillet.....	20
Figure 19. Retirer les sédiments à l'aide d'une truelle. ....	20
Figure 20. Insérer le tuyau de 4 '' contenant les plants de zostères dans le tuyau de 5'' ..... 20	20
Figure 21. Cette technique permet de retenir au sol les unités de transplantation.....	20
Figure 22. Dispositif 3-PVC après la transplantation.....	21
Figure 23. Montage complet des 4 bassins utilisés pour la production de zostère, alimentation en eau salée, oxygène et éclairage à l'aide de 2 combos de néon 6 500 K et de 4 100 K par bassin. ....	22
Figure 24. Déposition des sédiments en vrac et transplantation des plants de zostères. ....	23
Figure 25. Remplissage du bassin à la suite de la transplantation.....	23
Figure 26. Numérotation des unités de transplantation de zostère. ....	23
Figure 27. Vue sous-marine du bassin après la transplantation, bloc à oxygène en arrière-plan. .	23
Figure 28. Remplissage du bassin à la suite de la transplantation.....	24
Figure 31. Accumulation de sédiments en petits monticules lors du dernier suivi du 10 novembre 2014.....	26
Figure 29. Dispositif 1-NAT après la transplantation le 13 juin 2014. ....	26
Figure 30. Dispositif 1-NAT lors du dernier suivi du 10 novembre 2014. ....	26
Figure 33. Apparition d'algues brunes et filamenteuses. ....	28
Figure 32. Apparition d'algues brunes et filamenteuses. ....	28
Figure 34. Brassage de l'eau à l'aide de l'épuisette afin de décoller les algues.....	29
Figure 35. Récolte et élimination des algues à l'aide d'une épuisette.....	29
Figure 36. Prolifération de plusieurs variétés d'algues, entre autres des laminaires. ....	29
Figure 37. Prolifération de plusieurs variétés d'algues s'accrochant aux tiges et aux feuilles.....	29
Figure 38. Transplantation des plants de zostères dans des contenants de 16 oz avec des sédiments traités à l'autoclave.....	30
Figure 39. Plants de zostères dans des contenants qui facilitent leur manipulation et nettoyage..	30
Figure 40. Nettoyage de la zostère à la brosse à dents. ....	30

Figure 41. Prolifération des algues malgré la transplantation et un traitement à l'eau douce. ....	30
Figure 42. Croissance des plants de zostères, certains ont atteint la surface de l'eau. ....	31
Figure 43. Diminution de la prolifération des algues. ....	31
Figure 44. État des plants de zostères avant leur transplantation dans la baie de Mitis. ....	31
Figure 45. État des plants de zostères avant leur transplantation dans la baie de Mitis. ....	31
Figure 46. Mélange de zostères naturelles et de transplantées. ....	32
Figure 47. Unité de transplantation de zostère lors de la dernière visite en août 2015. ....	33
Figure 48. Unité de transplantation de zostère lors de la plantation en 2014. ....	33
Figure 49. Unité de transplantation de zostère lors de la dernière visite en août 2015. ....	34
Figure 50. Unité de transplantation de zostère lors de la plantation en 2014. ....	34
Figure 51. Dispositif 4-Ouest, plantation 2015 en demi-cercle. ....	34
Figure 52. Dispositif 4-Est plantation 2015 en demi-cercle. ....	34
Figure 55. Tuyau circulaire et drain au centre du bassin. ....	36
Figure 54. Algue verte filamenteuse. ....	36
Figure 53. Algue verte filamenteuse. ....	36
Figure 56. Variation de la longueur max des unités de transplantation entre le 10 novembre 2014 et le 4 juin 2015. ....	37
Figure 57. Variation de la longueur moyenne des unités de transplantation entre le 10 novembre 2014 et le 4 juin 2015. ....	37
Figure 59. Unité de transplantation #28 le 4 juin 2015. ....	38
Figure 58. Unité de transplantation #28 le 10 novembre 2014. ....	38
Figure 60. Moyenne de l'ensemble des unités de transplantation de la longueur moyenne des unités de transplantation entre le 10 novembre 2014 et le 4 juin 2015. ....	39

## Liste des tableaux

Tableau 1. Comparaison des critères de transplantation de zostère marine selon Lalumière et Lemieux (1993) et de la caractérisation de la baie de Mitis (2013).....	10
Tableau 2. Nombre d'unités de transplantation de zostère marine récoltées dans la baie de Rimouski et par cueilleur par heure de travail, lors des 3 journées de transplantation.....	14
Tableau 3. Nombre d'unités de zostère marine transplantées dans la baie de Mitis par planteur et par heure de travail lors des 3 journées de transplantation.....	16
Tableau 4. Dimension, superficie et densité de transplantation pour chaque dispositif.....	16
Tableau 5. Dimension, superficie et densité de transplantation pour chaque dispositif.....	17
Tableau 6. Taux de survie des unités de transplantation par dispositif en 2014.....	25
Tableau 7. Taux de survie des unités de transplantation par dispositif en 2015.....	32
Tableau 8. Nombre de tiges par unité le 19 août 2015.....	33
Tableau 9. Dimension, superficie et densité de transplantation pour les dispositifs de la plantation en 2015.....	34
Tableau 10. Taux de survie des unités de transplantation par dispositif incluant la plantation de 2015.....	35

## Résumé

Le Comité de la Zone d'Intervention Prioritaire du Sud-de-l'Estuaire a entamé en octobre 2013 un projet de restauration expérimentale de l'herbier de zostère marine (*Zostera marina* L.) dans la baie de Mitis. Ce projet consiste à tester différentes techniques de transplantation de plants de zostères marines d'un site naturel à un autre dans le but d'amorcer une restauration complète de l'herbier de zostère marine dans la baie de Mitis si le projet est concluant. L'ensemble de ce projet permettra aussi d'étudier et d'expérimenter les techniques de transplantation de la zostère marine et d'en évaluer l'efficacité avant de pouvoir envisager une restauration de plus grande ampleur.

La première étape de ce projet fut la réalisation d'une étude de caractérisation de la baie de Mitis (Bachand et coll. 2014) qui a permis d'obtenir un portrait de la biodiversité, des conditions physico-chimiques, de la géomorphologie, ainsi que des perturbations anthropiques et naturelles environnantes. Cette étude a aussi permis de déterminer précisément l'état de santé de l'herbier de zostère marine qui s'est largement dégradé durant ces dix dernières années. Enfin, cette étude a permis d'identifier les secteurs optimaux pour le prélèvement de la zostère dans la baie de Rimouski et pour la plantation dans la baie de Mitis.

La transplantation expérimentale de zostère marine dans la baie de Mitis a été réalisée entre le 14 et le 16 juin 2014. 134 unités de transplantation contenant environ dix plants de zostères ont été prélevées à partir d'un « banc donneur » situé dans la baie de Rimouski. C'est près de 1 300 plants de zostères qui ont été transplantés. Trois techniques de transplantation ont été testées.

À ce jour, très peu d'études ont démontré la faisabilité de la culture en bassins de la zostère marine. Durant les hivers 2013-2014 et 2014-2015, une culture en bassins à flot continu d'eau salée a été réalisée dans des bassins de l'Institut Maurice-Lamontagne. Des unités de transplantation ont été prélevées dans l'herbier de la baie de Rimouski et mises en bassins. Des modifications des paramètres physico-chimiques ont permis de déterminer qu'une salinité d'environ 10 ‰ et une température d'environ 8 °C permettaient une croissance de la zostère tout en limitant la prolifération d'algues vertes filamenteuses et d'épiphytes.

Les visites de suivi sur le terrain ont permis de montrer une excellente reprise lors de l'été 2014. On note un taux de survie moyen de 93 % des unités transplantées. Cependant, lors du printemps 2015, seulement 40 % des unités transplantées ont été retrouvées. Malgré cela, les unités restantes ont montré pour la plupart une forte croissance au niveau du diamètre, passant de 10 cm au départ à 45 cm. De plus, le nombre de plants par unité a été multiplié par 15, passant de 10 plants à près de 500 plants par unité de transplantation. En incluant la plantation de 2015, le taux de survie atteint 57 %.

Il est difficile de déterminer les causes exactes de la diminution du nombre d'unités de transplantation, cependant les conditions d'englacement et le transit sédimentaire ont fort probablement eu un impact sur les plants lors de la débâcle.

## **1 Mise en contexte du projet**

L'herbier de zostère marine de la baie de Mitis est particulièrement intéressant car il abrite une grande diversité d'espèces. Cet habitat aquatique sert de pouponnière, de garde-manger, d'abri pour une foule d'organismes à la base de la chaîne alimentaire des côtes de la Mitis. De plus, un herbier de zostère marine de grande envergure et de densité élevée permet de diminuer la vitesse des courants et des vagues, d'augmenter la sédimentation des particules en suspension, de stabiliser le sol grâce à ses rhizomes et contribue ainsi à réduire l'érosion des berges (Martel et coll. 2009).

L'impact géomorphologique de la disparition des herbiers de zostères a été documenté dans les années 70 et 80 par différents chercheurs. Les plages de sable, comme celle de l'embouchure de la rivière Mitis, subissent les effets accrus des courants de marée, des vagues et des courants littoraux lors de la disparition des herbiers de zostères. Il est reconnu que la zostère marine trie les sédiments permettant aux sédiments fins de rester en place. Sans cette plante aquatique, les sables fins sont lessivés et emportés au large, exposant ainsi les littoraux aux effets de l'érosion des berges.

## **2 Localisation des sites de transplantation**

La baie de Mitis est située dans la municipalité de Grand-Métis entre les municipalités de Sainte-Flavie et de Sainte-Luce-sur-Mer. La baie de Mitis est la dernière grande baie de la rive sud de l'estuaire maritime du Saint-Laurent. La baie de Mitis est une vaste étendue littorale peu profonde qui permet l'établissement d'une végétation marine abondante. Cette dernière procure des habitats propices à plusieurs espèces animales à divers stades de leur cycle biologique (Figure 1).

Plusieurs caractéristiques physiques ont été identifiées lors de la caractérisation et ont été comparées aux critères de transplantations optimales déterminées par Lemieux et Lalumière en 1993. Cette comparaison a permis de valider la faisabilité de la transplantation de la zostère dans la baie de Mitis (Tableau 1).



Figure 1. Localisation des sites de transplantation dans la baie de Mitis.

Tableau 1. Comparaison des critères de transplantation de zostère marine selon Lalumière et Lemieux (1993) et de la caractérisation de la baie de Mitis (2013).

Critères de transplantation	Selon Lalumière et Lemieux (1993)	Selon la caractérisation de la baie de Mitis (2013)
Configuration de la côte	Vastes battures, baie, anse ou lagune protégées de l'action des vagues et du vent	Baie et battures larges entre 700 et 1200 m. protégées des vents dominants du N-O.
Sédiments	Fin (sable, limon argile)	Fin. Présence de sable limon et argile et de graviers en surface
Profondeur d'eau	≤ 2,5 m par rapport au NMM	Entre -0,70 et -1,5 m. par rapport au NMM
Salinité	Entre 5 à 30 ‰	26 ‰
Micro - topographie	Présence d'eau résiduelle à marée basse (cuvette)	Présence de nombreuses cuvettes, notamment autour de blocs glaciels
Pente bas estran	≤ 0,2 %	Entre 0,12 à 0,3 %
Vitesse du courant	≤ 20 cm/s et ≤ 40 cm/s	Entre 10 et 30 cm/s

## 2.1 Description des secteurs de plantation

Les sites de transplantation dans la baie de Mitis ont été guidés par la présence de zostère et les données physiques, soit la profondeur d'eau, la microtopographie et la distance à la côte. Les sites de plantation ont été localisés à proximité de bancs de zostères naturelles entre les stations d'échantillonnage A, B, C, cela représente des niveaux d'eau entre -0,52 m. et -0,72 m. et une distance à la côte variant entre 180 m. et 275 m. (Figure 2). Les cuvettes présentes à marée basse ont été ciblées afin que les unités de zostères transplantées soient toujours immergées. La présence de bancs de zostère naturelle à l'intérieur de cuvettes à proximité de blocs glaciels a aussi orienté le choix des sites, ces derniers font probablement office de protection contre les vagues. Trois dispositifs d'environ 5 m X 5 m ont été implantés sur le site et balisés à l'aide de quatre tiges métalliques afin d'orienter les planteurs (Figure 3).

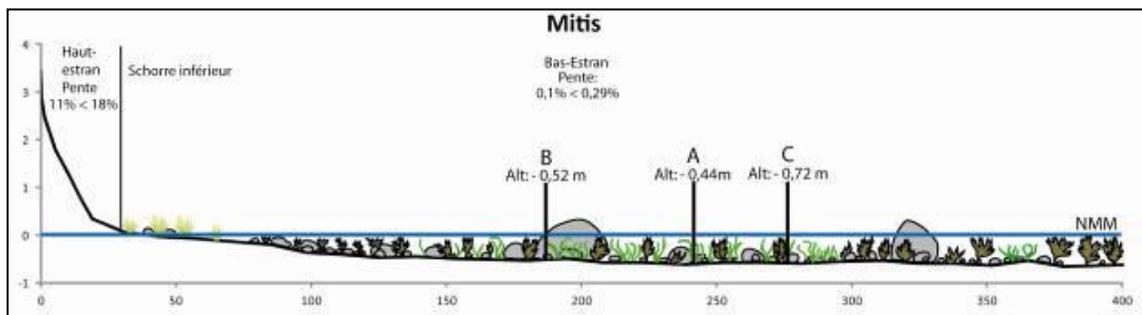


Figure 2. Profils topographiques de l'estran de la baie de Mitis. Ligne bleue : (NMM).



Figure 3. Dispositif de transplantation balisé à l'aide de tiges métalliques.

## 2.2 Description du banc donneur

L'herbier de zostère marine de la baie de Rimouski a été identifié comme « banc donneur ». Les plants récoltés doivent être le plus près possible de la population de la baie de Mitis, d'un point de vue géographique, écologique et génétique. L'herbier de la baie de Rimouski se retrouve à environ 35 kilomètres de la baie de Mitis. Aucun autre herbier de zostère ne se retrouve dans un rayon de 100 kilomètres (Martel et coll. 2009). Une zone de prélèvement projetée a été identifiée dans la portion est de l'herbier (Figure 4). L'accessibilité et la proximité du rivage ont guidé notre choix de cette zone (Bachand et coll. 2014). Les sites de récolte ont été localisés près des stations d'échantillonnage D et E et identifiés à l'aide de piquets de bois afin de diriger les cueilleurs de zostère. Ces sites sont accessibles via un petit parc municipal dans le quartier de Rimouski-Est.

En 1995 (Lemieux et Lalumière 1995), la superficie de l'herbier de zostère marine continue de la baie de Rimouski avait 126 ha. Des observations réalisées le 8 août 2014 démontrent que l'herbier continu de la baie Rimouski est de 148 ha (Figure 4). Durant une marée de vives-eaux le 17 juillet, une équipe du comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire a procédé à la délimitation de l'herbier de zostère continue à l'aide d'un GPS afin de comparer l'état actuel de l'herbier avec les superficies réalisées en 1995 par Lemieux et Lalumière. C'est une augmentation de 22 ha qui a été observé sur près de 20 ans. L'herbier a principalement progressé vers la rivière Rimouski et vers le sud.

## 3 Méthodologie

### 3.1 Demande d'autorisation

Avant le début des travaux, un résumé du projet a été soumis au ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) en vertu de l'article 22 de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (L.R.Q., c.Q-2), et au ministère Forêts, Faune et Parcs (MFFP) en vertu de l'article 128.7 de la *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune* (L.R.Q., c.C-61.1). Au niveau fédéral, le projet a été soumis au ministère des Pêches et des Océans en vertu de la *Loi sur les pêches*. Aucune autorisation ne fut nécessaire, mais des recommandations ont été faites par les différents ministères.

### 3.2 Période des travaux

Tel que recommandé dans le Guide de transplantation de la zostère marine (Lalumière et Lemieux, 1993), la transplantation a été réalisée au printemps, soit entre le 11 et le 14 juin 2014 afin de bénéficier au maximum de la saison de croissance. De plus, les travaux ont été réalisés dans une période de marée de vives-eaux afin de bénéficier d'une période de marée basse d'environ cinq heures. Durant cette période, il était prévu que la marée basse atteigne entre 0,3 m et 0,9 m en fonction du zéro des cartes marines (ZC). Les journées de transplantation ont été divisées en trois étapes afin de profiter au maximum de la marée basse. Afin de maximiser le taux de survie, il est préférable de récolter et de transplanter les plants de zostères durant la même marée basse. Le délai entre le prélèvement et la transplantation ne devait pas dépasser 24 à 36 heures sans quoi la survie des plants pouvait être compromise.

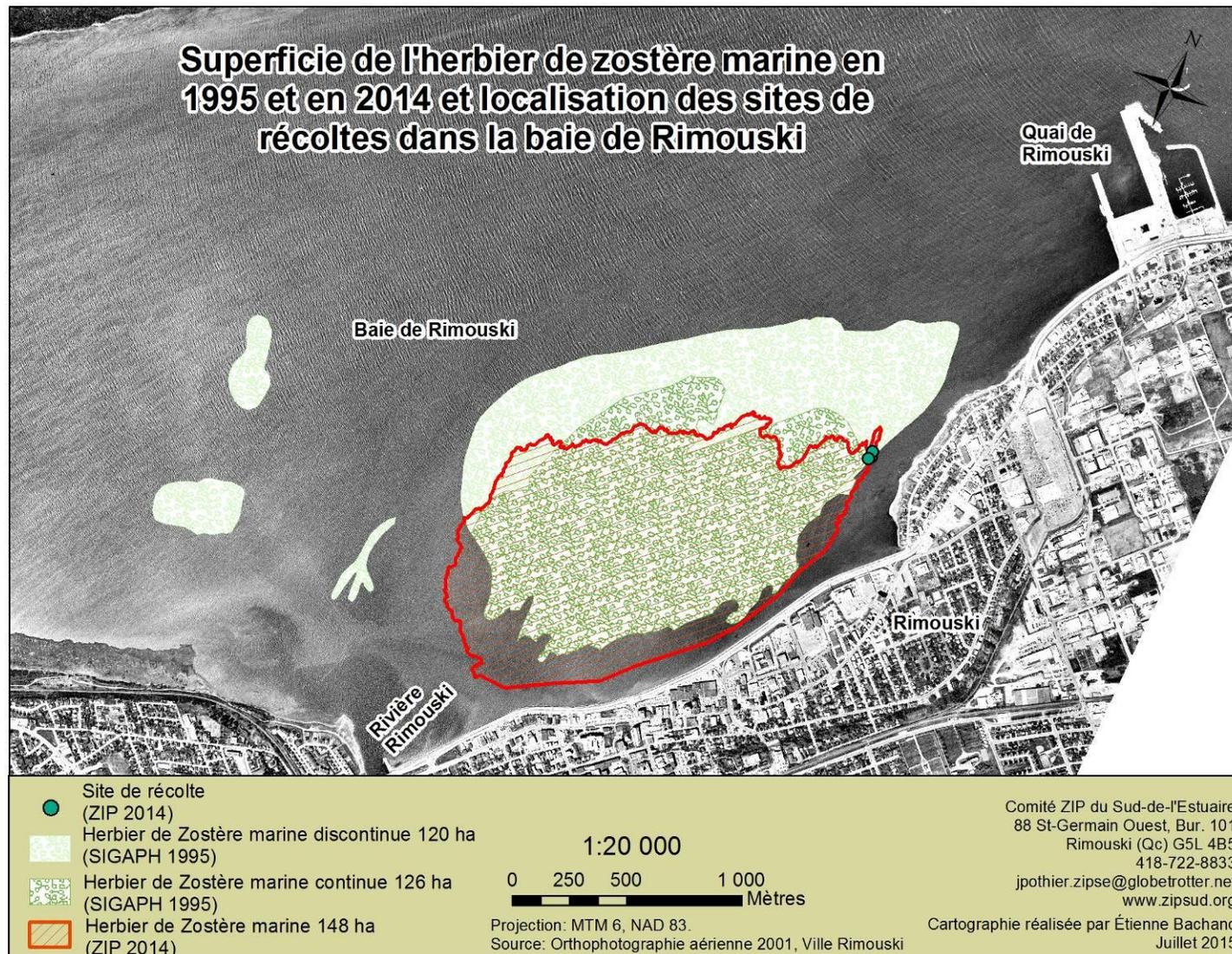


Figure 4. Superficie de l'herbier de zostère continue en 1995 et 2014 et localisation des sites de récolte.

### 3.3 Prélèvement et transport

Précédemment aux travaux, une journée a été consacrée au balisage des sites de récolte et de plantation afin de diriger les cueilleurs et les planteurs et ainsi limiter le piétinement des bancs de zostère adjacents.

La récolte s'est déroulée sur trois jours, 30 à 49 unités de zostère ont été récoltées par jour dans la baie de Rimouski (Tableau 2). La technique de prélèvement utilisée est basée sur la technique développée par Lalumière et Lemieux en 1993. La technique consiste à enfoncer verticalement un tuyau de PVC de 10 cm (4") de diamètre et de 1,5 m de long muni d'une tige rigide d'arrêt à 15 cm (6") (Figure 5). Un maillet de bois a été utilisé afin d'enfoncer le tuyau dans les sédiments silto-sableux jusqu'à la tige d'arrêt (Figure 6). En exerçant une légère pression latérale et de façon circulaire, l'unité de transplantation est dégagée. En glissant une main sous l'unité dégagée, le tube est soulevé entraînant l'unité de transplantation (Figure 7). Une légère secousse permet alors de la dégager du tube et de la déposer dans un bac en plastique (type Rubbermaid (531). Les unités ont été collées les unes sur les autres afin de conserver les sédiments autour des rhizomes (Figure 8). Une quinzaine d'unités de transplantation ont été insérées dans les bacs. Ces derniers ont été transportés de leur site de récolte à la côte à l'aide d'une brouette (Figure 9). Par la suite, les bacs ont été transportés jusque dans la baie de Mitis par la route à l'aide d'une camionnette. Les bacs ont été préalablement remplis d'eau de mer. Tel que recommandé dans le guide (Lalumière et Lemieux, 1993), une distance de 50 cm a été gardée entre chaque unité prélevée afin d'éviter de concentrer les perturbations. Aucune unité de transplantation n'a été prélevée à moins d'un mètre de la périphérie du banc, afin d'éviter l'érosion en bordure du banc donneur. Enfin, tel que recommandé, le banc de la baie de Rimouski n'a été visité qu'une fois durant l'année 2014.

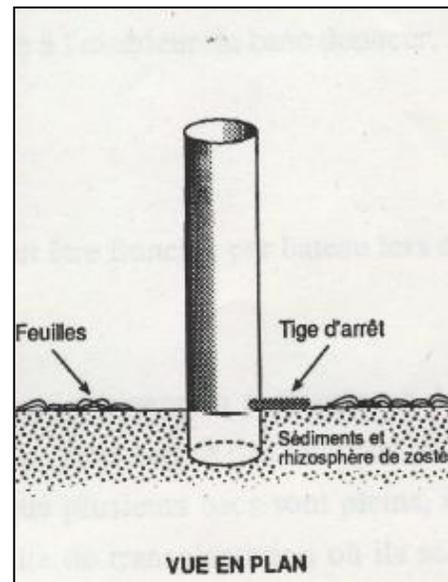


Figure 5. Tube de PVC muni d'une tige d'arrêt afin de récolter les unités de transplantation de zostère comprenant les sédiments, les rhizomes et le feuillage.

Tableau 2. Nombre d'unités de transplantation de zostère marine récoltées dans la baie de Rimouski par cueilleur et par heure de travail, lors des trois journées de transplantation.

	Nb d'unités	Temps (h)	Nb cueilleur	Nb d'unités/h	Nb d'unités/cueilleur/h
<b>12-juin</b>	30	1	4	30	7,5
<b>13-juin</b>	30	1	3	30	10
<b>14-juin</b>	49	1,25	6	36	6
<b>Total</b>	109				



Figure 7. Utilisation d'un maillet de bois pour enfoncer le tube de PVC.



Figure 6. Extraction des unités de transplantation en inclinant le tube de PVC.



Figure 9. Unités collées les unes sur les autres afin de conserver les sédiments autour des rhizomes.



Figure 8. Transport des unités de transplantation à l'aide d'une brouette.

### 3.4 Transplantation

Les trois jours de travaux ont permis de transplanter 134 unités (Tableau 3). On compte en moyenne une dizaine de plants par unité cela représente plus de 1 340 plants transplantés (Tableau 4). La superficie restaurée représente 45 m<sup>2</sup> (Tableau 5.). 25 unités proviennent de la production réalisée dans les bassins de l'Institut Maurice-Lamontagne. Afin d'expérimenter différentes méthodes de transplantation, trois sites d'environ 5 m X 5 m ont été identifiés et balisés à l'aide de tiges de métal. Trois méthodes de transplantation ont été expérimentées; soit la plantation directe (DIR), la plantation avec ancrage métallique (ANC) et la plantation avec des tuyaux de PVC (PVC). Toutes les unités ont été transplantées manuellement. La technique de plantation utilisée est basée sur la technique développée par Lalumière et Lemieux, 1993. La technique consiste à creuser un trou à l'aide d'une truelle (environ 10-15 cm de profond), d'y déposer une unité de transplantation, de combler tous les interstices et d'appuyer fermement sur l'unité afin de faire sortir les bulles d'air (Figure 10). Cette étape est primordiale afin d'éviter un déchaussement des unités lors des premières marées hautes. La transplantation a été réalisée à l'aide de 15 planteurs, composés d'employés du comité ZIP et du Parc de la rivière Mitis ainsi que de bénévoles. Les unités transplantées ont été disposées en quinconce à l'intérieur de dispositifs en forme de carré. Sous recommandation du ministère des Pêches et des Océans (MPO), la distance entre les unités transplantées a été diminuée et se situait entre 0,6 m et 0,8 m (Comm. pers.) au lieu de 1 m (Lalumière et Lemieux, 1993).

Tableau 3. Nombre d'unités de zostère marine transplantées dans la baie de Mitis par planteur et par heure de travail lors des trois journées de transplantation.

	<b>Nb d'unités</b>	<b>Temps (h)</b>	<b>Nb planteurs</b>	<b>Nb d'unités/h</b>	<b>Nb d'unités/ planteur/h</b>
<b>12-juin</b>	30	1	4	30	7,5
<b>13-juin</b>	55	3,25	5	18	3,6
<b>14-juin</b>	49	1	6	45	7,5
	134				

Tableau 4. Nombre de plants par unité de transplantation

<b>Dispositif</b>	<b>Type de plantation</b>	<b>Nbr d'unité</b>	<b>nbr de plants par unité</b>	<b>Nbr de plants total</b>
<b>1-IML</b>	Directe	25	10	250
<b>1-NAT</b>	Directe	30	10	300
<b>2-DIR</b>	Directe	49	10	490
<b>3-DIR</b>	Directe	10	10	100
<b>3-ANC</b>	Ancrage	10	10	100
<b>3-PVC</b>	PVC	10	10	100
<b>Total</b>		134		1 340

Tableau 5. Dimension, superficie et densité de transplantation pour chaque dispositif.

Dispositif	Type de plantation	Nb d'unités	Distance entre les unités (m)	Larg. X long. (m)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Densité (unités/m <sup>2</sup> )
1-IML	Directe	25	0,6 -0,7	2,0 X 4,5	9,0	2,7
1-NAT	Directe	30	0,6 -0,7	2,0 X 4,6	9,2	3,3
2-DIR	Directe	49	0,7 -0,8	3,5 X 5,0	17,5	2,4
3-DIR	Directe	10	0,6 -0,7	2,0 X 1,1	2,2	4,5
3-ANC	Ancrage	10	0,5 -0,6	1,8 X 1,7	3,1	3,2
3-PVC	PVC	10	0,6 -0,7	2,2 X 1,8	4,0	2,5
		134			45	

### 3.4.1 Dispositif 1 et 2

Le dispositif 1 comprend 30 unités de transplantation provenant de la baie de Rimouski (1-NAT) et 25 unités provenant de la production en bassin de l'IML (1-IML) (Tableau 4 et Figure 11.). La distance entre les unités est de 0,6 et 0,7 m représente une densité de plantation de 2,7 unités/m<sup>2</sup> pour le dispositif 1-IML et de 3,3 unités/m<sup>2</sup> pour le dispositif 1-NAT. Ce dispositif, d'une superficie de 18,2 m<sup>2</sup>, comprend une transplantation directe (Figure 10.), ce qui signifie qu'il n'y a aucun système de retenue des unités (voir 3.4.3 plantation à l'aide d'ancrage métallique et de tuyau de PVC).

Le dispositif 2 comprend 49 unités de transplantation provenant de la baie de Rimouski (2-DIR) (Figure 12.). La distance entre les unités est de 0,7 et 0,8 m, ce qui représente une densité de plantation de 2,4 unités/m<sup>2</sup>. Ce dispositif comprend aussi seulement une plantation directe sans aucun système de retenue d'une superficie de 17,5 m<sup>2</sup>.



Figure 10. Exemple de transplantation directe, en appuyant fermement afin de faire sortir les bulles d'air.

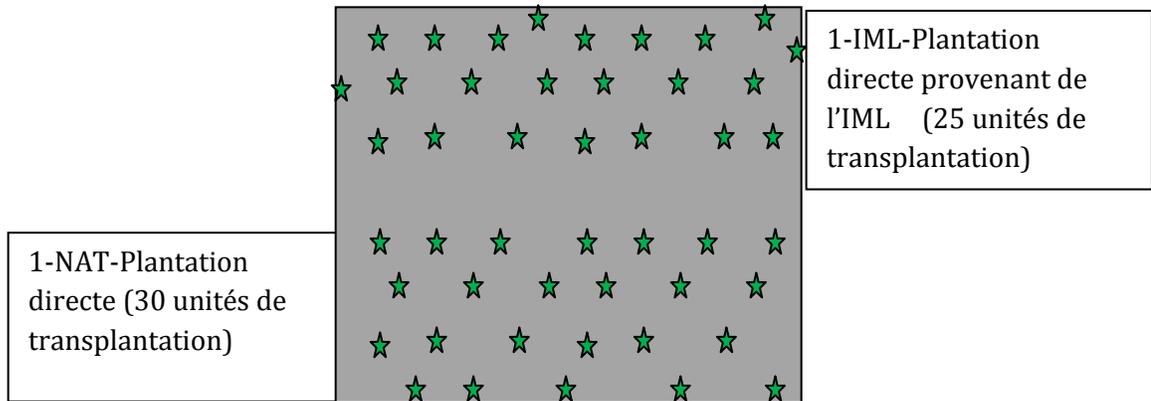


Figure 11. Croquis du dispositif 1.

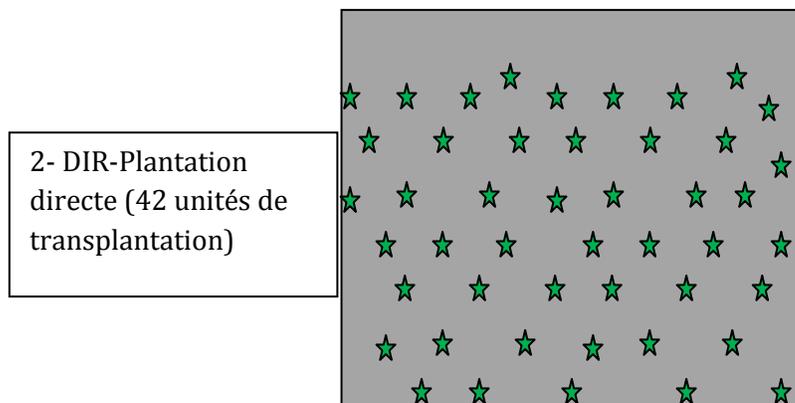


Figure 12. Croquis du dispositif 2.

### 3.4.2 Dispositif 3

Ce dispositif est divisé en trois (Figure 13.). Il a été conçu afin de tester deux techniques qui favorisent le maintien des unités dans leur trou. Ces techniques proviennent de la littérature et ont déjà été appliquées dans d'autres projets de ce type. Ce dispositif comprend dix unités transplantées directes, dix unités retenues à l'aide d'un ancrage métallique et dix unités transplantées dans des tuyaux de PVC.

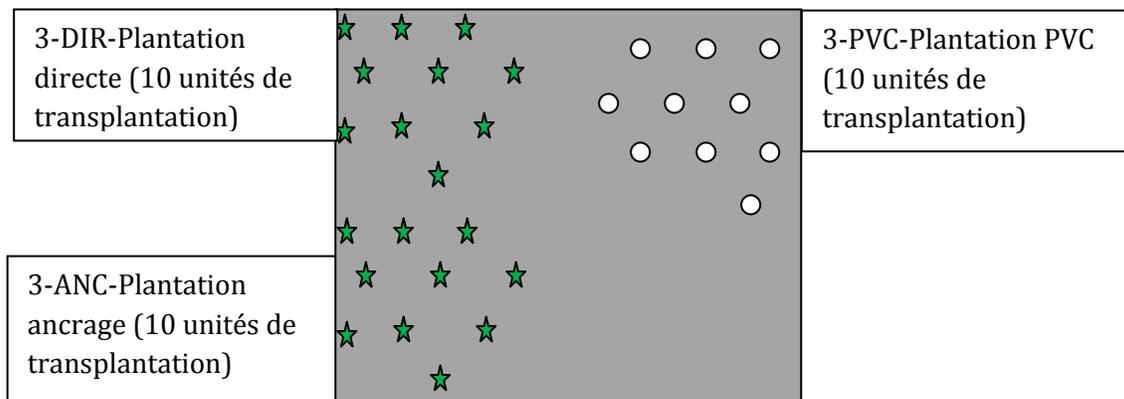


Figure 13. Croquis du dispositif 3.

### 3.4.2.1 Ancrage métallique

La technique à l'aide d'ancrage métallique consiste à insérer une tige métallique (Figure 14.) de 30 cm pliée en forme de « U » dans l'unité afin de la maintenir au sol (Bourdouresque, 2001).

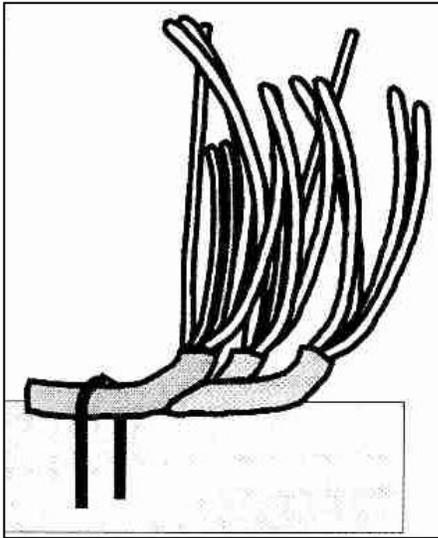


Figure 14. Ancrage métallique en forme de « U » qui retient les unités transplantées.



Figure 15. Unités de transplantation dans des tuyaux de PVC de 4'' de diamètre par 8''.

### 3.4.2.2 Tuyau de PVC

La technique à l'aide de tuyaux de PVC consiste à récolter des unités avec des tuyaux de PVC de 4'' de diamètre par 8'' (Figure 15.) et de les transplanter en les emboîtant dans un 2<sup>e</sup> tuyau de PVC de 5'' de diamètre (Figure 16.) (Boudouresque, 2001). Au site de plantation, la première étape consiste à insérer le tuyau de 5'' de diamètre dans les sédiments silto-sableux à l'aide d'un maillet (Figure 17.) À l'aide d'une truelle, les sédiments sont retirés (Figure 18.) du tuyau de 4'' afin d'insérer le tuyau de 5'' (Figure 19.). Il est important qu'il n'y ait pas de vide d'air entre l'unité de transplantation et le substrat. Afin de maintenir en place le tuyau de 4'', joindre les deux tubes avec deux attaches autobloquantes insérées dans des trous préalablement percés dans le collet des deux tubes (Figure 20).

Cette technique permet de retenir au sol les unités de transplantation (Figure 21 et 22). Selon la méthodologie proposée, il est suggéré de retirer les tuyaux de PVC à l'automne. Cependant, il a été convenu de ne pas retirer les tuyaux afin d'expérimenter l'effet des glaces sur cette technique.

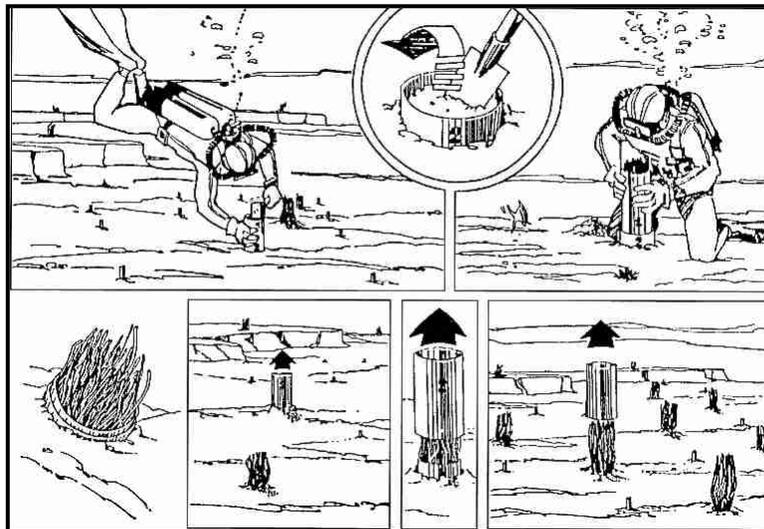


Figure 16. Technique de transplantation à l'aide de tuyau de PVC (Boudouresque, 2001).



Figure 18. Enfoncer un tuyau de 5'' de diamètre dans les sédiments silto-sableux à l'aide d'un maillet.



Figure 19. Retirer les sédiments à l'aide d'une truelle.



Figure 20. Insérer le tuyau de 4 '' contenant les plants de zostères dans le tuyau de 5''.



Figure 17. Joindre les deux tubes avec des attaches autobloquantes.



Figure 21. Cette technique permet de retenir au sol les unités de transplantation.



Figure 22. Dispositif 3-PVC après la transplantation.

### 3.5 Production en bassins

La production de zostère marine en bassins à flots continus a permis de confirmer la faisabilité de cette production et de déterminer les paramètres optimaux de production. De plus, un repiquage a été réalisé.

#### 3.5.1 Montage des bassins an 1

La production a été réalisée dans des bassins inoccupés de l'Institut Maurice-Lamontagne (IML) dans un système ouvert. Le montage initial comprenait quatre bassins de 0.6m x 0.9m x 0.3m de 35,6 gallons alimentés en eau salée en flots continus. L'eau directement pompée dans l'estuaire du Saint-Laurent est filtrée et alimente les réservoirs de l'IML. Cette eau a une salinité qui se situe entre 28 ‰ et 30 ‰ et une température oscillante entre 2 et 6 °C qui peuvent varier en fonction des conditions météorologiques et des courants. Chacun des bassins était pourvu de blocs à oxygène permettant un apport en oxygène dans l'eau (Figure 23).

Les débits d'eau de chacun des bassins ont été ajustés à 2,5 l/min afin d'avoir un changement d'eau régulier et éviter l'anoxie dans les bassins.

Le spectre de lumière utilisé était composé de deux combos de néons de 32 W de 6 500 K (2700 lumens) et de 4 100 K (2800 lumens) par bassins permettant un spectre de lumière reproduisant la lumière naturelle. Un cycle de luminosité a été établi afin de simuler les cycles des marées ainsi que le cycle du jour et de la nuit. Le cycle de départ était de 14 h de luminosité entre 6 h à 20 h.



Figure 23. Montage complet des 4 bassins utilisés pour la production de zostère, alimentation en eau salée, oxygène et éclairage à l'aide de 2 combos de néon 6 500 K et de 4 100 K par bassin.

### 3.5.2 Production de zostères marines an 1

La production en bassins a débuté le 8 novembre 2013. Pour ce faire, 17 unités de transplantation ont été prélevées dans la baie de Rimouski en utilisant la technique développée par Lalumière et Lemieux, 1993. Des sédiments ont aussi été prélevés dans la baie de Rimouski afin de réaliser le repiquage des unités au cours de l'expérience. Les unités et le sédiment ont été transportés à l'aide de bacs en plastique rigide. La production initiale a débuté dans les bassins A et C tandis que les bassins B et D servaient de réserves de sédiment.

Après avoir abaissé le niveau d'eau, les sédiments ont été déposés en vrac dans les bassins A et C (Figure 24). Par la suite, les unités de transplantation ont été insérées (Figure 25) dans les sédiments et le niveau d'eau a été rehaussé. Les unités ont été numérotées (Figures 26 et 27).



Figure 24. Déposition des sédiments en vrac et transplantation des plants de zostères.

Figure 25. Remplissage du bassin à la suite de la transplantation.



Figure 26. Numérotation des unités de transplantation de zostère.

Figure 27. Vue sous-marine du bassin après la transplantation, bloc à oxygène en arrière-plan.

### 3.5.3 Montage des bassins an 2

Pour la 2<sup>e</sup> année de production, des bassins différents ont été utilisés, puisque la salle et les bassins utilisés à l'an 1 ont été réquisitionnés par des chercheurs de l'IML. Le montage a été adapté aux nouvelles installations. L'apport en eau douce et salée a été assuré. Le montage comprend deux bassins suédois de 1,0 m x 1,0 m x 0,42 m de 92,4 gallons alimentés en eau salée en flots continus (Figure 28). Les bassins ont été remplis à une hauteur de 0,31 m, ce qui représente 68,2 gallons. Ces bassins offrent une surface disponible plus grande et le siphon pour le renvoi de l'eau se trouve au centre et au fond des bassins. Cette particularité a pour effet de modifier la circulation de l'eau dans les bassins.

Afin de ne pas stresser les zostères, nous avons opté pour une période d'acclimatation. Nous avons diminué graduellement la salinité de l'eau en augmentant l'eau douce et en diminuant l'eau salée. L'arrivée d'eau salée avait une concentration de 28,5 ‰. Pour débuter, nous avons calibré les débits de départ à 8 L/min d'eau douce et 8 L d'eau salée, ce qui a donné un mélange de départ d'eau saumâtre de 13,2 ‰. La température de l'eau était de 8,3 °C.

Le même spectre de lumière a été utilisé, soit deux combos de néons de 32 W de 6 500 K (2700 lumens) et de 4 100 K (2800 lumens) par bassin, permettant un spectre de lumière reproduisant la lumière naturelle. Un cycle de luminosité a été établi afin de simuler les cycles des marées ainsi que le cycle du jour et de la nuit. Le cycle de départ était de 14 h de luminosité entre 7 h à 21 h.

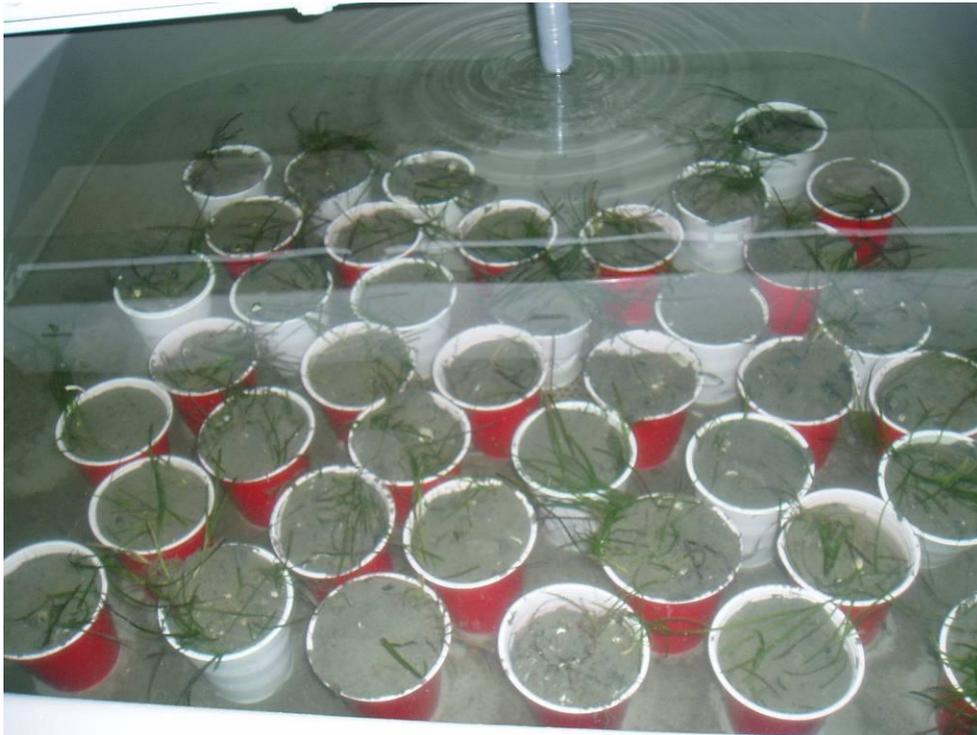


Figure 28. Remplissage du bassin à la suite de la transplantation.

### 3.5.1 Production de zostères marines an 2

La production en bassins a débuté le 10 novembre 2014. Pour ce faire, 40 unités de transplantation ont été prélevées dans la baie de Rimouski en utilisant la technique développée par Lalumière et Lemieux, 1993. Des sédiments ont aussi été prélevés dans la baie de Rimouski afin de réaliser le repiquage des unités au cours de l'expérience. Les unités et le sédiment ont été transportés à l'aide de bacs en plastique rigide. Les unités de transplantation ont été directement mises en pot avant de les introduire dans le bassin A, tandis que le bassin B a servi de réserve de sédiment. Chaque unité a été numérotée et disposée afin de couvrir l'ensemble du bassin. Chaque unité a aussi été mesurée. La plus grande tige a été mesurée ainsi qu'une grandeur moyenne des tiges a été notée.

## 4 Suivi des travaux

### 4.1 Transplantation – An 1

Lors de l'été et l'automne 2014, l'équipe du comité ZIP a visité à sept reprises le site de plantation et un dénombrement des unités de transplantation a été réalisé (Tableau 6). De manière générale, les unités de transplantation ont bien réagi à la transplantation. Cependant, on observe quelques pertes d'unités à partir de la deuxième visite du 26 juin dans les dispositifs 1-IML et 1-NAT. Tandis que dans le dispositif 3-PVC, on note la mortalité de deux unités. Par la suite, lors des visites subséquentes, la perte d'unités est relativement faible. On note par contre dans le dispositif 3-PVC une forte proportion de pertes puisqu'en date du 10 novembre, quatre unités sur dix ont disparu. À pareille date, on note la mortalité de six unités dans le dispositif 1-IML. On observe dans les dispositifs 1-NAT et 2-DIR la perte d'unités lors d'une visite et une augmentation d'unités lors de la visite suivante. Cette légère variation est soit causée par une erreur de dénombrement ou par l'implantation de nouvelles tiges de zostères. On note que le taux de survie des unités transplantées varie entre 60 % (3-PVC) et 104 % (2-DIR). Enfin, sur l'ensemble des dispositifs, on note un taux de survie moyen de 93 %.

Tableau 6. Taux de survie des unités de transplantation par dispositif en 2014.

Dispositif	Type de plantation	2014-06-14	2014-06-26	2014-07-09	2014-08-13	2014-08-26	2014-09-18	2014-11-10	Taux de survie
1-IML	Directe	25	24	25	21	21	20	19	76 %
1-NAT	Directe	30	29	29	29	29	28	29	97 %
2-DIR	Directe	49	49	49	49	48	49	51	104 %
3-DIR	Directe	10	10	10	10	10	10	9	90 %
3-ANC	Ancrage	10	10	10	10	10	10	10	100 %
3-PVC	PVC	10	8	7	6	6	6	6	60 %
		134	130	130	125	124	123	124	93 %



Figure 29. Dispositif 1-NAT après la transplantation le 13 juin 2014.



Figure 30. Dispositif 1-NAT lors du dernier suivi du 10 novembre 2014.



Figure 31. Accumulation de sédiments en petits monticules lors du dernier suivi du 10 novembre 2014.

On observe que la majorité des unités transplantées ont bien progressé au cours de la période de suivi (Figure 29 et 30.). On note que les unités ont progressé en forme de couronne et l'on observe de petits monticules liés à l'accumulation de sédiment. On note aussi à plusieurs endroits une accumulation de sédiment entre les petits monticules qui démontre bien le rôle de la zostère dans le captage de sédiments (Figure 31). Aucune mesure n'a été prise au niveau du diamètre des unités. Cependant, les unités de transplantation lors de leur implantation avaient toutes un diamètre de 10 cm (4'') et lors de notre dernière visite, certaines avaient certainement triplé leur diamètre. Il serait fort pertinent lors de plantations subséquentes, de réaliser un suivi sur l'évolution du diamètre des unités de transplantation et des couronnes de zostère. Les conditions météorologiques favorables durant la période de suivi ont probablement favorisé la progression positive de la zostère transplantée. Aucun événement extrême de tempête ou de grande marée n'est venu endommager la transplantation.

## 4.2 Production en bassins – An 1

Un suivi de la production a été réalisé environ toutes les deux semaines, 14 visites ont été effectuées entre la mise en eau des unités de transplantation le 8 novembre 2013 et la transplantation le 12 juin 2014. Au cours de la période de suivi, plusieurs modifications des paramètres et manipulations ont été nécessaires afin de pallier à la surproduction d'algues et l'identification de paramètres optimaux de croissance. Les principales étapes seront résumées.

Dès les premières visites en décembre 2013, nous avons noté l'apparition d'algues brunes (Figures 32 et 33). Les premières étapes ont été de diminuer l'oxygène et de procéder à un nettoyage manuel des parois des bassins et des plants de zostères.



Figure 33. Apparition d'algues brunes et filamenteuses. Figure 32. Apparition d'algues brunes et filamenteuses.

En janvier 2014, il y avait une forte prolifération d'algues brunes, nous avons donc procédé à un nettoyage vigoureux des parois des bassins et des feuilles de zostère à l'aide de brosses et de brosses à dents (Figures 34 et 35). Un brassage rigoureux de l'eau à l'aide d'une époussette permettait d'extraire une bonne quantité d'algues. Afin de diminuer la production d'algues, nous avons diminué l'éclairage à 10 h entre 7 h et 17 h et augmenté les débits d'eau (6 L/min) afin de diminuer le temps de stagnation de l'eau dans les bassins. Jusqu'au mois de mars, nous avons procédé à ce nettoyage malheureusement sans succès.

En mars, le bassin « C » était complètement envahi par différentes algues brunes, filamenteuses et laminaires (Figures 36 et 37). Un nettoyage en profondeur du bassin et des sédiments a été réalisé. Les plants de zostères ont été repiqués temporairement dans un bassin. L'eau a été retirée du bassin et les sédiments ont été passés à l'autoclave 30 minutes à 240 °F.



Figure 35. Brassage de l'eau à l'aide de l'épuisette afin de décoller les algues.



Figure 34. Récolte et élimination des algues à l'aide d'une épuisette.

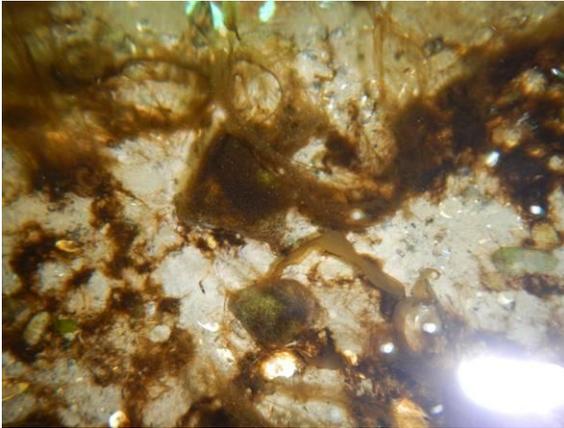


Figure 36. Prolifération de plusieurs variétés d'algues, entre autres des laminaires.



Figure 37. Prolifération de plusieurs variétés d'algues s'accrochant aux tiges et aux feuilles.

Afin de faciliter le nettoyage et la manipulation des plants de zostères ainsi que la transplantation au printemps, les sédiments ont été déposés dans des contenants de 16 oz. Après avoir bien nettoyé les feuilles et les racines des plants de zostères à l'eau douce (Figure 38), ceux-ci ont été transplantés dans les contenants et remis dans un bassin d'eau salée (Figure 39). Quelques plants ont subi un traitement choc afin d'éliminer les algues, soit une immersion complète en eau douce durant 48 h. La zostère est une espèce qui peut tolérer de très grandes variations de salinité. Cependant, aucune information n'était disponible sur la durée de temps que la zostère pouvait tolérer ces conditions et quel taux minimal de salinité, la zostère peut tolérer sur une longue période de temps. La zostère a très bien réagi à la transplantation et à son séjour en eau douce. Cependant, quelques jours après son retour en eau salée, la prolifération d'algues a recommencé (Figures 40 et 41).



Figure 38. Transplantation des plants de zostères dans des contenants de 16 oz avec des sédiments traités à l'autoclave.



Figure 39. Plants de zostères dans des contenants qui facilitent leur manipulation et nettoyage.

Tant que le taux de salinité serait élevé (entre 28 ‰ et 30 ‰), les algues continueraient à proliférer, tandis que la zostère ne faisait que végéter, aucun signe de croissance n'avait été noté.

Puisque le test de 48 h dans l'eau douce avait bien fonctionné, il a été décidé de diminuer progressivement la salinité en réalisant un mélange d'eau salée et d'eau douce afin d'obtenir une eau saumâtre.

Le 1<sup>er</sup> mai, il a été possible de réaliser ce mélange d'eau saumâtre grâce à la modification du système d'alimentation en eau par les techniciens de l'Institut Maurice-Lamontagne. Le mélange fut réalisé progressivement afin d'éviter de stresser davantage les plants. Le premier mélange fut d'ajuster les débits de l'eau douce (6L/min) et de l'eau salée (10L/min) afin d'obtenir une eau à 18 ‰. Le mélange avec l'eau douce a aussi provoqué une légère hausse de la température de l'eau à 8 °C. Cette augmentation de la température ne pouvait que favoriser la croissance de la zostère puisque cette dernière peut aussi tolérer de grandes variations de température.



Figure 41. Prolifération des algues malgré la transplantation et un traitement à l'eau douce.



Figure 40. Nettoyage de la zostère à la brosse à dents.

Le 5 mai, les débits de l'eau salée et de l'eau douce ont été modifiés à 8L/min afin d'obtenir une eau salée de 14 ‰.

Le 13 mai, le débit de l'eau salé a été ajusté à 6L/min et l'eau douce à 10L/min afin d'obtenir une eau saumâtre à 8 ‰. Après seulement deux semaines d'une eau saumâtre, la prolifération des algues avait largement diminué (Figure 42.) et on notait une croissance des plants de zostères. Certains plants ont même atteint la surface de l'eau (Figure 43.).



Figure 43. Diminution de la prolifération des algues.



Figure 42. Croissance des plants de zostères, certains ont atteint la surface de l'eau.

Le 25 mai, un dernier ajustement de l'eau a été réalisé afin d'obtenir une salinité de 5 ‰ en mélangeant une eau salée à un débit de 3L/min et une eau douce à 8L/min. La température de cette eau saumâtre se situait entre 8 et 10 °C.

Enfin, le 11 juin, les plants de zostères ont été prélevés des bassins afin d'être transplantés dans la baie de Mitis (Figures 44 et 45.). Les plants présentaient un très bon aspect général, une nette croissance est notée et la densité des tiges a bien progressé. Il aurait probablement été mieux de refaire l'exercice inverse, soit de remonter la salinité avant la transplantation. Mais le manque de temps a fait en sorte que les plants sont directement passés d'une eau saumâtre à l'eau salée de la baie de Mitis.



Figure 44. État des plants de zostères avant leur transplantation dans la baie de Mitis.



Figure 45. État des plants de zostères avant leur transplantation dans la baie de Mitis.

### 4.3 Transplantation – An 2

Lors de l'été 2015, l'équipe du comité ZIP a visité à deux reprises le site de plantation. Le dénombrement et le suivi des unités de transplantation ont été difficiles. Tout d'abord, plusieurs tiges métalliques de repère ont été arrachées par les glaces, ce qui a rendu difficile le repositionnement des dispositifs. De plus, plusieurs unités de transplantation n'ont pas été retrouvées à la suite de l'hiver, tel qu'illustré dans le tableau 7. Seulement 40 % des unités de transplantation ont été retrouvées. La technique de suivi par unité de transplantation n'était pas adéquate. À plusieurs endroits, il était difficile de distinguer les unités transplantées et celles naturelles puisque des unités naturelles ont poussé au travers des unités transplantées. Par contre, de nombreuses unités qui ont survécu ont bien progressé, puisque le diamètre des unités a augmenté. Nous avons observé par endroits des unités ayant un diamètre de plus de 45 cm. Le nombre de plants par unité a donc largement augmenté. Ainsi, la moyenne de 10 plants par unités est passée à plusieurs centaines de plants par unité. Nous avons tout de même, lors de nos visites de suivi, réalisé un dénombrement des unités de transplantation, et nous avons estimé un nombre de plants par unité lors de notre dernière visite.

Tableau 7. Taux de survie des unités de transplantation par dispositif en 2015.

Dispositif	Type de plantation	2014-06-14	2014-11-10	2015-06-04	Taux de survie
1-IML	Directe	25	19	0	0 %
1-NAT	Directe	30	29	16	53 %
2-DIR	Directe	49	51	29	59 %
3-DIR	Directe	10	9	3	30 %
3-ANC	Ancrage	10	10	1	10 %
3-PVC	PVC	10	6	5	50 %
		134	124	54	40 %

On note que les deux dispositifs qui ont le mieux fonctionné sont le 1-NAT et le 2-DIR et que les deux ont été réalisés à l'aide d'une plantation directe sans aucun système de retenue (Tableau 7.). Les dispositifs avec ancrage et tube de PVC n'ont pas donné de bons résultats. On note aussi qu'aucun plant en provenance de la production de plants de l'an 1 de l'IML n'a survécu à l'hiver. Il est difficile d'affirmer que la provenance des plants a une influence sur sa survie puisqu'aucun répliat ne peut confirmer ou infirmer cette hypothèse.



Figure 46. Mélange de zostères naturelles et de transplantées.

Par contre, lorsqu'on regarde le nombre de plants total, il est 15 fois plus élevé (20 775 plants) que lors de la plantation (Tableau 8) (Figure 47 à 50).

Tableau 8. Nombre de tiges par unité le 19 août 2015.

Dispositif	Nbr d'unités	nbr de plants par unité	Nbr de plants totaux
1-IML	0	0	0
1-NAT	5	75	375
1-NAT	3	250	750
1-NAT	8	500	4000
2-DIR	29	500	14500
3-DIR	1	30	30
3-DIR	2	300	600
3-ANC	1	100	100
3-PVC	4	30	120
3-PVC	1	300	300
<b>Total</b>			<b>20 775</b>



Figure 48. Unité de transplantation de zostère lors de la plantation en 2014.



Figure 47. Unité de transplantation de zostère lors de la dernière visite en août 2015.



Figure 50. Unité de transplantation de zostère lors de la plantation en 2014.



Figure 49. Unité de transplantation de zostère lors de la dernière visite en août 2015.

#### 4.2.1 Plantation 2015

Le 4 juin 2015, les unités de transplantation produites à l'IML ont été transplantées dans la baie de Mitis. 43 unités ont été transplantées en deux dispositifs (Tableau 9) (Figure 51 et 52.).

Tableau 9. Dimension, superficie et densité de transplantation pour les dispositifs de la plantation en 2015.

Dispositif	Type de plantation	Nb d'unités	Distance entre les unités (m)	Larg. X long. (m)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Densité (unités/m <sup>2</sup> )
4-ouest	Directe	23	0,4 -0,6	5,0 X 1,5	7,5	3,1
4-Est	Directe	20	0,4-0,6	5,0 X 1,5	7,5	2,7



Figure 52. Dispositif 4-Est plantation 2015 en demi-cercle.



Figure 51. Dispositif 4-Ouest, plantation 2015 en demi-cercle.

Lorsqu'on inclut la plantation de 2015, on atteint presque 60 % de taux de survie (Tableau 10).

Tableau 10. Taux de survie des unités de transplantation par dispositif incluant la plantation de 2015.

Dispositif	Type de plantation	2014-11-10	2015-06-04	2015-08-19	Taux de survie
1-IML	Directe	19	0	0	0 %
1-NAT	Directe	29	16	16	55 %
2-DIR	Directe	51	29	29	57 %
3-DIR	Directe	9	3	3	33 %
3-ANC	Ancrage	10	1	1	10 %
3-PVC	PVC	6	5	5	83 %
4-ouest	ARC		23	21	91 %
4-est	ARC		20	20	100 %
		167	97	95	57 %

### 4.3 Production en bassins – An 2

Un suivi de la production a été réalisé environ toutes les deux semaines, 14 visites ont été effectuées entre la mise en eau des unités de transplantation le 10 novembre 2014 et la transplantation le 4 juin 2015. Au cours de la période de suivi, quelques modifications des paramètres et manipulations ont été nécessaires afin de diminuer la production d'algues et de raffiner les paramètres optimaux de croissance. Les principales étapes seront résumées.

Une première visite a été réalisée le 19 novembre, soit 9 jours plus tard, et nous avons réajusté la salinité de l'eau en augmentant l'eau douce à 14 L/min et l'eau salée à 4 L/min, ce qui a généré une eau faiblement salée de 5,9 ‰ et une température de 9,3 °C. La zostère est en bon état et aucune présence d'épiphytes ou de diatomée ne fut relevée.

Lors de notre visite suivante, le 8 janvier 2015, aucun épiphyte ne fut observé. Par contre, nous avons noté la forte présence d'algue verte filamenteuse avec une très forte densité près de l'arrivée d'eau (Figure 53 et 54.). L'espèce d'algue n'a pu être identifiée, mais il s'agit fort probablement d'une espèce d'algue d'eau douce. Afin de diminuer la forte présence de cette algue, quelques manipulations ont été réalisées; augmenter la salinité pendant 24 h, diminuer la luminosité à 10 h (en 7 h et 17 h), installer des néons neufs, ajouter de l'oxygène, nettoyage du bassin, peu de résultats ont été observés. Par contre, nos observations ont permis de constater que d'augmenter les débits permettait de brasser davantage l'eau et de diminuer la stagnation de l'eau. La disposition de l'arrivée d'eau a été modifiée. Un tuyau circulaire perforé a été installé au fond du bassin et le drain qui se trouvait au fond du bassin a été modifié par une cheminée au centre du bassin (Figure 55.). Ce montage a permis de créer un mouvement de l'eau du fond vers la surface et des côtés vers le centre. Les résultats n'ont pas été immédiats, mais une forte augmentation des débits à 35 l/min (25 l/min d'eau douce et de 10 l/min d'eau salée), ce qui représente une salinité de 9,8 ‰ et une température de 8,5 °C, a permis de diminuer la formation d'algues vertes filamenteuses. Le meilleur moyen de contrôle reste encore de réaliser un nettoyage manuel des

bassins toutes les 2 semaines. D'autres manipulations ou d'autres montages auraient été nécessaires afin bien contrôler les algues.



Figure 54. Algue verte filamenteuse.



Figure 53. Algue verte filamenteuse.



Figure 55. Tuyau circulaire et drain au centre du bassin.

#### 4.3.1 Croissance des plants

La lutte contre les algues est restée encore pour cette 2<sup>e</sup> année de production notre principale préoccupation. La croissance des plants de zostères a été suivie à chacune de nos visites. Lors de la première visite, nous avons mesuré la longueur de la tige la plus longue (max) et une longueur moyenne de chacune des unités de transplantation (Figure 56, 57). Par la suite, lors des visites subséquentes, 1 unité sur 3 a été remesurée. Enfin, lors de la dernière visite, l'ensemble des unités ont été mesurées. On note une variation de la croissance de la plus longue tige, qui varie entre -2 cm et 13 cm et une moyenne de 4,0 cm. Tandis que pour la longueur moyenne des unités de transplantation on note une variation de croissance semblable, qui se situe entre -1 cm et 12 cm pour une moyenne de 4,5 cm. Les figures démontrent une croissance de l'unité de transplantation #28 de 10 cm de la tige max entre le 10 novembre 2014 et le 4 juin 2015.

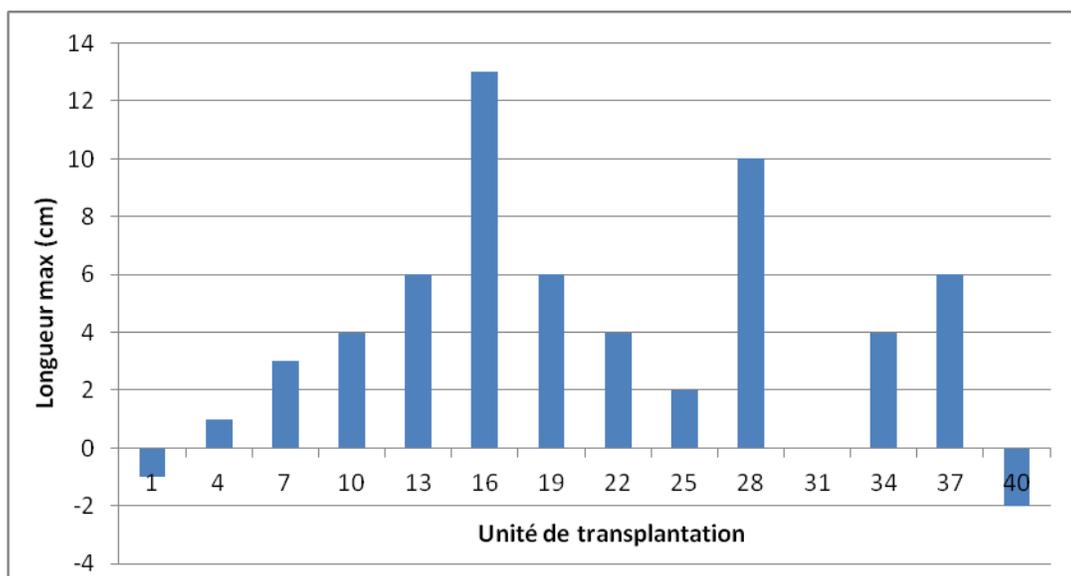


Figure 56. Variation de la longueur max des unités de transplantation entre le 10 novembre 2014 et le 4 juin 2015.

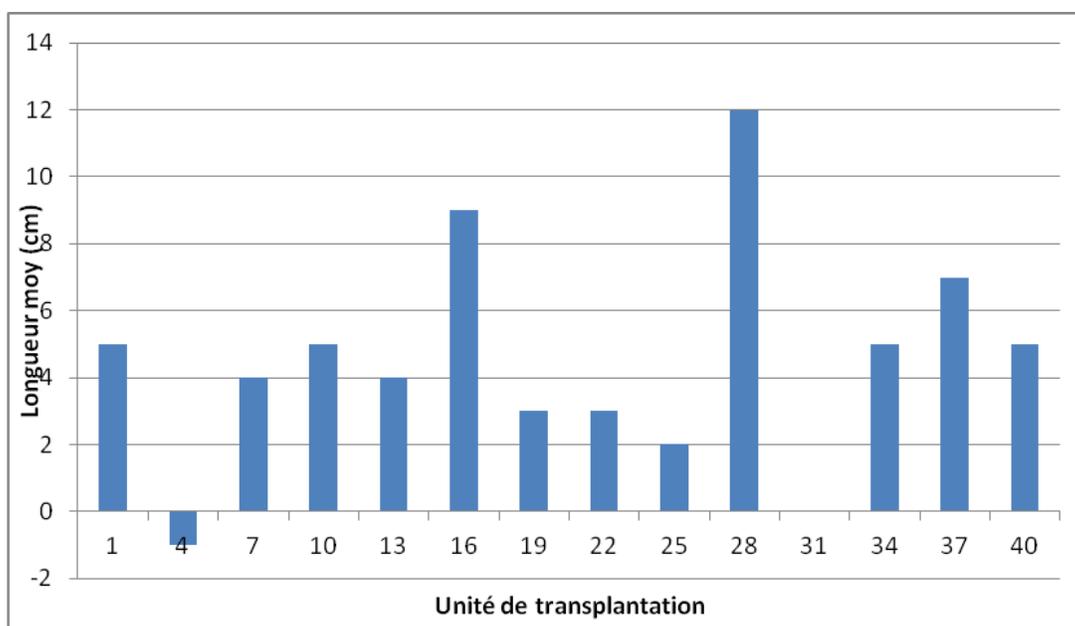


Figure 57. Variation de la longueur moyenne des unités de transplantation entre le 10 novembre 2014 et le 4 juin 2015.



Figure 59. Unité de transplantation #28 le 10 novembre 2014.



Figure 58. Unité de transplantation #28 le 4 juin 2015.

En regardant la croissance moyenne de l'ensemble des unités de croissance, on observe une croissance importante dans le premier mois (Figure 60.). Par la suite, on observe une croissance plutôt régulière jusqu'au début du mois d'avril et une décroissance jusqu'au mois de juin. Cette observation est notable autant pour la longueur moyenne et la longueur maximum des tiges.

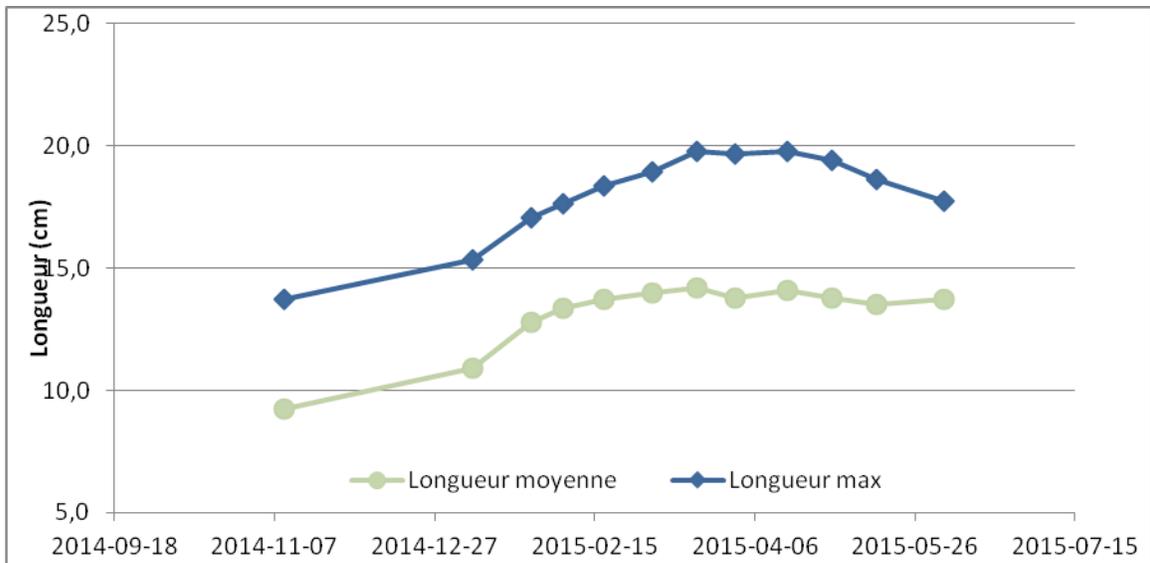


Figure 60. Moyenne de l'ensemble des unités de transplantation de la longueur moyenne des unités de transplantation entre le 10 novembre 2014 et le 4 juin 2015.

Probablement que la prolifération des algues vertes filamenteuses a perturbé la croissance des plants. Peut-être aussi que la zostère est seulement dans une période de « dormance hivernale » comme en milieu naturel. Il serait intéressant de refaire cette expérience durant l'été afin de voir si la saison a une influence sur sa croissance. La faible croissance des plants de zostères n'a pas permis de faire un repiquage de l'ensemble des plants comme prévu. Un test a été réalisé sur 2 unités. L'unité #6 a été divisé en deux et l'unité #23 a été divisé en trois. La densité de racine dans les unités divisées était relativement faible. Il a été jugé plus prudent de ne pas affaiblir les unités quelques semaines avant la transplantation dans la baie de Mitis.

## 5 Conclusion

La caractérisation réalisée en 2013 a permis de faire ressortir de fortes similitudes entre la baie de Mitis et la baie de Rimouski. Ce qui a permis de réaliser une transplantation dans la baie de Mitis de 1 300 plants en 2014 et de 430 en 2015. De plus, la caractérisation a permis de réaliser un suivi de l'herbier de la baie de Rimouski et de déterminer que sa superficie a augmenté de 22 ha en vingt ans.

Les transplantations réalisées en 2014 ont permis de montrer une excellente reprise lors de l'été 2014. On note un taux de survie moyen de 93 % des unités transplantées. Cependant, lors du printemps 2015, seulement 40 % des unités transplantées ont été retrouvés. Toutefois, lorsque l'on inclut la plantation de 2015, le taux de survie atteint 57 %. Les unités survivantes ont montré pour la plupart une forte croissance au niveau du diamètre, passant de 10 cm au départ à 45 cm. De plus, le nombre de plants par unité a été multiplié par 15, passant de 10 plants à près de 500 plants par unité de transplantation. On note que les unités ont progressé en forme de couronne et l'on observe de petits monticules liés à l'accumulation de sédiment. On note aussi à plusieurs endroits une accumulation de sédiment entre les petits monticules qui démontrent bien le rôle de la zostère dans le captage de sédiments.

La culture en bassin de la zostère a permis de déterminer qu'il est possible de produire de la zostère en bassin. Cependant, durant les 2 années de production, la croissance a été limitée par la croissance d'épiphyte lorsque la salinité est trop haute ( $> 25 \text{ ‰}$ ) et d'algues vertes filamenteuses lorsque la salinité est trop basse ( $< 10 \text{ ‰}$ ). Une salinité d'environ 10 ‰, une température d'environ 8 °C et un nettoyage des bassins permettent la croissance de la zostère. Par contre, l'étape du repiquage n'a pas été réalisée à cause d'une faible croissance du système racinaire.

Enfin, malgré un taux de survie légèrement plus faible que prévu des unités transplantées, nous croyons que les conditions dans la baie de Mitis sont propices à une transplantation de zostères de plus grande envergure, puisque les unités qui ont survécu ont démontré une forte croissance et une forte augmentation en nombre de tiges. Cependant, le choix des microsites de transplantation et le système de suivi seraient à améliorer.

## 6 Recommandations

Il serait important lors de travaux subséquents de transplantation de zostère de réaliser un système de suivi mieux adapté à cette plante. À plusieurs endroits lors de la 2e année de suivi, il était difficile de déterminer les plants de zostères naturelles et les unités de transplantation. Il serait important d'implanter un système de balise qui résisterait aux mouvements des glaces.

De plus, un système permettant de suivre l'évolution du diamètre des unités de transplantation devrait être ajouté dans les activités de suivi.

Il serait pertinent de tenter de comprendre pourquoi un microsite est plus propice qu'un autre. À certains endroits, il était difficile de comprendre pourquoi une unité avait survécu et à quelques centimètres l'unité n'avait pas survécu.

D'autres expériences de production de zostère en bassin devraient être menées afin de raffiner les paramètres de croissance, par exemple augmenter la température de l'eau et ajouter des nutriments dans l'eau. De plus, des expériences entre la zostère et des poissons ou des littorines pourraient être envisagées afin de limiter la croissance des algues et des épiphytes.

Il serait important lors d'expérience subséquente de transplantation de zostère à partir de production de plants en bassin de réaliser une période d'acclimatation des plants avant de les transplanter en milieu naturel, en remontant graduellement la salinité.

Il serait intéressant de réaliser des expériences de production zostères en bassin durant la saison estivale pour valider la cause de l'arrêt de la croissance.

## 7 Références

- Bachand, É., Joubert, J-E., Pothier, J. 2014. RESTAURATION DE L'HERBIER DE ZOSTÈRE MARINE (*Zostera marina* L.) DANS LA BAIE DE MITIS, GRAND-MÉTIS – Rapport de caractérisation, Rimouski, 43 p.
- Bachand, E. (2011). Caractérisation de l'embouchure de la rivière Mitis, Rapport remis au Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, 16 p.
- Bernatchez, P. et J.-M. Dubois. 2004. Bilan des connaissances de la dynamique de l'érosion des côtes du Québec maritime laurentien, *Géographie physique et quaternaire*, vol. 58, n° 1, p. 45-71.
- Bernatchez, P., Fraser, C., Lefaiivre., 2008. *Effets des structures rigides de protection sur la dynamique des risques naturels côtiers : Érosion et submersion*. Comptes rendus de la 4<sup>e</sup> conférence canadienne sur les géorisques : des causes à la gestion. Presse de l'Université Laval, Québec, 594 p.
- Boudouresque, C-F. (2001). La restauration des écosystèmes à phanérogames marines (p.63). Dans Restauration des écosystèmes côtiers : actes du colloque (Brest, 8-9 novembre 2000). Actes de Colloques - IFREMER, 29. IFREMER : Plouzané. 376 pp.
- Côté, M., C. Leblanc-Jomphe et N. Samuel-Leduc. 2013. Portrait biologique de la zone côtière de Grand-Métis et de Métis-sur-Mer En date du 11 au 13 octobre 2013. Rapport réalisé dans le cadre du cours Gestion intégrée des zones côtières. GEO 301-09. Université du Québec à Rimouski. 10 décembre 2013
- CREGIM, 2006, Guide d'activités de sensibilisation et d'éducation à la zostère marine, 18 p.
- Dionne, J-C. et Poitras, S. 1998. «Lithologie des cailloux de la baie de Mitis, rive sud de l'estuaire maritime du Saint-Laurent (Québec) : un exemple de transport glaciaire et glacial complexe. *Géographie physique et quaternaire*, vol. 52, n° 1, p. 107-122.
- Environnement Canada, 2013, Plan de gestion du Garrot d'Islande (*Bucephala islandica*), population de l'Est, au Canada. Série de Plans de gestion de la Loi sur les espèces en péril, Environnement Canada, Ottawa, iv + 16 pages.
- Étongué Mayer, R. Y. Roche et D. Mouafo (2002). Dictionnaire des termes géographiques contemporains, Montréal : Guérin, 343 p.
- Juneau, M-N. Bachand,É. et Lelièvre-Mathieu, A. 2012. Restauration et aménagement du littoral; Guide de bonnes pratiques du Bas-Saint-Laurent, Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, Rimouski, Québec, 40p.
- Lalumière, R. 1991, Essais de transplantation de zostère marine à L'Isle-Verte, Québec (1990), Service canadien de la faune, Environnement Canada, 55p.

Lalumière, R et Lemieux C. 1993. Guide de transplantation de la zostère marine (*Zostera marina* L.). Rapport présenté par le Groupe Environnement Shooner inc. au Service canadien de la faune, 17p. + annexe.

Lemieux, C. et R Lalumière. 1995. Répartition de la zostère marine (*Zostera marina*) dans l'estuaire du fleuve Saint-Laurent et dans la baie des Chaleurs (1994). Rapport présenté au Service canadien de la faune, Environnement Canada préparé par le Groupe-conseil Génivar inc. 58 pp.

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.

Ministère de Pêches et Océans Canada (MPO) (2011). *Marées, courants et niveaux d'eau, Service hydrographique du Canada (SHC)*. [En ligne]. <http://www.tides.gc.ca/french/Canada.shtml> (consulté le 12 janvier 2012).

Nellis, P. 2013, Réseau des observateurs du capelan, Trousse de l'observateur – 2013, Division de la gestion des océans, Pêches et Océans Canada, 38p.

Nellis, P., Dorion D., Pereira, S., Ellefsen, H.-F. et Lemay, M. 2012. Suivi de la végétation et des poissons dans six zosteraies au Québec (2005-2010). Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat.2985: x+96 p.

Quintin, C., M.-N. Juneau et M. Lajoie. 2010. *Côtes à côtes face aux risques côtiers*, Comité ZIP du Sud-de-l'Estuaire, Rimouski, Québec.

SIGHAP (2001). *Système d'information pour la gestion de l'habitat du poisson*, Ministère de Pêches et Océans Canada. [En ligne]. [http://sighap-fhamis.qc.dfo-mpo.gc.ca/cartes/sighap2-1/selection\\_francais/selection.html](http://sighap-fhamis.qc.dfo-mpo.gc.ca/cartes/sighap2-1/selection_francais/selection.html) (consulté le 10 janvier 2012).

Vaillancourt, M.-A et C. et Lafontaine. 1999. Caractérisation de la baie de Mitis. Rapport produit pour les Jardins de Métis. 186 pages.