

MATHIEU NORMANDEAU

**CARTOGRAPHIE ET CARACTÉRISATION DES
ASSEMBLAGES DE VÉGÉTATION DE QUATRE
MARAIS SITUÉS DANS L'ESTUAIRE D'EAU DOUCE
DU FLEUVE SAINT-LAURENT
EMPHASE SUR TROIS ESPÈCES FLORISTIQUES
MENACÉES**

Essai présenté

à Madame Najat Bhiry

dans le cadre du programme de maîtrise professionnelle en biogéosciences de l'environnement
pour l'obtention du grade de maître ès sciences (M.Sc.)

DÉPARTEMENT DE GÉOGRAPHIE

FACULTÉ DE FORESTERIE, DE GÉOGRAPHIE ET DE GÉOMATIQUE

UNIVERSITÉ LAVAL

QUÉBEC

2013

© Mathieu Normandeau, 2013

RÉSUMÉ

Les rives de l'estuaire d'eau douce du fleuve Saint-Laurent sont pourvues de marais intertidaux dont plusieurs sont actuellement affectés par l'érosion, qui semble être engendrée par une plus grande fréquence de tempêtes due aux changements climatiques en cours. Toutefois, il manque encore des connaissances concernant la biodiversité végétale de ces milieux. Cette recherche a donc pour objectif principal d'étudier l'état des populations végétales ainsi que l'habitat de trois espèces floristiques menacées de l'estuaire d'eau douce du fleuve Saint-Laurent, soit *Cicuta maculata* var. *victorinii* (Fern.), *Gentianopsis virgata* subsp. *victorinii* (Fern.) et *Eriocaulon parkeri* (Robinson).

Le relevé et la cartographie des plantes ont permis de distinguer des assemblages de végétation disposés généralement parallèlement au fleuve avec des gradients de densité et de diversité diminuant progressivement du haut vers le bas des marais. Nous avons relevé une ou plusieurs espèces menacées dans chacun des sites d'étude, dans lesquels l'état des populations est variable. Par ailleurs, ont aussi été identifiées quelques espèces envahissantes dans chacun des marais, avec des taux d'abondance variables, mais jamais en situation de dominance.

Les principales suggestions proposées afin d'améliorer la protection des trois espèces menacées sont d'attribuer un statut légal de conservation à un plus grand nombre de milieux humides, de sensibiliser davantage la population sur l'importance de maintenir ces milieux naturels intacts et d'améliorer les connaissances sur l'érosion des marais.

AVANT-PROPOS

Cette recherche est le fruit d'efforts soutenus et d'un appui sans contredit de plusieurs personnes que j'aimerais remercier.

Tout d'abord, j'aimerais remercier ma directrice, Mme Najat Bhiry, directrice du Centre d'études nordiques (CEN) et professeure au département de géographie de l'Université Laval, pour m'avoir offert un sujet de recherche aussi passionnant qui a gagné mon intérêt dès le début et pour son encadrement à chacune des étapes du projet. Je remercie Mme Danielle Cloutier, chargée d'enseignement à la maîtrise en Biogéosciences de l'environnement, qui a su me conseiller dans la recherche de mon sujet d'essai et pour sa bonne humeur lors des sorties sur le terrain. Je tiens également à remercier ma codirectrice, Mme Line Couillard du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, pour son implication dans la correction de cet essai et son assistance dans l'identification d'espèces floristiques.

Mes remerciements vont ensuite à Mme Élisabeth Robert, professionnelle de recherche au laboratoire de paléoécologie terrestre, palynologie et anthracologie du Centre d'études nordiques, pour sa disponibilité et toute l'aide et les conseils qu'elle m'a fourni lors de l'identification des espèces floristiques sur le terrain. Merci à M. Donal Cayer, pour ses explications concernant l'analyse granulométrique effectuée au laboratoire de géomorphologie et de sédimentologie (LGS).

Je tiens à remercier Mme Audrée Gervais ainsi que Mme Claude Paradis pour leur agréable compagnie et leur aide lors des sorties de terrain parfois très matinales !

Enfin, je remercie mes collègues du programme de Biogéosciences de l'environnement pour cette belle année et demie passée ensemble à l'Université Laval.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	I
TABLE DES MATIÈRES	III
LISTE DES TABLEAUX	V
LISTE DES FIGURES	VI
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 : RÉGION ET SITES D'ÉTUDE.....	4
1.1 Le fleuve Saint-Laurent.....	4
1.2 Le climat	8
1.3 Les marais	9
CHAPITRE 2 : ESPÈCES DÉSIGNÉES MENACÉES OU VULNÉRABLES ET ESPÈCES ENVAHISSANTES	15
2.1 Espèces désignées menacées.....	15
2.1.1 <i>Cicuta maculata</i> var. <i>victorinii</i> (Fern.)	15
2.1.2 <i>Gentianopsis virgata</i> subsp. <i>victorinii</i> (Fern.).....	17
2.1.3 <i>Eriocaulon parkeri</i> (Robinson)	19
2.1.4 Plans de conservation	20
2.2 Espèces envahissantes.....	21
CHAPITRE 3 : MÉTHODOLOGIE.....	24
3.1 Identification des assemblages de végétation.....	24
3.2 Relevés de végétation	24
3.3 Cartographie.....	26
3.4 Analyse granulométrique.....	26
CHAPITRE 4 : RÉSULTATS	28
4.1 Le marais de Saint-Augustin-de-Desmaures	28
4.1.1 Zonation de la végétation.....	28
4.1.2 Densité de la végétation.....	30
4.1.3 Diversité floristique	30
4.1.4 Espèces envahissantes	30
4.1.5 Épaisseur et granulométrie des dépôts meubles	34
4.1.6 Espèces menacées	36
4.1.7 Synthèse	37
4.2 Le marais de Beaumont	37
4.2.1 Zonation de la végétation.....	37
4.2.2 Densité de la végétation.....	38

4.2.3	Diversité floristique.....	38
4.2.4	Espèces envahissantes.....	38
4.2.5	Épaisseur et granulométrie des dépôts meubles	42
4.2.6	Espèces menacées.....	44
4.3	Marais de Château-Richer	44
4.3.1	Zonation de la végétation.....	44
4.3.2	Densité de la végétation	45
4.3.3	Diversité floristique.....	46
4.3.4	Espèces envahissantes.....	46
4.3.5	Épaisseur et granulométrie des dépôts meubles.....	50
4.3.6	Espèces menacées	51
4.3.7	Synthèse	52
4.4	Isle-aux-Grues.....	52
4.4.1	Zonation de la végétation.....	52
4.4.2	Densité de la végétation	53
4.4.3	Diversité floristique.....	53
4.4.4	Espèces envahissantes	54
4.4.5	Épaisseur et granulométrie des dépôts meubles.....	58
4.4.6	Espèces menacées	60
CHAPITRE 5 : DISCUSSION		61
5.1	Paramètres environnementaux et biodiversité : synthèse	61
5.2	Menaces directes et indirectes sur les espèces en situation précaire	64
5.3	Mesures de protection existantes et proposées	67
CONCLUSION.....		70
BIBLIOGRAPHIE.....		71
ANNEXE 1 : Liste des espèces recensées		76

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Données climatiques annuelles, station de Québec/Aéroport international Jean-Lesage.....	8
Tableau 2: Cote associée au pourcentage d'occupation	25
Tableau 3: Indice de sociabilité	26
Tableau 4: Distribution granulométrique en fonction des zones, marais de Saint-Augustin-de-Desmaures	35
Tableau 5: Distribution granulométrique moyenne en fonction de la section du marais de Saint-Augustin-de-Desmaures	36
Tableau 6: Distribution granulométrique en fonction des zones, marais de Beaumont	43
Tableau 7: Distribution granulométrique moyenne en fonction de la section du marais de Beaumont	43
Tableau 8: Distribution granulométrique en fonction des zones, marais de Château-Richer	51
Tableau 9: Distribution granulométrique moyenne en fonction de la section du marais de Château-Richer ...	51
Tableau 10: Distribution granulométrique en fonction des zones, marais de l'Isle-aux-Grues.....	59
Tableau 11: Distribution granulométrique moyenne en fonction de la section du marais de l'Isle-aux-Grues	59

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation des sections du fleuve Saint-Laurent	6
Figure 2: Limites entre les sections de l'estuaire du fleuve	7
Figure 3: Localisation des marais à l'étude	10
Figure 4: Marais de Saint-Augustin-de-Desmaures	11
Figure 5: Marais de Beaumont.....	12
Figure 6: Marais de Château-Richer	13
Figure 7: Marais de l'Isle-aux-Grues.....	14
Figure 8: Cicutaire maculée variété de Victorin	15
Figure 9: Répartition des occurrences de la Cicutaire maculée variété de Victorin au Québec.....	16
Figure 10: Gentianopsis élané variété de Victorin	17
Figure 11: Répartition des occurrences du Gentianopsis élané variété de Victorin au Québec	18
Figure 12: Ériocaulon de Parker	19
Figure 13: Répartition des occurrences de l'Ériocaulon de Parker au Québec	20
Figure 14: Représentation des assemblages de végétation.....	24
Figure 15: Zones de végétation et présence d'espèces menacées, marais de Saint-Augustin-de-Desmaures ...	31
Figure 16: Densité de la végétation par zone, marais de Saint-Augustin-de-Desmaures.....	32
Figure 17: Diversité floristique par zone, marais de Saint-Augustin-de-Desmaures	33
Figure 18: Répartition des sédiments meubles, marais de Saint-Augustin-de-Desmaures	34
Figure 19: Zones de végétation et présence d'espèces menacées, marais de Beaumont.....	39
Figure 20: Densité de la végétation par zone, marais de Beaumont	40
Figure 21: Diversité floristique par zone, marais de Beaumont.....	41
Figure 22: Répartition des sédiments meubles, marais de Beaumont.....	42
Figure 23: Zones de végétation et présence d'espèces menacées, marais de Château-Richer	47
Figure 24: Densité de la végétation par zone, marais de Château-Richer.....	48
Figure 25: Diversité floristique par zone, marais de Château-Richer	49
Figure 26: Répartition des sédiments meubles, marais de Château-Richer	50
Figure 27: Zones de végétation et présence d'espèces menacées, marais de l'Isle-aux-Grues.....	55
Figure 28: Densité de la végétation par zone, marais de l'Isle-aux-Grues	56
Figure 29: Diversité floristique par zone, marais de l'Isle-aux-Grues.....	57
Figure 30: Répartition des sédiments meubles, marais de l'Isle-aux-Grues.....	58
Figure 31: Comparaison granulométrique des marais	62
Figure 32: Localisation du bouchon de turbidité et concentrations en MES	62

INTRODUCTION

Le changement rapide du climat global est un enjeu majeur du 21^{ème} siècle. Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2007), le réchauffement du climat global est sans équivoque. En Amérique du Nord, le climat s'est réchauffé en moyenne de 0,6°C depuis le commencement du 20^{ème} siècle et la température mondiale moyenne augmentera, selon divers scénarios, de 1,5 à 6°C d'ici la fin du 21^{ème} siècle (Ouranos, 2004). Ce réchauffement est illustré par une hausse des températures moyennes de l'atmosphère et de l'océan, une fonte hâtive de la neige et de la glace ainsi qu'une élévation du niveau moyen de la mer (Criqui *et al.* 2009; GIEC, 2007). Selon le GIEC, le niveau moyen de la mer se serait élevé de 3,1 mm par année depuis 1993 en raison de la dilatation thermique de l'eau et de la fonte des glaciers.

La cause principale de ce réchauffement est en grande partie attribuable à l'augmentation des émissions anthropiques de gaz à effet de serre (Académie des sciences et Académie des sciences morales et politiques, 2000; GIEC, 2007), qui se sont accrues de 70 % entre 1970 et 2004 (GIEC, 2007) et qui vont continuer d'augmenter durant les prochaines décennies (Ouranos, 2004), en passant de concentrations de 367 ppm de CO₂ enregistrées en l'an 2000 à des concentrations entre 540 et 970 ppm en 2100 (GIEC, 2007). Les systèmes naturels océaniques et continentaux (lacs, rivières, etc.) sont perturbés par ce changement du climat et des conséquences qu'il engendre. À titre d'exemple, les rives de l'estuaire du Saint-Laurent sont affectées par une érosion active (Environnement Canada, 2011a), qui serait liée à une hausse du niveau d'eau combinée aux tempêtes plus fréquentes (Ouranos, 2004).

Le fleuve Saint-Laurent subit une érosion généralisée de ses rives dans les sections de son estuaire et de son golfe (Dionne, 1999). Selon l'étude de Bernatchez et Dubois (2004), les berges de l'estuaire maritime du fleuve Saint-Laurent sont exposées à une importante érosion côtière qui atteint en moyenne 0,5 à 2 m par année. Plus en amont, l'estuaire moyen subit aussi une érosion côtière au niveau du haut marais, qui se décroche par îlots (Bernatchez et Dubois, 2004). En effet, selon Dionne (1999), les marais intertidaux de l'estuaire moyen reculent à une vitesse de 60 cm à 3 m par année depuis 1980, et l'érosion

est aussi manifeste dans la section de l'estuaire d'eau douce où on observe à plusieurs endroits et depuis plusieurs décennies un recul de la ligne de rivage et une érosion latérale des basses terrasses. Cette érosion se fait suite à la combinaison de divers processus : l'action des vagues, les courants de marée, la dérive littorale, les glaces littorales ou l'éolisation (Dionne, 1999; Bernatchez et Dubois, 2004). Dans l'éventualité d'une hausse du niveau marin, comme projetée par le GIEC (2007) et Environnement Canada (2011), l'érosion devrait s'accélérer sur les côtes de l'estuaire et du golfe (Bernatchez et Dubois, 2004; Ouranos, 2004). Il semblerait que certaines activités anthropiques telles que la chasse, la pêche et l'installation de voies d'accès jouent aussi un rôle non négligeable dans l'érosion des marais intertidaux situés dans le moyen estuaire (Bernatchez et Dubois, 2004).

Dans un tel contexte, il est important de documenter la perte d'habitat induite par l'érosion côtière dans l'estuaire afin de mieux préserver la biodiversité de ces milieux. Une meilleure connaissance des systèmes naturels permettrait d'élaborer des plans de conservation mieux adaptés. En vertu de la Convention sur la diversité biologique et de la Loi sur les espèces menacées ou vulnérables, le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) tâche d'élaborer des plans de conservation pour chacune des 78 espèces floristiques menacées ou vulnérables au Québec. À ce jour, 11 de ces plans sont achevés, dont ceux des trois espèces menacées concernées par ce projet, soit *Cicuta maculata* var. *victorinii* (Fern.), *Gentianopsis virgata* subsp. *victorinii* (Fern.) et *Eriocaulon parkeri* (Robinson), qui vivent sur les rives de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent.

Le projet de recherche mené dans le cadre de la Programmation scientifique PACC-26 en collaboration entre l'Université Laval, le ministère du Développement Durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) et le consortium Ouranos vise à améliorer les connaissances relatives aux facteurs érosifs ayant un impact potentiel sur la biodiversité et la survie de ces trois espèces dans les marais de l'estuaire d'eau douce du Saint-Laurent. Les connaissances acquises pourront ensuite servir à adapter les plans de conservation du MDDEFP afin d'assurer une meilleure préservation des espèces menacées et vulnérables dans les marais de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent.

Cette étude (mon essai) s'inscrit dans ce grand projet et elle fait suite à l'essai de M. Philippe Lamarre, effectué en 2011. Cette dernière étude a permis de dresser un portrait général des espèces floristiques menacées dans les quatre marais concernés, soit le Parc du Haut-Fond de Saint-Augustin-de-Desmaures, Beaumont, Château-Richer et l'Isle-aux-Grues. Les objectifs principaux de cet essai étaient de caractériser la flore des quatre marais intertidaux et de comprendre les conditions propices à l'établissement et à la croissance des trois espèces menacées mentionnées précédemment. Les principaux résultats de cet essai indiquent que les espèces dominantes des marais étudiés sont *Spartina pectinata* (Link.), *Lythrum salicaria* (L.) et *Schoenoplectus pungens* (Vahl.). Il a été observé que *Cicuta maculata* var. *victorinii* (Fern.) colonise le haut marais et est souvent accompagné de *Spartina pectinata* (L.), *Lythrum salicaria* (L.) et *Eupatorium perfoliatum* (L.). *Gentianopsis virgata* subsp. *victorinii* (Fern.) colonise également le haut marais, mais nécessite une forte luminosité, ce qui explique sa localisation adjacente au talus d'érosion. *Gentianopsis virgata* subsp. *victorinii* (Fern.) est aussi accompagné de *Spartina pectinata* (L.) dans son habitat. *Eriocaulon parkeri* (Robinson) colonise uniquement le bas marais du site d'étude de Saint-Augustin-de-Desmaures et est accompagné de *Schoenoplectus pungens* (Vahl.) et *Juncus brevicaudatus* (Engelm.).

Afin d'avancer l'état des connaissances sur la biodiversité floristique des marais de l'estuaire d'eau douce du fleuve Saint-Laurent, nous avons ciblé l'objectif principal et les objectifs spécifiques suivants :

L'objectif principal est d'étudier l'état des populations trois espèces floristiques à statut particulier dans les marais sélectionnés de l'estuaire d'eau douce du fleuve Saint-Laurent. Plus spécifiquement, nous visons : (1) à caractériser et cartographier les assemblages de végétation des marais en fonction de la présence des espèces floristiques menacées et des espèces envahissantes, (2) à faire avancer les connaissances sur les facteurs d'établissement et les conditions optimales de survie des espèces floristiques menacées, et (3) à mettre en corrélation les assemblages de végétation ainsi que les espèces menacées avec d'autres paramètres environnementaux tels que l'épaisseur et la granulométrie des dépôts de surface.

CHAPITRE 1 : RÉGION ET SITES D'ÉTUDE

1.1 Le fleuve Saint-Laurent

Le système hydrographique du Saint-Laurent incluant les Grands Lacs est l'un des plus grands systèmes au monde. Le fleuve est d'une longueur de 1600 km et son bassin versant a une superficie de 1,6 million de km² (Plan Saint-Laurent, s.d.). Au total, 244 affluents se déversent dans le fleuve. Le Saint-Laurent se divise en trois portions, soit le tronçon fluvial, l'estuaire et le golfe (Figure 1) (Plan Saint-Laurent, 2012).

Le tronçon fluvial est situé entre Kingston, à la sortie du Lac Ontario, et les municipalités de Batiscan et Bécancour, près de l'exutoire du lac Saint-Pierre. Cette section est composée d'eau douce et n'est pas affectée par les marées. Trois lacs fluviaux s'y trouvent, soit les lacs Saint-François, Saint-Louis et Saint-Pierre. Le tronçon estuarien se situe à l'endroit où débute l'influence de la mer, en l'occurrence l'eau salée ou les marées. Ce tronçon est subdivisé en trois zones; l'estuaire fluvial, l'estuaire moyen et l'estuaire maritime. L'estuaire fluvial, ou estuaire d'eau douce, s'étend d'ouest en est de Batiscan/Bécancour jusqu'à Cap Tourmente sur la rive nord et Saint-Jean-Port-Joli sur la rive sud (Gauthier, 1997) (Figure 2). Cette zone est soumise aux marées et est composée d'eau douce provenant des Grands Lacs et autres tributaires situés en amont ainsi que d'eau légèrement saumâtre provenant du golfe. Les quatre marais à l'étude sont situés dans ce tronçon de l'estuaire. L'estuaire moyen est situé entre Cap Tourmente/Saint-Jean-Port-Joli, l'embouchure du Saguenay sur la rive nord et la pointe est de l'île Verte sur la rive sud (Figure 2). L'eau s'écoulant dans cette zone est saumâtre; c'est un mélange des eaux douces de l'estuaire fluvial et des eaux salées du golfe. Les marées sont plus importantes dans cette zone que dans l'estuaire fluvial. Le mélange des eaux et l'action des marées engendrent une importance remise en suspension de sédiments entre l'île d'Orléans et l'île aux Coudres (Environnement Canada, 2012a). L'estuaire maritime est situé entre l'embouchure du Saguenay et l'île Verte à l'ouest et Pointe-des-Monts à l'est; sa limite en aval marque le début du chenal laurentien (Figure 2). L'eau de cette zone est salée et subit l'effet des marées. Plus en aval se situe le golfe du Saint-Laurent; il s'agit d'une mer intérieure s'ouvrant vers l'océan Atlantique (Environnement Canada, 2005).

D'un point de vue biologique, le Saint-Laurent est reconnu mondialement pour sa richesse. Il compte quatre zones humides d'importances internationales de RAMSAR ainsi qu'une Réserve de la biosphère UNESCO, le lac Saint-Pierre. Sur ses rives et ses îles se situent plus de 500 aires protégées, ce qui représente 20 % des aires protégées du Québec (Plan Saint-Laurent, s.d.).

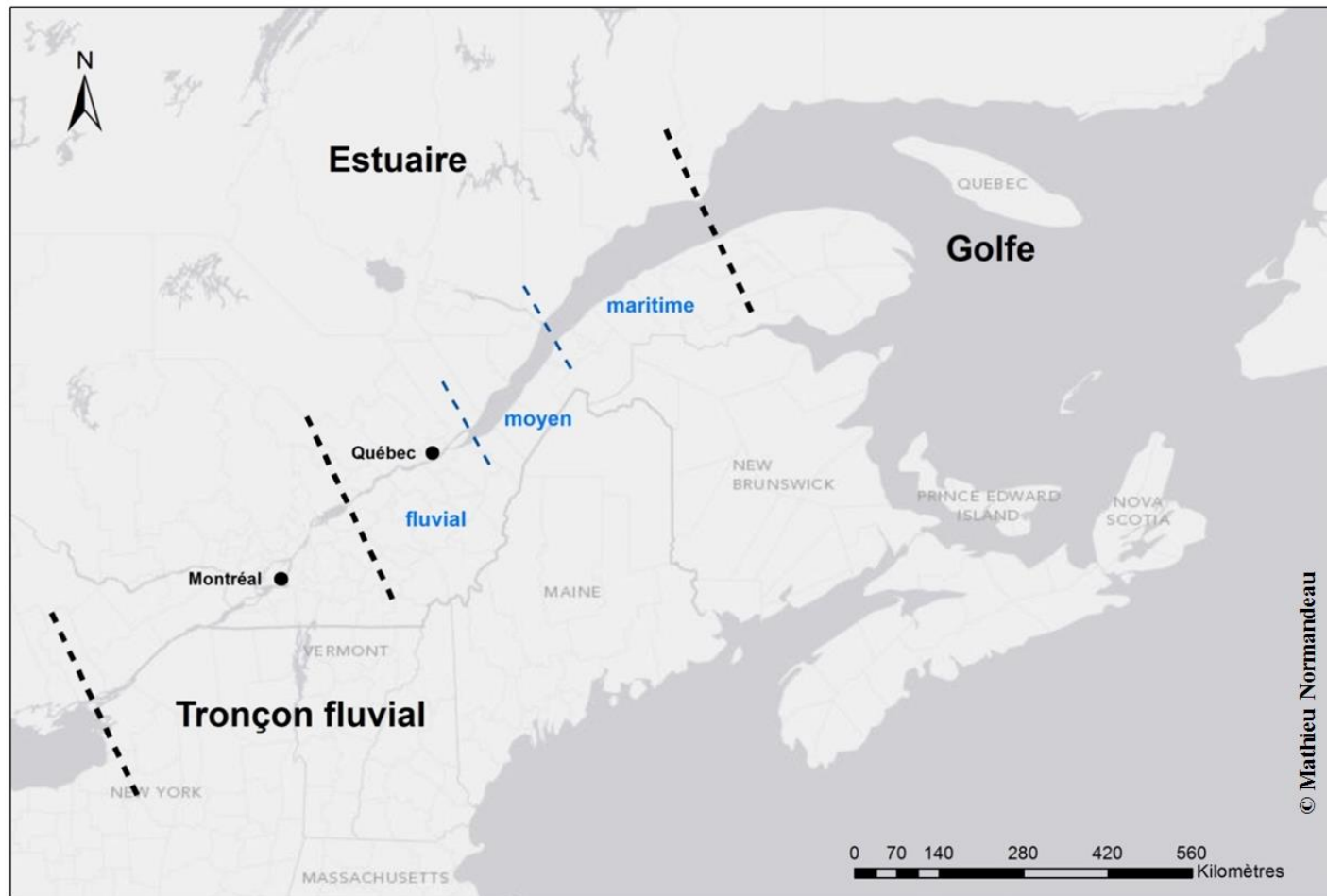
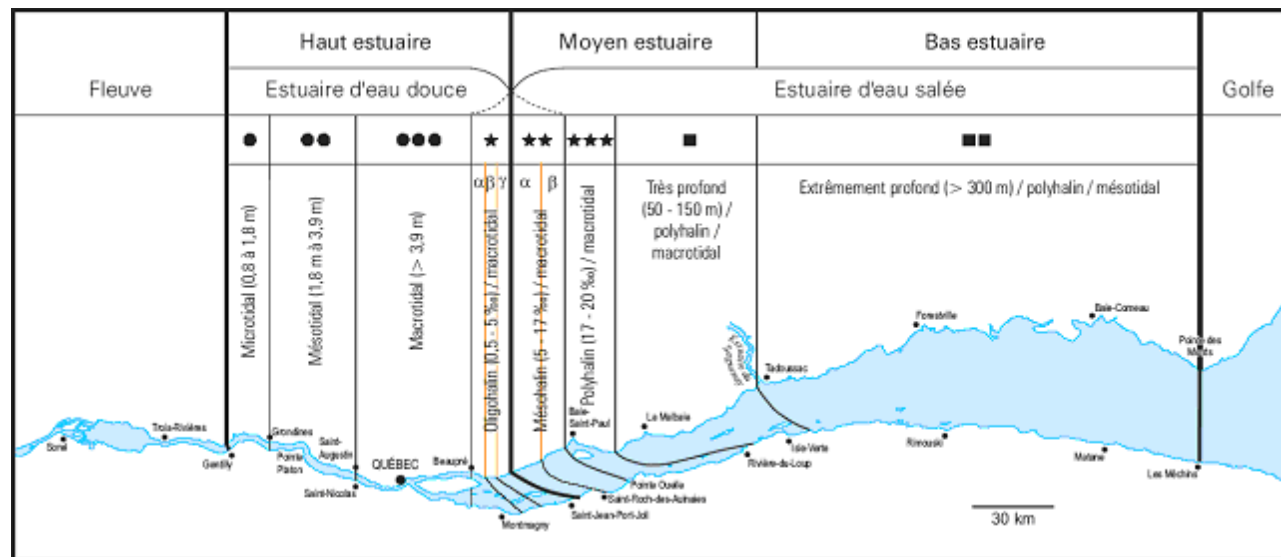


Figure 1: Localisation des sections du fleuve Saint-Laurent



Source : Gauthier, 2000

Figure 2: Limites entre les sections de l'estuaire du fleuve

1.2 Le climat

Le climat du Québec au sud du 50° parallèle, où est situé l'estuaire du fleuve Saint-Laurent, est considéré comme continental humide. Ce type de climat se caractérise par des étés chauds et humides ainsi que des hivers longs et froids. L'amplitude thermique est d'environ 30°C et les précipitations dépassent 900 mm annuellement (Gouvernement du Québec, 2012a). Selon les Archives nationales d'information et de données climatologiques d'Environnement Canada, dans la région de Québec entre 1971-2000, la température annuelle moyenne était de 4,0°C et les précipitations annuelles étaient de 1230,3 mm. Dans la région de Montmagny, la température annuelle moyenne était de 4,4°C et les précipitations annuelles totales étaient de 1153,3 mm. Si l'on observe les données disponibles sur les dix dernières années, de 2002 à 2011 (Tableau 1), la température moyenne à Québec était de 4,9°C et les précipitations totales moyennes étaient de 1140,6 mm (Environnement Canada, 2012b).

Tableau 1: Données climatiques annuelles, station de Québec/Aéroport international Jean-Lesage

Année	Température moyenne (°C)	Précipitations totales (mm)
2002	4,6	917,1
2003	4,0	1190,6
2004	3,9	1069,1
2005	5	1166,6
2006	6	1214,6
2007	4,5	1153
2008	4,6	1314,4
2009	4,5	1113,6
2010	6,6	979,9
2011	5,6	1287,7

Source : Archives nationales d'information et de données climatologiques,
Environnement Canada, 2012b

1.3 Les marais

Les quatre marais à l'étude sont situés sur les rives de l'estuaire d'eau douce du fleuve Saint-Laurent, au sein de la région géologique des Basses-Terres du Saint-Laurent. De l'amont vers l'aval, il s'agit des marais de Saint-Augustin-de-Desmaures, de Beaumont, de Château-Richer et de l'Isle-aux-Grues (Figure 3).

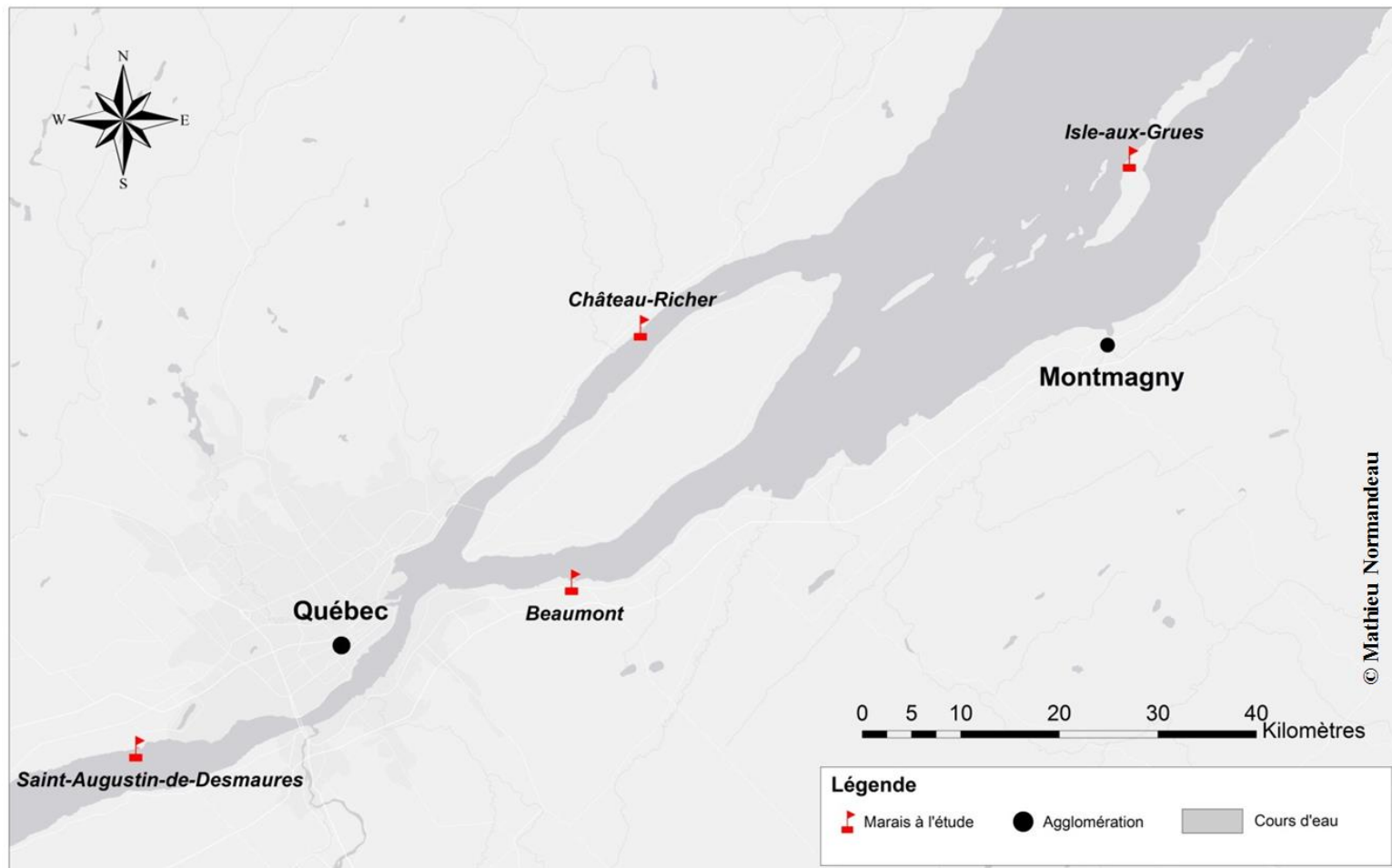


Figure 3: Localisation des marais à l'étude

Le marais de Saint-Augustin-de-Desmaures (Parc du Haut-Fond) est situé sur la rive nord du fleuve au sein de la municipalité du même nom. Il occupe une baie semi-ouverte orientée vers le sud-ouest (Figure 4). La zone étudiée de ce marais est d'environ 212 m de longueur (donc parallèlement au fleuve) et d'environ 207 m de largeur (donc perpendiculairement au rivage). Les dépôts de surface de ce marais sont des argiles marines et du sable originaires de la mer de Champlain (Strahler *et al.* 2008).

Ce secteur subit l'influence des marées dont le marnage est de 4,2 m et atteint 5,5 m lors des grandes marées et le niveau moyen de l'eau est de 2,4 m. Ces données de hauteur sont calculées en fonction du niveau zéro des cartes et se réfèrent à la localité de Saint-Nicolas, qui est la plus proche du marais à l'étude; le port de référence est celui de Québec (Pêches et Océans Canada, 2012).



Source: Centre Géostat, Chaudière-Appalaches, 2010, 30 cm, MTM 7 — Q10101_080

Figure 4: Marais de Saint-Augustin-de-Desmaures

Situé sur la rive sud du fleuve, le marais de Beaumont s'est développé dans une baie ouverte et a une longueur d'environ 130 m et une largeur d'environ 70 m (Figure 5). Les dépôts de surface de ce marais sont de même origine que ceux du marais de Saint-Augustin-de-Desmaures, mais l'estran rocheux y occupe une superficie beaucoup plus importante, soit environ 60 % du marais.

Le marnage des marées moyennes de ce secteur est de 4,7 m et atteint 6,3 m lors des grandes marées. Le niveau moyen de l'eau est de 2,5 m. Ces données se réfèrent à la localité de Saint-Laurent, sur l'île d'Orléans; le port de référence est celui de Saint-François (Pêches et Océans Canada, 2012).



Source : Centre Géostat, Chaudière-Appalaches, 2010, 30 cm, MTM 7 — Q10100_808

Figure 5: Marais de Beaumont

Le marais de Château-Richer, situé sur la rive nord du fleuve, longe une rive rectiligne. Sa longueur est d'environ 130 m et sa largeur d'environ 142 m (Figure 6). Les dépôts de surface présents semblent de même type que sur les autres marais, mais proviennent de la mer de Goldthwait (Strahler *et al.* 2008).

La hauteur de marnage des marées moyennes atteint 4,8 m et 6,2 m lors des grandes marées. Dans ce secteur, le niveau moyen de l'eau est de 2,6 m. Ces données sont basées sur la localité de Saint-Anne-de-Beaupré et le port de référence est celui de Saint-François (Pêches et Océans Canada, 2012).



Source : Centre Géostat, CMQ, 2008, 30 cm, MTM 7—P R_1461

Figure 6: Marais de Château-Richer

Le quatrième marais à l'étude borde une rive sub-sinueuse située du côté nord de l'Isle-aux-Grues, dans la partie centrale. Long de 105 m et large 185 m (Figure 7), ce marais est pourvu de dépôts de surface silteux également originaires de la mer de Goldthwait (Strahler *et al.* 2008). Comme c'est le cas au marais de Beaumont, l'estran rocheux est présent, et il affleure sur environ 55 % de la surface du marais.

L'amplitude des marées moyenne de ce secteur est de 4,7 m et de 6,3 m lors de grandes marées alors que le niveau moyen de l'eau est de 2,7 m. Ces données sont basées sur la localité de l'Isle-aux-Grues et le port de référence est celui de Saint-Jean-Port-Joli (Pêches et Océans Canada, 2012).



Source : Centre Géostat, Chaudière-Appalaches, 2010, 30 cm, MTM 7 — Q10100_677

Figure 7: Marais de l'Isle-aux-Grues

CHAPITRE 2 : ESPÈCES DÉSIGNÉES MENACÉES OU VULNÉRABLES ET ESPÈCES ENVAHISSANTES

2.1 Espèces désignées menacées

Il existe actuellement 78 espèces floristiques légalement désignées menacées ou vulnérables au Québec. Les trois espèces à l'étude, *Cicuta maculata* var. *victorinii* (Fern.), *Gentianopsis virgata* subsp. *victorinii* (Fern.) et *Eriocaulon parkeri* (Robinson), sont des espèces menacées, ce qui signifie que leur disparition est appréhendée (MDDEP, 2009).

2.1.1 *Cicuta maculata* var. *victorinii* (Fern.)

Cicuta maculata var. *victorinii* (Fern.) (Figure 8) est désignée comme espèce menacée au Québec. C'est une herbacée vivace d'une hauteur entre 0,5 et 2 m. Endémique à l'estuaire du fleuve Saint-Laurent, cette espèce croît dans les marais intertidaux d'eau douce et



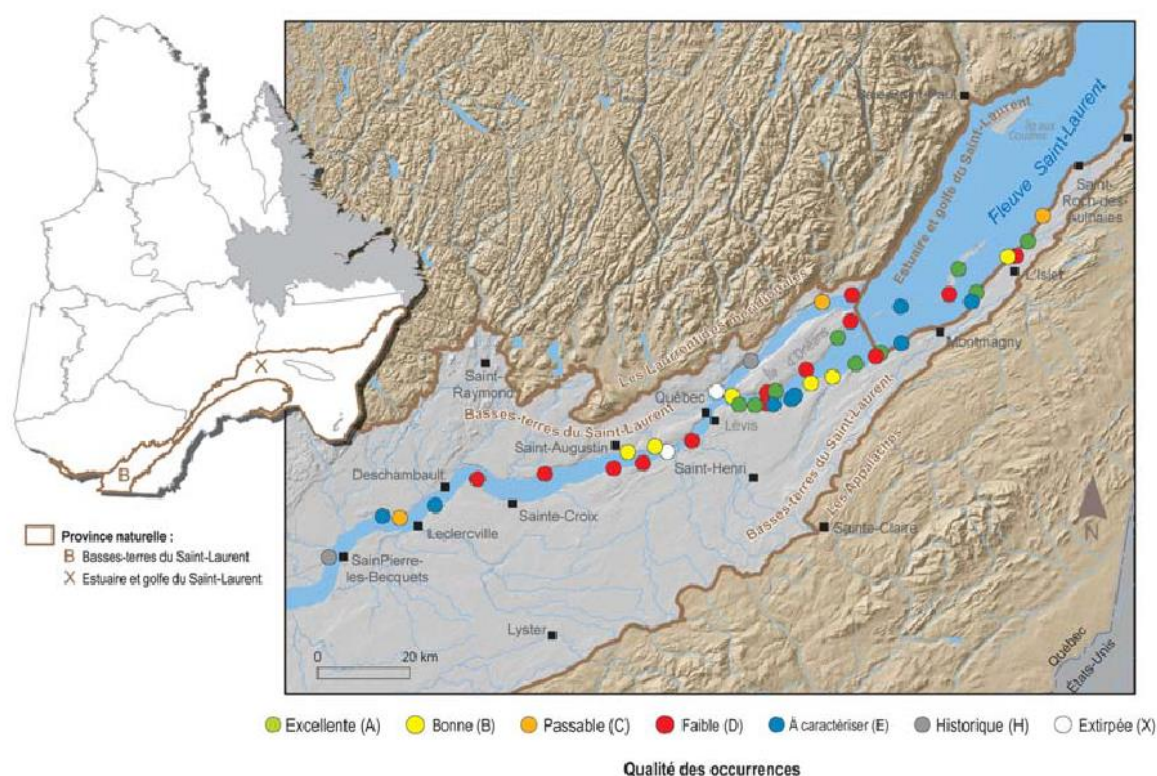
Source : Environnement Canada, 2011b

Figure 8: Cicutaire maculée variété de Victorin

saumâtre. On la trouve entre Batiscan et Saint-Jean-Port-Joli, surtout dans la région de Québec (Frère Marie-Victorin, 1995; Jolicoeur et Couillard, 2007a; Nature Québec, 2011a). Dans les marais, on la trouve généralement à l'intérieur des herbaies hautes et denses à *Spartina pectinata* (Link.), mais aussi dans des herbaies basses et ouvertes à *Schoenoplectus pungens* (Vahl.). Normalement, cette espèce s'installe sur des dépôts de

surface épais de plus de 15 centimètres d'épaisseur de texture fine ou mixte (Jolicoeur Couillard, 2007a) sur lesquels la pierrosité varie d'absente à très présente (Coursol, 1999a).

D'après le MDDEP (2001a) et Nature Québec (2011a), les pressions anthropiques exercées sur cette espèce sont l'agrandissement des zones de villégiature, la construction d'infrastructures routières et portuaires ainsi que la circulation de véhicules tout-terrain. Sur les 43 occurrences de cette espèce (Figure 9), deux datent de plus de 25 ans et deux sont disparues. Uniquement 15 des 39 occurrences actuelles sont de bonne ou excellente qualité, et elles représentent 90 % de l'effectif d'individus de cette espèce (Jolicoeur et Couillard, 2007a).



Source : Jolicoeur & Couillard, 2007a

Figure 9: Répartition des occurrences de la Cicutaire maculée variété de Victorin au Québec

2.1.2 *Gentianopsis virgata* subsp. *victorinii* (Fern.)

Gentianopsis virgata subsp. *victorinii* (Fern.), une espèce endémique à l'estuaire du Saint-Laurent, est aussi désignée menacée (Figure 10). C'est une plante herbacée annuelle ou bisannuelle d'une hauteur de 10 à 50 cm. Elle croît dans les marais intertidaux d'eau douce



Source : Nature-Québec, 2011b

**Figure 10: *Gentianopsis* élancé
variété de Victorin**

et saumâtre, entre Deschambault-Grondines et Saint-Roch-des-Aulnaies (Frère Marie-Victorin, 1995; Jolicoeur et Couillard, 2007b). Elle occupe de préférence les dépôts de surface de plus de 15 cm d'épaisseur et de texture fine ou mixte ayant une pierrosité absente ou faible (Coursol, 1998; MDDEP, 2001b; Nature Québec, 2011b). On la trouve fréquemment près du talus d'érosion de l'étage supérieur (haut marais) dans les zones de végétation moins dense et moins haute ou parfois sur les affleurements rocheux. Cette répartition s'explique par le fait que cette espèce, de petite taille, est probablement en compétition avec les autres espèces pour la lumière et se développe donc mieux dans les zones plus ouvertes. On compte 49 occurrences de cette espèce (Figure 11). De celles-ci, dix datent de plus de 25 ans et sept sont disparues. Seulement neuf des 32 actuelles sont de bonne ou excellente qualité, et elles hébergent 80 % de l'effectif total de l'espèce (Jolicoeur et Couillard, 2007b).

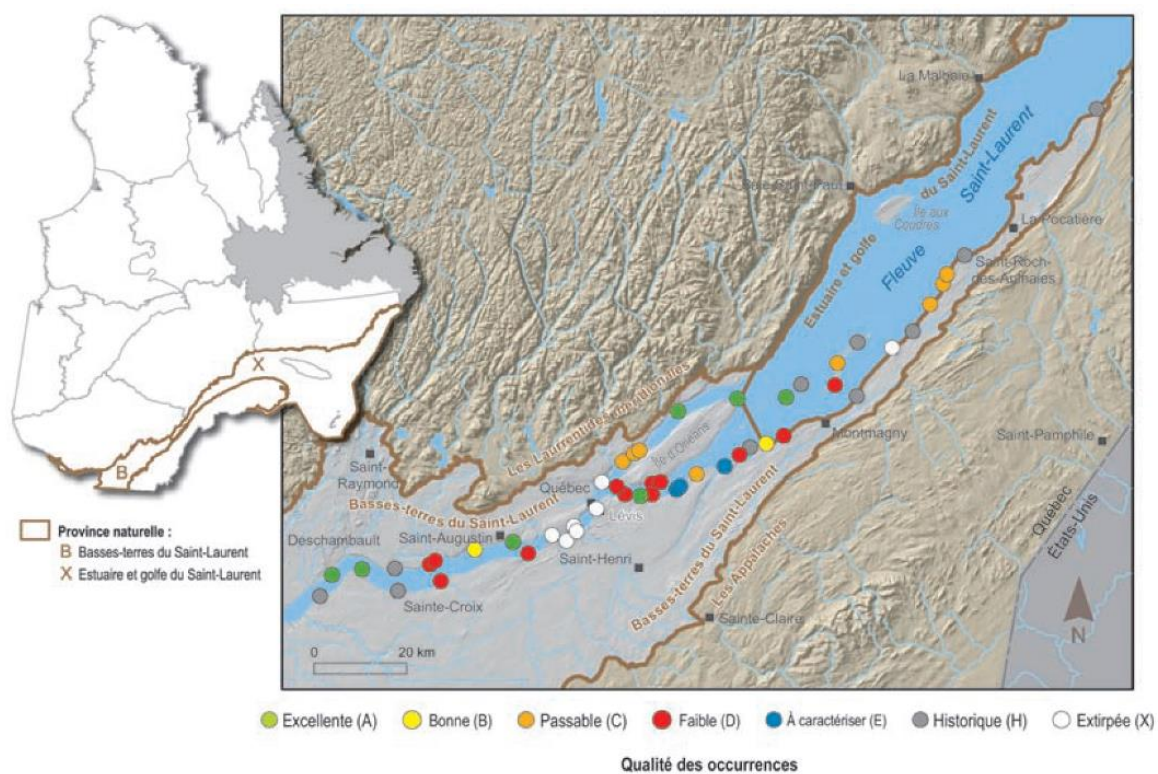


Figure 11: Répartition des occurrences du *Gentianopsis elancé* variété de Victorin au Québec

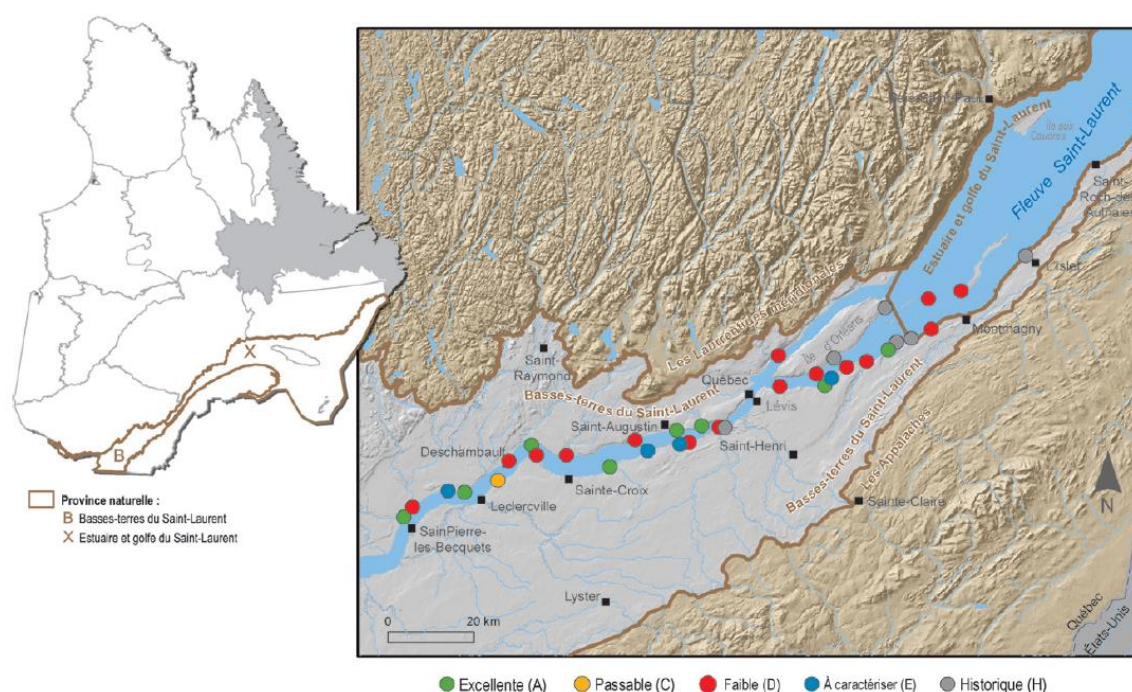
2.1.3 *Eriocaulon parkeri* (Robinson)

Eriocaulon parkeri (Robinson) est aussi une espèce désignée menacée au Québec, mais n'est pas endémique à l'estuaire du Saint-Laurent (Figure 12). Il s'agit d'une herbacée annuelle d'une hauteur ne dépassant généralement pas 10 cm que l'on trouve dans la section inférieure (bas marais) des marais intertidaux, dans les vasques, les mares ainsi que les herbaçaiies denses à *Schoenoplectus pungens* (Vahl.) (MDDEP, 2001c; Nature Québec, 2011c.). Cette espèce préfère les dépôts de surface de plus de 15 cm d'épaisseur de texture fine ou mixte, peu importe le niveau de pierrosité (Coursol, 1999b). Son aire de répartition dans la province s'étend de Saint-Antoine-de-Tilly à l'Islet, dans les marais estuariens (Frère Marie-Victorin, 1995; Jolicoeur et Couillard, 2008). On la trouve également le long des estuaires côtiers des États-Unis et au Nouveau-Brunswick. Cette espèce a déjà disparu des États de la Pennsylvanie et de New York et est en situation précaire dans l'ensemble de son aire de répartition (Jolicoeur et Couillard, 2008). Il existe 34 occurrences d'*Eriocaulon parkeri* (Robinson) au Québec dont six datent de plus de 25 ans (Figure 13). Uniquement neuf occurrences sont de bonne ou excellente qualité parmi les 24 actuelles, et elles hébergent 95 % de l'effectif total des individus (Jolicoeur et Couillard, 2008).



Source : Nature-Québec, 2011c

Figure 12: Ériocaulon de Parker



Source : Jolicoeur & Couillard, 2008

Figure 13: Répartition des occurrences de l'Ériocaulon de Parker au Québec

Ces trois espèces sont protégées par l'entremise de plans en vue d'assurer leur survie dans leur habitat naturel.

2.1.4 Plans de conservation

Des plans de gestion ont été élaborés par Parcs Canada en 2011 alors que des plans de conservation ont été publiés par le MDDEP en 2007. Ces plans ont été produits pour les trois espèces menacées considérées dans cet essai parce qu'elles sont assujetties à la Loi fédérale sur les espèces en péril et à la Loi provinciale sur les espèces menacées ou vulnérables (Gouvernement du Québec, 2012b). Les plans de conservation mis en place par le gouvernement provincial présentent un portrait détaillé de la situation des espèces, ciblent des lieux de conservation prioritaires et fournissent une série d'actions à entreprendre afin de les protéger à long terme.

Selon Jolicoeur et Couillard (2007a, b; 2008), le marais de Saint-Augustin-de-Desmaures figure parmi les endroits prioritaires de conservation pour les trois espèces concernées. La principale menace associée à ce marais est le passage des véhicules tout-terrain. Pour

Cicuta maculata var. *victorinii* (Fern.), *Gentianopsis virgata* subsp. *victorinii* (Fern.) et *Eriocaulon parkeri* (Robinson), les actions à entreprendre afin d'assurer une meilleure protection sont de faire un suivi auprès des autorités municipales et des propriétaires riverains ainsi que de créer une aire protégée pour une portion du territoire.

Le marais de Beaumont est un endroit prioritaire de conservation d'*Eriocaulon parkeri* (Robinson). La principale menace à l'espèce sur ce marais est la villégiature. Les actions à entreprendre sont d'attribuer un statut légal de protection à l'habitat et de sensibiliser les autorités municipales et les propriétaires riverains. Cette espèce n'a toutefois pas été relevée sur le terrain dans le cadre de cette étude, ni dans le cadre de l'essai de M. Philippe Lamarre réalisé lors de l'été et l'automne 2011. Il est possible qu'elle soit présente dans le secteur, mais à l'extérieur de la zone d'étude. Elle pourrait aussi être disparue de ce marais depuis 2007. Sa présence ou absence devrait donc être vérifiée dans ce secteur.

Le marais de Château-Richer est une cible de conservation prioritaire pour *Gentianopsis virgata* subsp. *victorinii* (Fern.). À cet endroit, les menaces présentes sont la circulation, le piétinement et le passage de véhicules tout-terrain. Les actions à prendre afin de protéger l'espèce sont d'attribuer un statut légal de protection à l'habitat, de sensibiliser les autorités municipales et les propriétaires riverains ainsi que d'assurer une saine gestion du site et éliminer les pratiques incompatibles avec le maintien de l'espèce.

Concernant le marais de l'Isle-aux-Grues, celui-ci est une cible prioritaire de protection pour les espèces *Cicuta maculata* var. *victorinii* (Fern.) et *Gentianopsis virgata* subsp. *victorinii* (Fern.). Les actions à prendre pour *Cicuta maculata* var. *victorinii* (Fern.) sont d'attribuer un statut légal de protection à l'habitat et de sensibiliser les autorités municipales et les propriétaires riverains. Pour *Gentianopsis virgata* subsp. *victorinii* (Fern.), il est mentionné de mieux évaluer l'impact de l'érosion des berges et sensibiliser les agriculteurs à sa présence.

2.2 Espèces envahissantes

Les milieux humides sont des écosystèmes dynamiques; leur composition végétale peut changer rapidement. L'installation d'espèces végétales envahissantes sur les rives du Saint-

Laurent est une situation de plus en plus préoccupante. Parmi les 5000 espèces végétales exotiques des écosystèmes nord-américains, 80 se trouvent sur les rives du fleuve Saint-Laurent, dont certaines sont envahissantes (Environnement Canada, 2012c). *Lythrum salicaria* (L.) est l'espèce envahissante la plus fréquente sur les rives du Saint-Laurent, suivie de *Phalaris arundinacea* (L.) (MDDEP, 2008). Toutefois, cette dernière est plus préoccupante puisqu'elle envahit rapidement les marais lorsqu'elle s'y installe, alors que *Lythrum salicaria* (L.) a plutôt tendance à couvrir de plus faibles superficies dans les marais en se distribuant en petits îlots plutôt qu'en peuplements (MDDEP, 2008; Lavoie et Jean, 2004).

Les marais du tronçon fluvial du fleuve Saint-Laurent, situé en amont de l'embouchure du lac Saint-Pierre, sont couverts à 44 % par des espèces floristiques exotiques. Dans la portion estuarienne, plus en aval, les marais de la zone de l'estuaire fluvial le sont à 6,2 % et ceux de la zone de l'estuaire moyen à 10 %. La faible superficie recouverte d'espèces envahissantes dans l'estuaire fluvial s'explique par la présence des marées, qui constitue un frein à l'établissement d'espèces exotiques (Lavoie et Jean, 2004). Ceci explique aussi le fait que l'essentiel des efforts de recherche est concentré dans cette portion du Saint-Laurent. Les études réalisées sur la portion estuarienne du fleuve, plus rares, sont tout aussi importantes, puisque plusieurs espèces désignées menacées ou vulnérables pourraient subir la pression de ces espèces envahissantes.

Dans les années futures, il est attendu que les espèces envahissantes ralentissent leur expansion sur les rives du fleuve puisqu'elles ont été introduites il y a déjà plusieurs décennies, ce qui fait qu'elles ont déjà colonisé la plupart des lieux favorables à leur survie (Lavoie et Jean, 2004). Cependant, dans l'éventualité où le niveau d'eau du fleuve diminuerait, comme l'anticipe Environnement Canada (2011a), beaucoup de nouveaux sites de germination deviendront disponibles à l'établissement des espèces envahissantes (Jolicœur et Couillard, 2007a).

Le cas de *Phragmites australis* (Cav.) est particulièrement préoccupant, car cette espèce colonise non seulement les bordures de routes, mais aussi les marais d'eau douce, saumâtre ou salée (Lelong, 2008). Elle est actuellement en pleine expansion et colonise de nouveaux

sites au Québec (Lavoie et Jean, 2004). Une attention particulière doit être portée à cette espèce. Bien qu'elle ne soit pas actuellement recensée dans les marais étudiés, elle a été observée près de la zone d'étude à l'Isle-aux-Grues, au sud ainsi qu'à environ 100 m vers l'est, où elle forme de grandes colonies presque monospécifiques. Son apparition dans les marais pourrait avoir de fortes répercussions sur la diversité végétale (Lavoie et Jean, 2004).

CHAPITRE 3 : MÉTHODOLOGIE

3.1 Identification des assemblages de végétation

Les assemblages de végétation, ou zones de végétation, sont des zones où il est possible de voir clairement une différenciation dans la composition de la végétation par rapport aux assemblages adjacents, comme en témoigne la figure 14, où les lignes orange délimitent approximativement des ruptures de zones. On remarque aussi généralement une variation dans la densité et/ou dans la diversité et/ou dans la hauteur de la végétation. Chacun des marais est composé de plusieurs de ces zones, généralement disposées parallèlement au fleuve.



Figure 14: Représentation des assemblages de végétation

3.2 Relevés de végétation

Afin de caractériser les principales zones de végétation de chacun des marais, un relevé de végétation a été réalisé dans des quadrats de 100 m² de surface positionnés dans chacune des zones identifiées sur le terrain. Ces quadrats étaient de dimension (longueur, largeur) variable afin de s'ajuster à la configuration des zones de végétation. En général, ils étaient d'une dimension de 10 m x 10 m, ou de 5 m x 20 m dans les assemblages dont la largeur

était inférieure à 10 m. Dans chacun des relevés de végétation, les données suivantes ont été prises : pourcentage de recouvrement des différentes strates (herbacée supérieure, herbacée inférieure, muscinale, zone dénudée), densité de la végétation, hauteur maximale et moyenne de la végétation. Puisque les assemblages de végétation dans les marais à l'étude sont généralement répartis parallèlement au fleuve, les relevés ont été faits le long d'un transect perpendiculaire au rivage. Des relevés hors transect ont été réalisés dans la Zone 3 du marais de Saint-Augustin-de-Desmaures ainsi que dans la Zone 5 du marais de l'Isle-aux-Grues en raison de leur emplacement atypique. Au total, 22 relevés ont été réalisés. Toutes les zones de végétation ont été délimitées sur le terrain à l'aide d'une série de points GPS.

Chacune des zones a été identifiée par un code commençant par ZV, signifiant « zone de végétation » associé à un chiffre. De manière générale, les chiffres sont distribués en ordre croissant du haut marais, ou schorre supérieur (1, 2, 3), vers le bas marais, ou schorre inférieur (4, 5, 6), à l'exception des deux relevés hors transect. Toutes les zones ont été caractérisées en fonction d'une classe de densité (très dense, dense, peu dense, très peu dense). Chacune des espèces recensées s'est fait attribuer une cote d'abondance (Tableau 2) ainsi qu'un indice de sociabilité (Tableau 3). Plusieurs espèces n'ont pas pu être identifiées sur le terrain. Des spécimens ont donc été récoltés et séchés en laboratoire afin d'être identifiés par la suite à l'aide de documents de références sur la flore du Québec.

Tableau 2: Cote associée au pourcentage d'occupation

Pourcentage d'occupation	Cote
Présence à proximité	+
< 5	1
5 à 25	2
26 à 50	3
51 à 75	4
> 75	5

Les noms latins et français des espèces recensées (Annexe 1) sont principalement tirés des relevés d'Hélène Gilbert (2010), et ceux n'y figurant pas ont été nommés à partir de la

Flore Laurentienne de Marie-Victorin (1995) et la base de données des plantes vasculaires du Canada (VASCAN).

Tableau 3: Indice de sociabilité

Sociabilité	Indice
Individus	1
Touffes	2
Petites colonies	3
Grandes colonies	4
Peuplements	5

3.3 Cartographie

La cartographie des zones de végétation a été réalisée à l'aide du logiciel ArcGIS d'Esri. Afin de déterminer la limite des zones, les points GPS qui avaient été pris sur le terrain ont été raccordés pour créer des polygones. Étant donné que certains points étaient moins précis, les limites de zones ont été réajustées au besoin à l'aide des photographies aériennes et des photographies numériques prises sur le terrain. Les images générées sont projetées selon le système de coordonnées NAD83 MTM Zone 7. Afin de réaliser les cartes de la diversité floristique, cinq classes distinctes représentant le nombre d'espèces recensées ont été créées. Ces classes sont [0-6], [7-12], [13-18], [19-24], [25-30], et leur intervalle équivalent permet d'effectuer des comparaisons entre les marais.

3.4 Analyse granulométrique

Un échantillon de sédiments de surface a été prélevé dans chacun des assemblages de végétation. L'échantillonnage s'est fait à l'intérieur de chacun des quadrats établis pour effectuer les relevés de végétation.

La granulométrie a pour objectif de déterminer la distribution de fréquences des différentes tailles des particules composant un dépôt (Hadjouis, 1987). Chacun des échantillons a été séparé en deux fractions à l'aide d'un tamis de 1000 microns. La fraction grossière, supérieure à 1000 microns, a été analysée avec une colonne de tamis dont l'ouverture des

mailles varie entre 16 000 et 1000 microns. La fraction inférieure à 1000 microns a été soumise à trois prétraitements, soit une défloculation, un traitement au peroxyde (H_2O_2) concentré à 30 % pour détruire la matière organique, un traitement à l'acide chlorhydrique (HCL) concentré à 10 % pour éliminer les carbonates et le retrait de la magnétite et de l'hématite (Cayer, 2010). Les échantillons ont été analysés par l'entremise d'un granulomètre au laser de marque *Horiba, modèle LA950v2*.

La combinaison des données issues des deux méthodes d'analyse (tamis et laser) contribue à générer une légère erreur qui est attribuable à une combinaison de facteurs tels que la perte de matériel lors des manipulations de tamis, la forme non sphérique des particules, les erreurs propres aux méthodes et l'intégration des données combinées.

Les classes granulométriques ont été établies selon l'échelle du programme Gradistat, développé par Kenneth Pye Associates Ltd (Blott et Pye, 2001). Les argiles sont donc d'une taille entre 0 et 2 μm , les silts entre 2 et 63 μm , les sables entre 63 et 2000 μm et les graviers entre 2000 et 64 000 μm . Les statistiques des données granulométriques ont également été calculées à partir de ce programme.

CHAPITRE 4 : RÉSULTATS

Dans ce chapitre, les marais sont présentés selon leur localisation géographique dans l'estuaire d'eau douce du Saint-Laurent. De l'ouest vers l'est on a : le marais de Saint-Augustin-de-Desmaures, le marais de Beaumont, le marais de Château-Richer et le marais de l'Isle-aux-Grues.

4.1 Le marais de Saint-Augustin-de-Desmaures

4.1.1 Zonation de la végétation

Les résultats de cette section présentent les espèces d'intérêt ainsi que les espèces ayant des taux d'occupation de plus de 5 %. Ainsi, dans la majorité des zones, les espèces ayant des cotes d'occupation de moins de 5 % ne sont pas présentées, et ce, pour tous les marais.

Dans le marais de Saint-Augustin-de-Desmaures, six assemblages de végétation ont été identifiés, dont certains hébergent des individus d'espèces menacées (Figure 15). 55 espèces ont été recensées dans ce marais. La Zone 1, située le plus haut dans le marais, est caractérisée par une végétation continue dominée par *Eutrochium maculatum* (L.) et *Spartina pectinata* (Link.), dont chacune occupe entre 26 et 50 % de la strate herbacée supérieure. Dans la strate herbacée inférieure, *Galium palustre* (L.) est l'espèce dominante, avec un recouvrement variant entre 26 et 50 % également. Les autres espèces, recouvrant entre 5 et 25 % de l'espace, sont *Euthamia graminifolia* (L.), *Symphyotrichum lanceolatum* (Will.), *Lythrum salicaria* (L.) et *Calamagrostis canadensis* (Michaux).

La Zone 2 est caractérisée par une co-dominance de *Bidens frondosa* (L.) et *Eupatorium perfoliatum* (L.), deux espèces de la famille des astéracées occupant chacune entre 26 et 50 % de la zone. Les autres espèces, avec un recouvrement entre 5 et 25 %, sont *Cicuta maculata* var. *victorinii* (Fern.), *Symphyotrichum lanceolatum* (Will.), *Euthamia graminifolia* (L.), *Schoenoplectus pungens* (Vahl.), *Juncus brevicaudatus* (Engelm.), *Mentha arvensis* (L.), *Lythrum salicaria* (L.) et *Calamagrostis canadensis* (Michaux).

La Zone 3 est une zone hors transect, autrement dit, elle n'est pas parallèle au reste des zones et au rivage mais plutôt de forme grossièrement ovale et située dans la partie nord-ouest du marais (Figure 15). Cette zone se distingue aussi du reste du marais par sa composition floristique particulière. Bien qu'environ 40 % de la surface soit dénudée, on y trouve tout de même 23 espèces. L'espèce dominante est *Najas flexilis* (Will.), recouvrant entre 26 et 50 % de la zone. Les autres espèces, occupant entre 5 et 25 % du territoire, sont *Lycopus asper* (Greene), *Mentha arvensis* (L.) et *Cyperus rivularis* (Kunth). Cette dernière espèce compte beaucoup d'individus, mais en raison de sa petite taille, son pourcentage d'occupation demeure limité. Il est intéressant de noter que cette zone contient sept espèces exclusives à ce marais et à cette zone, soit *Alisma gramineum* (Lejeune), *Chara* sp., *Tillaea aquatica* (L.), *Eleocharis ovata* (Roth), *Schoenoplectus smithii* (A. Gray), *Limosella subulata* (E. Ives) et *Juncus nodosus* (L.), occupant chacune moins de 5 % de la zone.

Un changement important d'occupation se produit lors du passage de la Zone 2, dominée par des astéracées, vers la Zone 4, où *Schoenoplectus pungens* (Vahl.) occupe entre 51 et 75 % de la zone. La deuxième espèce la plus abondante est *Eupatorium perfoliatum* (L.), qui recouvre la zone entre 26 et 50 %. Les autres espèces abondantes sont *Sium suave* (Walt.), *Eleocharis* sp. (R. Brown), *Najas flexilis* (Will.), *Zizania aquatica* var. *brevis* (Fassett) et *Steironema ciliatum* (L.), qui couvrent chacune entre 5 et 25 % de la zone.

La Zone 5 est dominée par *Schoenoplectus pungens* (Vahl.), qui occupe plus de 75 % du milieu. Les autres espèces abondantes sont *Najas flexilis* (Will.), *Sium suave* (Walt.), *Eleocharis* sp. (R. Brown), et *Zizania aquatica* var. *brevis* (Fassett), et chacune de ces espèces recouvre entre 5 et 25 % de la zone.

La Zone 6, la moins élevée du marais, ne contient que deux espèces, qui ont chacune un recouvrement inférieur à 5 %; *Alisma triviale* (Pursh) et *Zizania aquatica* var. *brevis* (Fassett). Le sol dénudé occupe 95 % de cette zone.

Dans le marais de Saint-Augustin-de-Desmaures, le talus d'érosion, de hauteur variant entre 0 et 19 cm, n'est pas situé précisément à la jonction de deux zones de végétation comme dans les trois autres marais à l'étude. En effet, dans la section ouest du marais, le

talus et situé principalement dans la Zone 1, alors qu'au centre du marais, il se trouve plutôt à l'intérieur de la Zone 2 (Figures 15, 16, 17).

4.1.2 Densité de la végétation

La densité de végétation varie généralement selon le gradient topographique du marais (Figure 16). Dans les deux zones les plus élevées, 1 et 2; la végétation est très dense et très haute, atteignant plus de 110 cm de hauteur avec une valeur moyenne de 52 cm. En se dirigeant vers l'eau, la densité de la végétation diminue progressivement, passant de dense (Zone 4), à peu dense (Zone 5) et finalement, très peu dense (Zone 6). La Zone 3 située dans la portion est du marais, qui est dénudée par endroits et logeant des îlots de haut marais, est caractérisée par une végétation très basse, d'une quinzaine de centimètres de hauteur, et par une densité très faible.

4.1.3 Diversité floristique

La diversité floristique suit également généralement le gradient topographique du marais (Figure 17). En effet, 29 colonisent la Zone 1, 22 espèces les zones 2 et 3, 18 espèces la Zone 4, 12 espèces la Zone 5 et seulement deux espèces la Zone 6. Dans ce marais, on remarque qu'il y a une certaine tendance à ce que plus une zone est diversifiée, plus elle est dense. La Zone 3 diffère toutefois de cette tendance, avec une zone assez diversifiée, mais très peu dense.

4.1.4 Espèces envahissantes

Une seule espèce envahissante a été recensée dans ce marais; il s'agit de *Lythrum salicaria* (L.), qui occupe entre 5 et 25 % des zones 1 et 2 et moins de 5 % de la Zone 3. Les individus de cette espèce sont distribués en touffes dispersées assez uniformément à l'intérieur des zones où elle est présente.

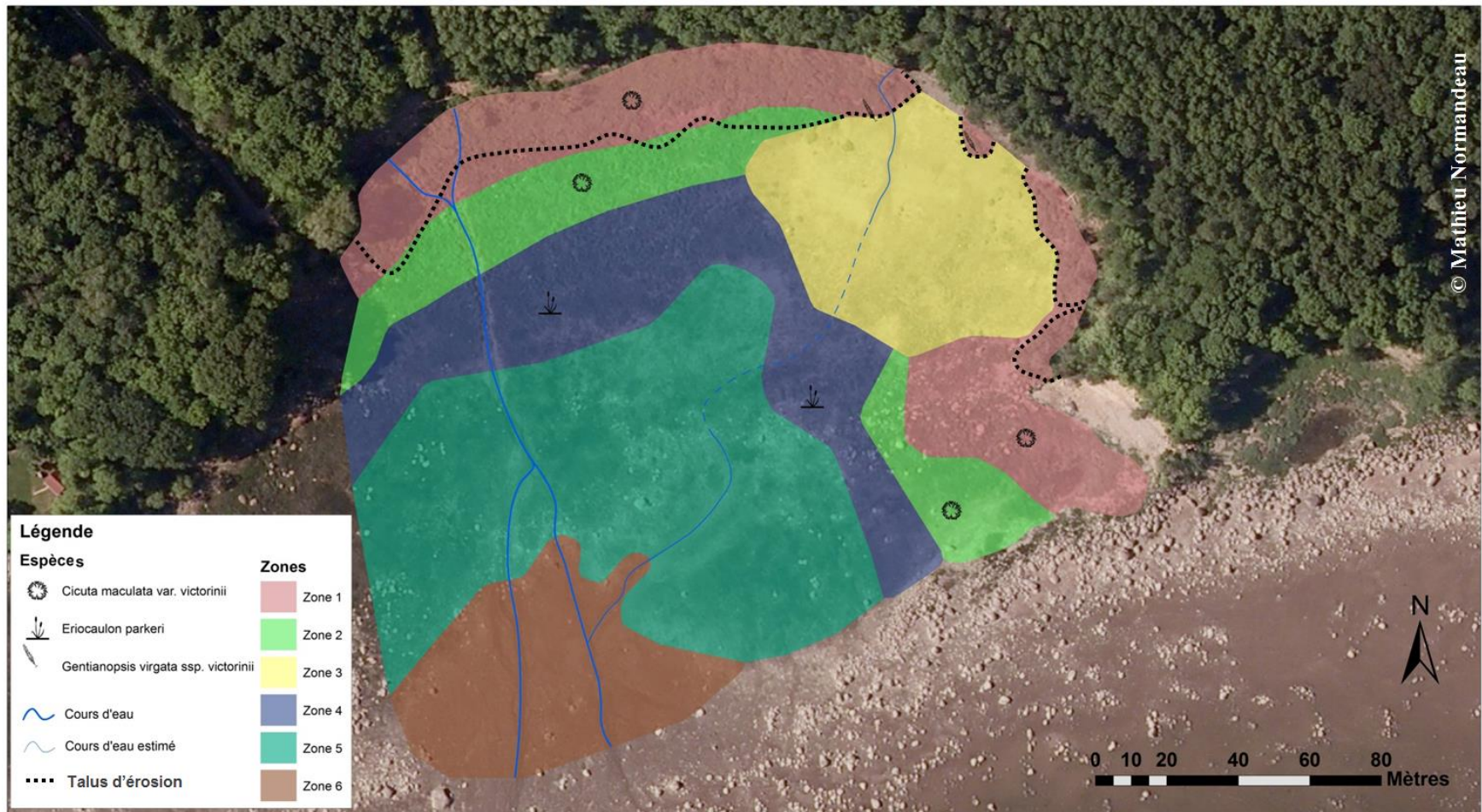


Figure 15: Zones de végétation et présence d'espèces menacées, marais de Saint-Augustin-de-Desmaures



Figure 16: Densité de la végétation par zone, marais de Saint-Augustin-de-Desmaures

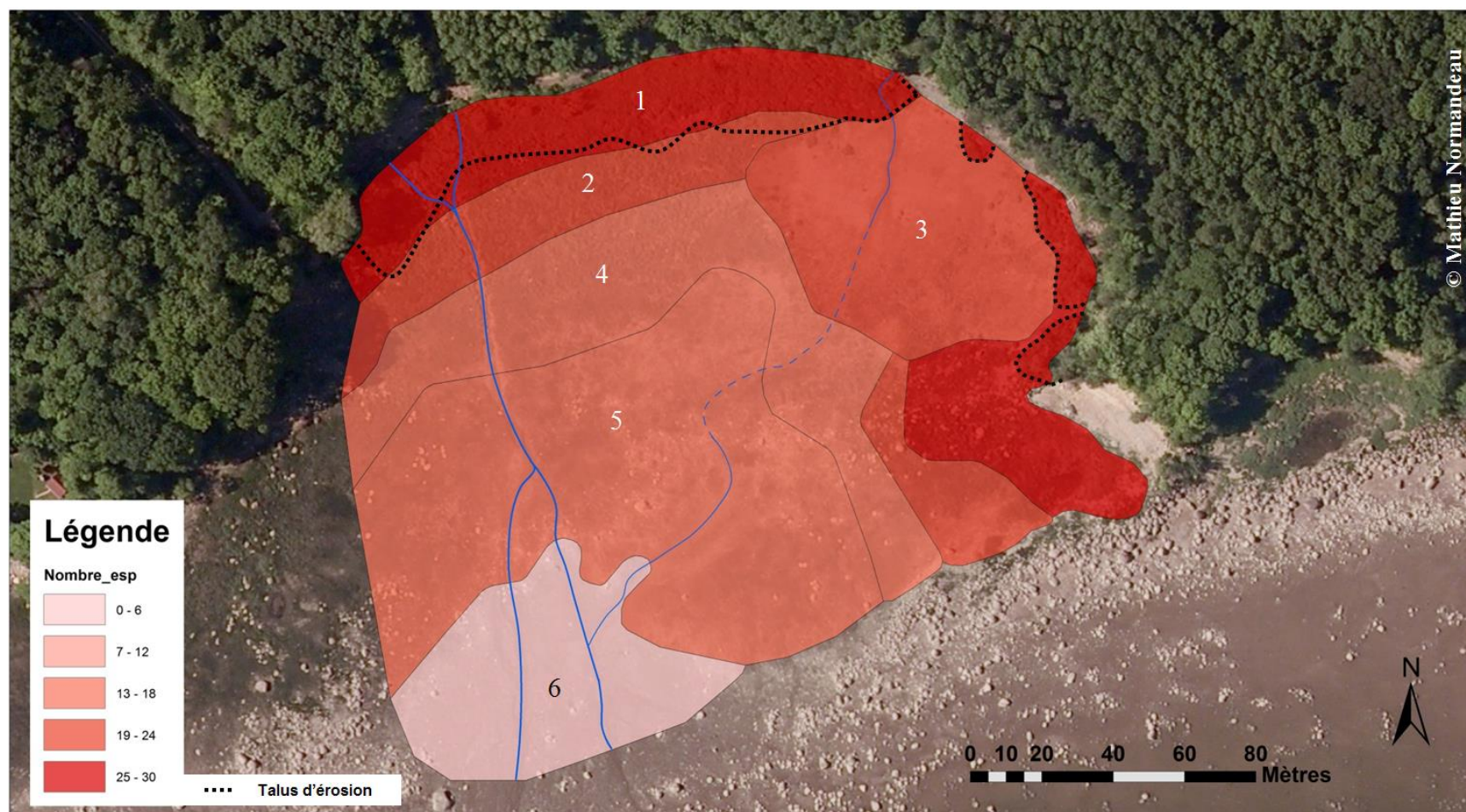
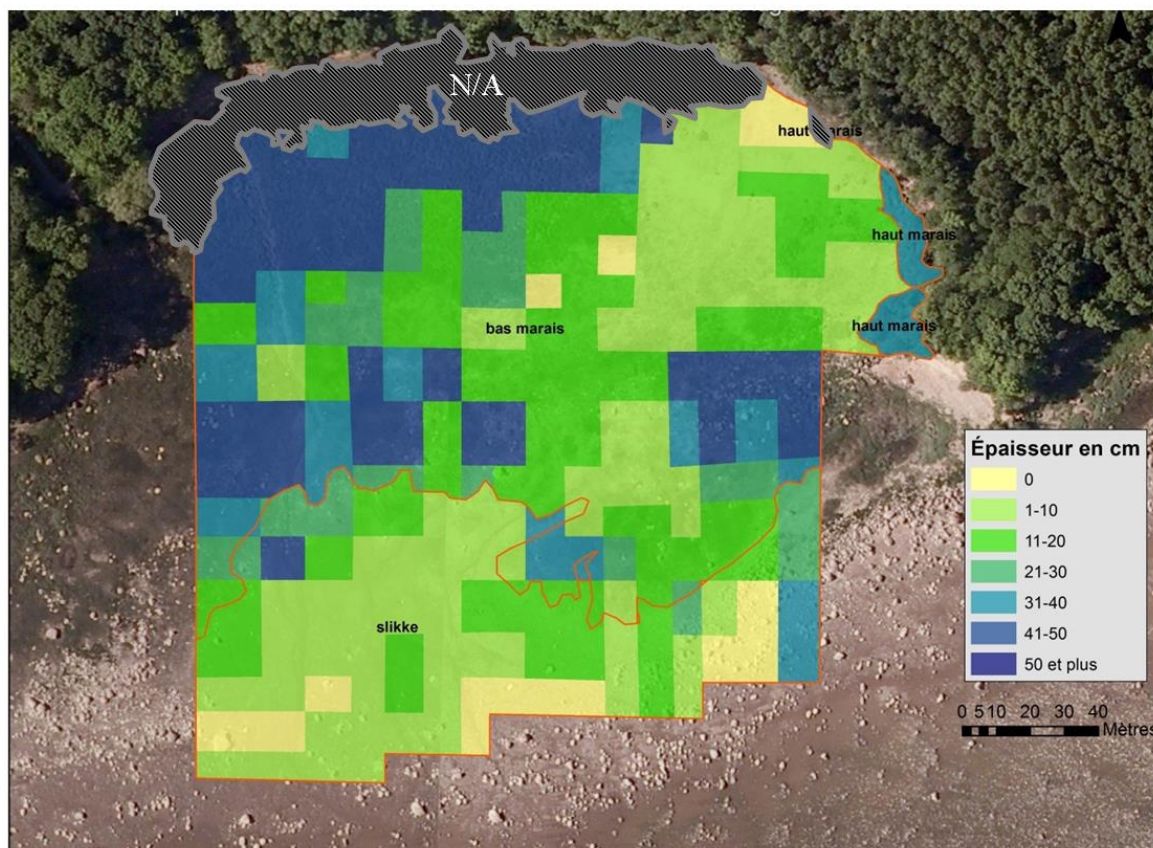


Figure 17: Diversité floristique par zone, marais de Saint-Augustin-de-Desmaures

4.1.5 Épaisseur et granulométrie des dépôts meubles

Cette section présente en premier lieu l'épaisseur des sédiments meubles du marais suivie des données sur la composition de ces sédiments et leurs paramètres statistiques.

La carte ci-dessous présente l'épaisseur des sédiments meubles dans le marais de Saint-Augustin-de-Desmaures (Figure 18). En ce qui concerne l'épaisseur des sédiments de la zone de haut marais, cette donnée n'a pas été considérée puisqu'elle n'a pas été calculée; cette portion du territoire est classifiée comme hors de la zone étudiée (N/A). La composition du sédiment a cependant été calculée. Dans le bas marais, les sédiments sont généralement épais, de 31 cm et plus d'épaisseur (teintes bleues) à l'ouest et à l'est du marais. Au centre du bas marais, dans la slikke ainsi que dans la Zone 3, la couche de sédiments est généralement plus mince, inférieure à 30 cm (teintes vertes).



Source : modifié de Gervais (2012)

Figure 18: Répartition des sédiments meubles, marais de Saint-Augustin-de-Desmaures

On distingue une certaine association entre l'épaisseur des sédiments meubles de surface et le type d'assemblages de végétation de certaines zones. En effet, la Zone 2 est généralement confinée à des endroits où les sédiments de surface ont une épaisseur dépassant 31 cm. Les zones 3, 4 et 6 sont plutôt associées à des sédiments dont l'épaisseur est faible, de 1 et 20 cm d'épaisseur. En ce qui concerne la Zone 5, l'épaisseur des sédiments est variable; moins épais à l'est et plus épais à l'ouest.

Ensuite, concernant la composition des dépôts meubles calculée dans chacune des zones de végétation, on remarque que les sédiments de surface sont principalement silteux-sableux et les graviers sont plus fréquents sur l'estran (36 % dans ZV-3) (Tableau 4). Plus précisément, le silt est présent dans toutes les zones avec une proportion variant entre 15 et 42 % de la fraction granulométrique mais dans la Zone ZV-1 (haut marais), il compose 42 % de l'ensemble du sédiment. Le sable est abondant dans le marais, particulièrement dans la Zone 6, où il compte pour 72 % des particules. Le gravier se trouve dans toutes les zones du marais, mais principalement dans ZV-3 et 5.

Tableau 4: Distribution granulométrique en fonction des zones, marais de Saint-Augustin-de-Desmaures

	ZV-1	ZV-2	ZV-3	ZV-4	ZV-5	ZV-6
Argile (%)	2	1	1	2	1	<1
Silt (%)	42	24	20	33	25	15
Sable (%)	42	47	43	48	46	72
Gravier (%)	15	27	36	18	28	13

Les dépôts de surface du haut marais sont majoritairement composés de silt et de sable, alors que dans le bas marais, ils sont composés principalement de sable, de gravier et de silt (Tableau 5).

Tableau 5: Distribution granulométrique moyenne en fonction de la section du marais de Saint-Augustin-de-Desmaures

	Haut marais	Bas marais
Argile (%)	2	1
Silt (%)	42	23
Sable (%)	42	51
Gravier (%)	15	24

4.1.6 Espèces menacées

Les trois espèces considérées dans cette étude sont présentes dans ce marais. *Cicuta maculata* var. *victorinii* (Fern.) occupe moins de 5 % de la Zone 1 et entre 5 et 25 % de la Zone 2. Elle est donc distribuée de part et d'autre du talus qui délimite le haut et le bas marais, dans des zones de densité de végétation très élevée et de diversité floristique élevée. Son pourcentage d'occupation maximal, dans la Zone 2, est associé à des sédiments meubles épais (supérieur à 50 cm) et riches en sable.

Gentianopsis virgata subsp. *victorinii* (Fern.) n'a été relevé que dans la Zone 1, dans le haut marais et en bordure du talus d'érosion. Les individus observés, environ 20, croissent sur une section du haut marais isolée au fond de la Zone 3 ainsi qu'au niveau du talus d'érosion qui marque la limite entre la Zone 1 et l'ouest de la Zone 3 (Figure 15). L'espèce n'a pas été recensée dans la section ouest du marais, probablement en raison de la végétation très haute, atteignant 115 cm. La zone de végétation associée à cette espèce est très dense et très diversifiée. Toutefois, la position des individus en bordure du talus d'érosion indique une nécessité d'avoir accès à la lumière.

Eriocaulon parkeri (Robinson) a été répertorié dans la Zone 4, où l'espèce possède un recouvrement inférieur à 5 %. Toutefois, ce faible pourcentage est attribuable à la très petite taille des individus, car plus d'une centaine d'individus sont présents sur le marais. On trouve cette espèce à l'ouest ainsi qu'à l'est de cette zone. La végétation associée à son lieu

d'occurrence est dense et moyennement diversifiée. Les sédiments meubles sur lesquels s'installe cette espèce sont sableux – silteux et ont une épaisseur variant entre 1 et 30 cm.

4.1.7 Synthèse

Le haut marais de Saint-Augustin-de-Desmaures se caractérise par un sédiment sableux-silteux et des espèces floristiques appartenant majoritairement aux familles des astéracées et des poacées. Dans le bas marais, le sédiment est sablo-graveleux et c'est la famille des cypéracées qui domine. Du haut vers le bas, la végétation diminue graduellement en densité et en diversité. Ce marais est le seul qui abrite les trois espèces menacées considérées dans cette étude. *Cicuta maculata* var. *victorinii* (Fern.) colonise principalement le haut marais et la zone la plus élevée en altitude du bas marais. La végétation associée à son aire d'établissement est très dense et diversifiée. *Gentianopsis virgata* subsp. *victorinii* (Fern.) colonise le haut du talus d'érosion uniquement dans la partie centrale du marais, en bordure de la Zone 3. *Eriocaulon parkeri* (Robinson) croît au milieu du bas marais où la végétation est dense et moyennement diversifiée.

4.2 Le marais de Beaumont

4.2.1 Zonation de la végétation

Dans la section d'étude faisant partie du marais de Beaumont, quatre assemblages de végétation ont été identifiés et 44 espèces y sont relevées (Figure 19). La Zone 1 est caractérisée par une végétation continue dominée par *Spartina pectinata* (Link.), qui occupe entre 26 et 50 % de la zone. Les autres espèces, recouvrant entre 5 et 25 %, sont *Eutrochium maculatum* (L.), *Phalaris arundinacea* (L.), *Lysimachia terrestris* (L.), *Steironema ciliatum* (L.), *Salix eriocephala* (Michaux) et *Viola* sp. (L.).

La Zone 2 est dominée par *Eutrochium maculatum* (L.), colonisant de 26 à 50 % de la zone. *Schoenoplectus pungens* (Vahl.), *Galium palustre* (L.) et *Viola* sp. sont trois espèces fréquentes, dont chacune représente entre 5 et 25 % de la zone.

La Zone 3 est dominée par *Schoenoplectus pungens* (Vahl.) et *Juncus brevicaudatus* (Engelm.), chacune possédant un recouvrement entre 26 et 50 %. Les autres espèces présentes, avec des pourcentages d'occupation variant entre 5 et 25 %, sont *Sium suave* (Walt.), *Spartina pectinata* (Link.), *Lythrum salicaria* (L.) ainsi que quelques espèces d'astéracées.

La Zone 4 est située sur l'estran rocheux, ce qui explique pourquoi environ 90 % de son sol est dénudé. Cette zone ne contient que de cinq espèces et est dominée par *Juncus dudleyi* (Wiegand), laquelle occupe entre 5 et 25 % de la zone.

Le talus d'érosion se situe à la limite des zones de végétation 3 et 4. Ce talus délimite la zone de haut marais, associée aux zones 1, 2 et 3, et la zone de bas marais, associée à l'estran rocheux très exposé de la Zone 4 (Figures 19, 20, 21).

4.2.2 Densité de la végétation

Dans ce marais, la densité de la végétation décroît graduellement du haut vers le bas (Figure 20). Effectivement, la végétation de la Zone 1 est très dense, alors qu'elle est dense dans la Zone 2, peu dense dans la Zone 3 et très peu dense sur l'estran rocheux, associé à la Zone 4.

4.2.3 Diversité floristique

Le patron en termes de diversité floristique suit la même tendance que celui de la densité. C'est-à-dire que du haut vers le bas du marais, la végétation est graduellement de moins en moins diversifiée (Figure 21). En effet, la Zone 1 comprend 29 espèces, alors qu'on en compte 22 dans la Zone 2, 17 dans la Zone 3 et uniquement cinq dans la Zone 4.

4.2.4 Espèces envahissantes

Deux espèces envahissantes ont été répertoriées. *Lythrum salicaria* (L.) occupe moins de 5 % des zones 1 et 2 ainsi qu'entre 5 et 25 % de la Zone 3. La deuxième espèce présente, *Phalaris arundinacea* (L.), occupe entre 5 et 25 % de la Zone 1.

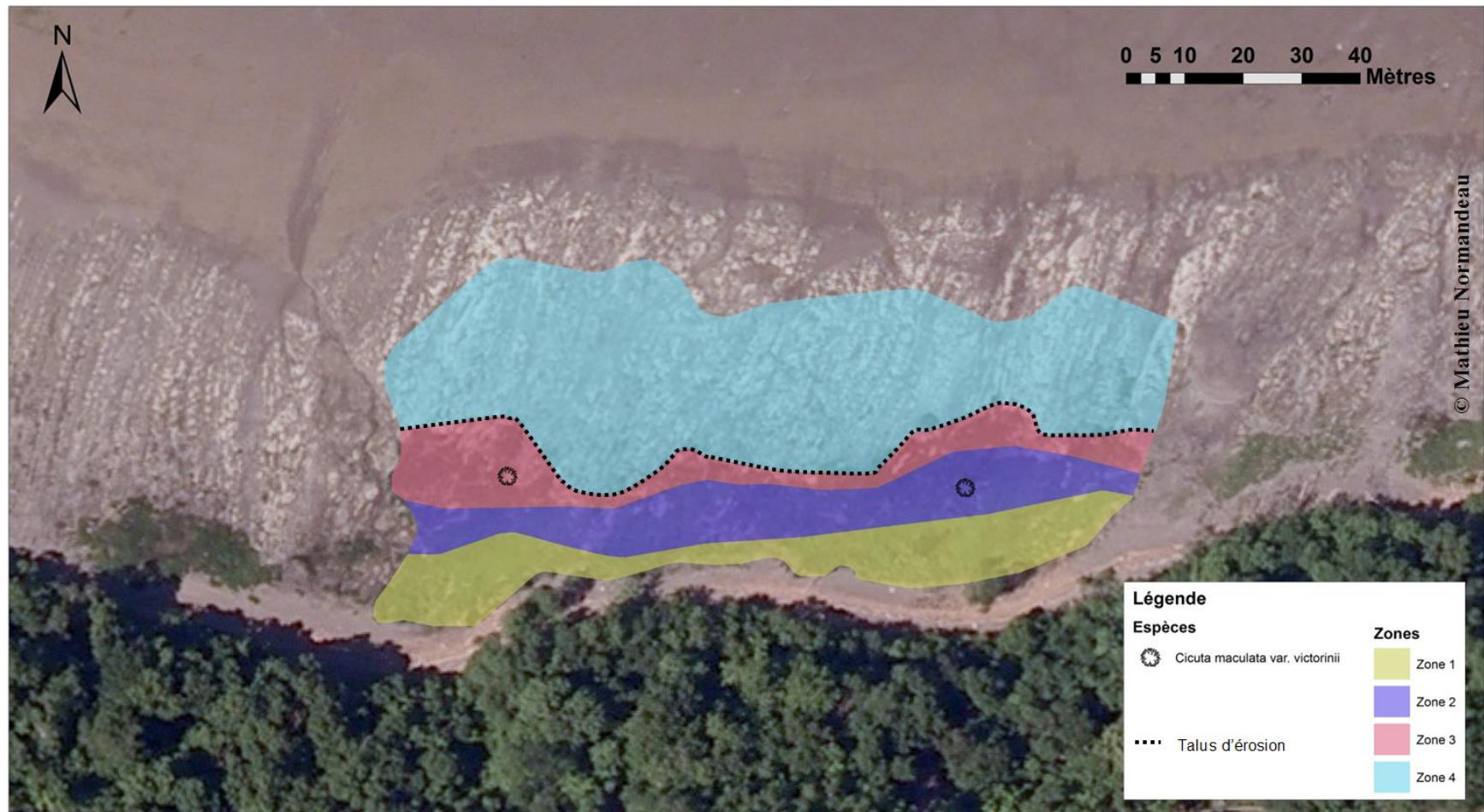


Figure 19: Zones de végétation et présence d'espèces menacées, marais de Beaumont



Figure 20: Densité de la végétation par zone, marais de Beaumont

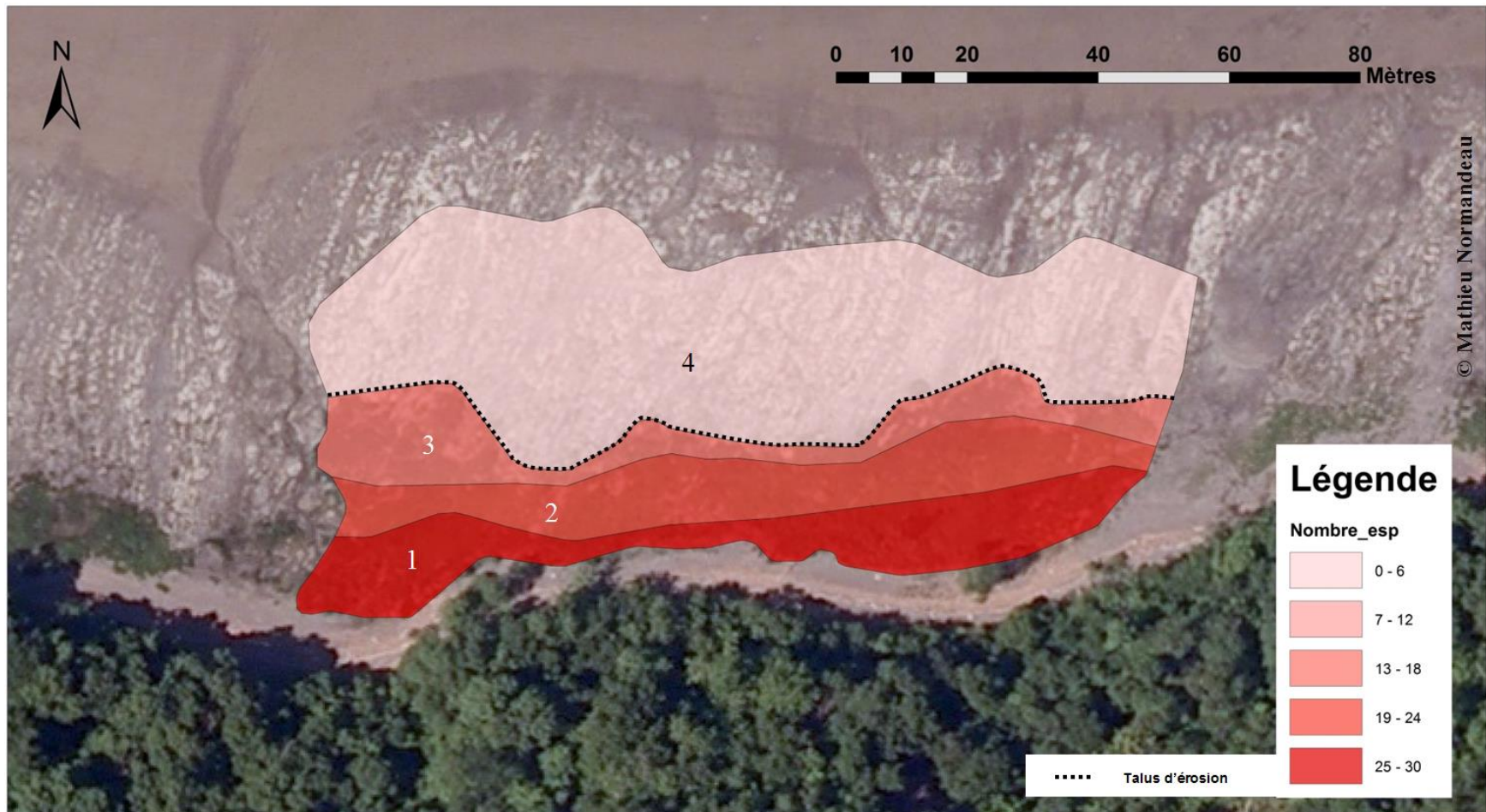
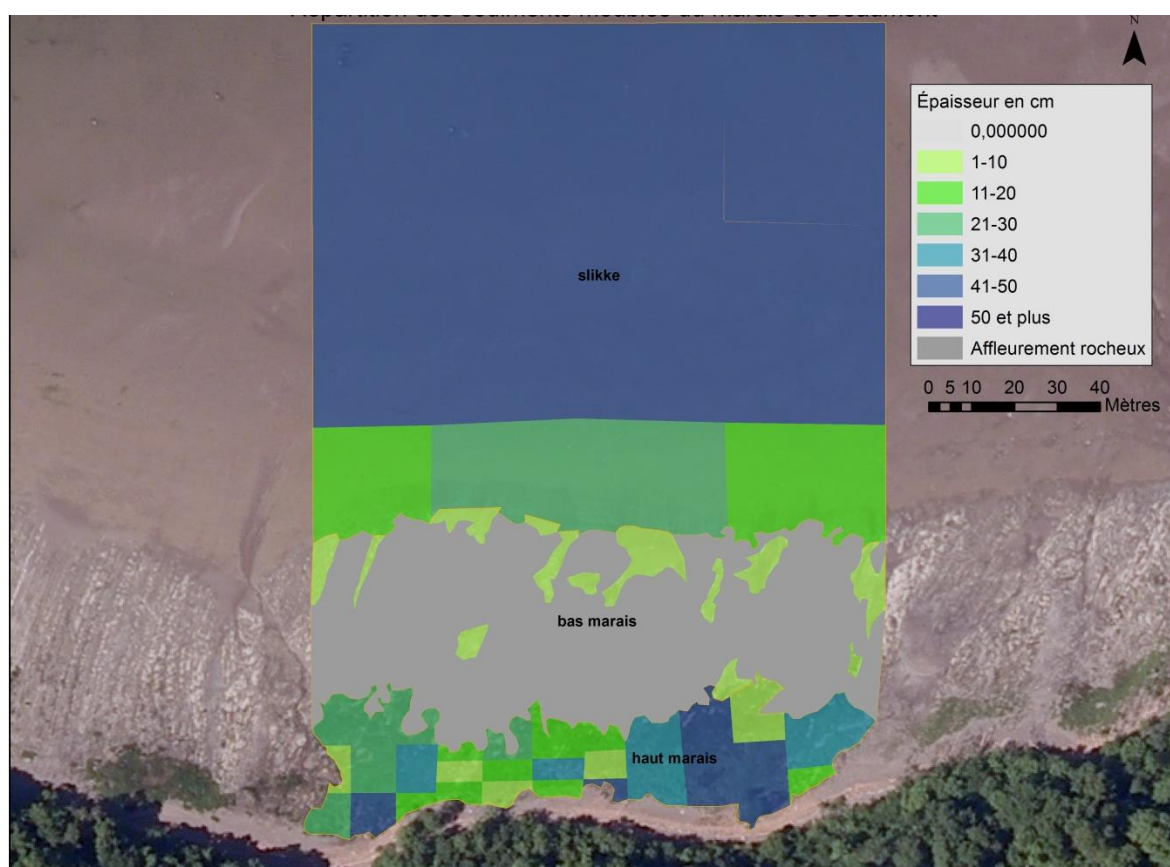


Figure 21: Diversité floristique par zone, marais de Beaumont

4.2.5 Épaisseur et granulométrie des dépôts meubles

La carte ci-dessous présente l'épaisseur des sédiments de surface du marais de Beaumont (Figure 22). Dans le haut marais, l'épaisseur des sédiments est variable, de l'ordre de 1 à 30 cm dans la section ouest et de plus de 31 cm dans la section est. Le bas marais est constitué essentiellement d'affleurement rocheux à petites dépressions tapissées par des sédiments fins n'excédant pas 10 cm d'épaisseur alors que dans la slikke, l'épaisseur des sédiments est importante; plus de 50 cm d'épaisseur.



Source : Gervais, 2012

Figure 22: Répartition des sédiments meubles, marais de Beaumont

Contrairement au marais de Saint-Augustin-de-Desmaures, les assemblages de végétation du marais de Beaumont ne correspondent pas à des classes distinctes d'épaisseur des dépôts meubles.

Les sédiments de surface du marais de Beaumont sont principalement sableux-silteux excepté dans la slikke où les sédiments sont plutôt sablo-graveleux (Tableau 6). En effet, le silt est abondant dans toutes les zones à l'exception de l'estran rocheux (Zone 4). Le sable est la fraction granulométrique la mieux représentée, avec des proportions variant entre 51 et 76 %. Le gravier est davantage présent dans la Zone 4, où il compte pour 44 % de la distribution. Dans ce marais, les zones 1 et 3 ont des distributions granulométriques semblables avec très peu de gravier et beaucoup de sable.

Tableau 6: Distribution granulométrique en fonction des zones, marais de Beaumont

	ZV-1	ZV-2	ZV-3	ZV-4
Argile (%)	1	1	1	<1
Silt (%)	22	31	23	3
Sable (%)	75	51	76	53
Gravier (%)	3	17	1	44

La granulométrie des sédiments du haut marais diffère largement de celle du bas marais (Tableau 7). En effet, on trouve principalement du sable et du silt en haut du talus, alors que c'est plutôt du sable et du gravier en bas de celui-ci.

Tableau 7: Distribution granulométrique moyenne en fonction de la section du marais de Beaumont

	Haut marais	Bas marais
Argile (%)	1	<1
Silt (%)	25	3
Sable (%)	67	53
Gravier (%)	7	44

4.2.6 Espèces menacées

Parmi les espèces menacées, seulement *Cicuta maculata* var. *victorinii* (Fern.) fut identifiée, et elle occupe moins de 5 % de la Zone 2 et entre 5 et 25 % de la Zone 3. L'espèce a été observée partout dans le marais, indiquant qu'elle est installée sur des sédiments d'épaisseurs variables très riches en sable. Selon nos relevés, l'espèce est plus abondante dans la section est du marais, où les sédiments meubles sont plus épais.

4.2.7 Synthèse

Le marais de Beaumont se caractérise par une végétation diversifiée et confinée dans le haut marais, où le sédiment sablo-silteux est colonisé par les familles des astéracées, des poacées, des cypéracées et des joncacées, qui sont en situation de co-dominance. L'estran rocheux, avec un sédiment sablo-graveleux dans ses dépressions, possède une végétation très éparse. La densité ainsi que la diversité de la végétation diminuent graduellement du haut vers le bas du marais. Parmi les espèces menacées, seule *Cicuta maculata* var. *victorinii* (Fern.) a été recensée, assez abondante dans les zones 2 et 3. Les espèces envahissantes recensées sont *Lythrum salicaria* (L.) et *Phalaris arundinacea* (L.).

4.3 Marais de Château-Richer

4.3.1 Zonation de la végétation

Le marais de Château-Richer se caractérise par une distribution quasi-linéaire des assemblages de végétation (Figure 23). On compte six assemblages hébergeant 43 espèces au total. La transition entre les différentes zones est très étroite; de ce fait, elle est très perceptible. La Zone 1, localisée dans le haut marais, est dominée par *Eutrochium maculatum* (L.) et *Apios americana* (Medikus), dont chacune recouvre de 26 à 50 % de la zone. Les espèces occupant entre 5 et 25 % de la zone sont *Symphyotrichum lanceolatum* (Will.), *Leersia oryzoides* (L.), *Polygonum sagittatum* (L.), *Sanguisorba canadensis* (L.) et *Viola* sp. (L.).

La Zone 2, située directement en bas du talus d'érosion, est dominée par *Schoenoplectus pungens* (Vahl.) ainsi que *Spartina pectinata* (Link.), occupant entre 26 et 50 % du milieu. Les autres espèces, occupant entre 5 et 25 % de la zone, sont *Sium suave* (Walt.), *Bidens frondosa* (L.), *Eupatorium perfoliatum* (L.), *Juncus brevicaudatus* (Engelm.) et *Lythrum salicaria* (L.).

La Zone 3 est dominée par *Juncus brevicaudatus* (Engelm.), recouvrant 51 à 75 % de la zone, et par *Schoenoplectus pungens* (Vahl), en recouvrant entre 26 et 50 %. Les autres espèces relevées sont *Bidens frondosa* (L.) et *Zizania aquatica* var. *brevis* (Fassett), ayant une occupation entre 5 et 25 %.

La Zone 4 a la particularité de se trouver de part et d'autre de la Zone 5. En haut de la Zone 5, elle est composée de quatre espèces et est dominée par *Zizania aquatica* var. *brevis* (Fassett), qui occupe entre 51 et 75 % de la zone, et *Schoenoplectus pungens* (Vahl.) dont le recouvrement varie de 26 et 50 %. Les deux autres espèces sont *Sagittaria latifolia* (Will.) et *Bidens frondosa* (L.), dont chacune croît sur moins de 5 % de la zone. En bas de la Zone 5, la composition est la même, excepté *Bidens frondosa* (L.), qui est absent.

La Zone 5 est caractérisée par une dominance évidente de *Juncus effusus* (L.), dont les individus sont hauts de plus de 2 m. Cette espèce occupe de 26 à 50 % de la zone, au même titre que *Zizania aquatica* var. *brevis* (Fassett). *Schoenoplectus pungens* (Vahl.) a aussi été relevé, recouvrant entre 5 et 25 % de la zone.

La Zone 6, la plus basse en altitude, est composée de trois espèces avec une dominance marquée de *Schoenoplectus pungens* (Vahl.) occupant plus de 75 % de la zone.

Le talus d'érosion de ce marais est plus haut que celui des marais de Saint-Augustin-de-Desmaures et de Beaumont. De plus, il marque une limite nette entre les zones 1 et 2 (Figures 23, 24, 25).

4.3.2 Densité de la végétation

La densité de la végétation du marais de Château-Richer est plutôt atypique si on la compare avec les trois autres marais (Figure 24), où la densité diminue généralement au fur

et à mesure qu'on s'approche du rivage. En effet, la zone de haut marais (Zone 1) est composée d'une végétation très dense alors que dans le bas marais, la végétation passe d'un état dense dans la Zone 2 à un état peu dense dans la Zone 3, et revient à une densité très élevée dans la Zone 4. La section nord de la Zone 4 a possiblement été surévaluée en ce qui concerne la densité puisque la végétation était couchée lors de la prise de données, contrairement aux autres zones où la végétation était debout. La section sud de la Zone 4 ainsi que la Zone 5 possèdent une végétation dense, et la Zone 6, la plus en bas, se caractérise par une végétation peu dense.

4.3.3 Diversité floristique

Dans les zones 1 et 2, la végétation est diversifiée, avec 24 et 22 espèces respectivement. Le nombre d'espèces chute à huit dans la Zone 3, à quatre dans la Zone 4 et finalement, à trois dans les zones 5 et 6 (Figure 25).

4.3.4 Espèces envahissantes

Les mêmes espèces envahissantes que celles identifiées dans le marais de Beaumont se trouvent dans le marais de Château-Richer, en l'occurrence, *Lythrum salicaria* (L.) et *Phalaris arundinacea* (L.). *Lythrum salicaria* (L.) colonise principalement le bas marais, où il occupe entre 5 et 25 % de la Zone 2. Les deux espèces sont aussi présentes dans le haut marais recouvrant moins de 5 %.



Figure 23: Zones de végétation et présence d'espèces menacées, marais de Château-Richer



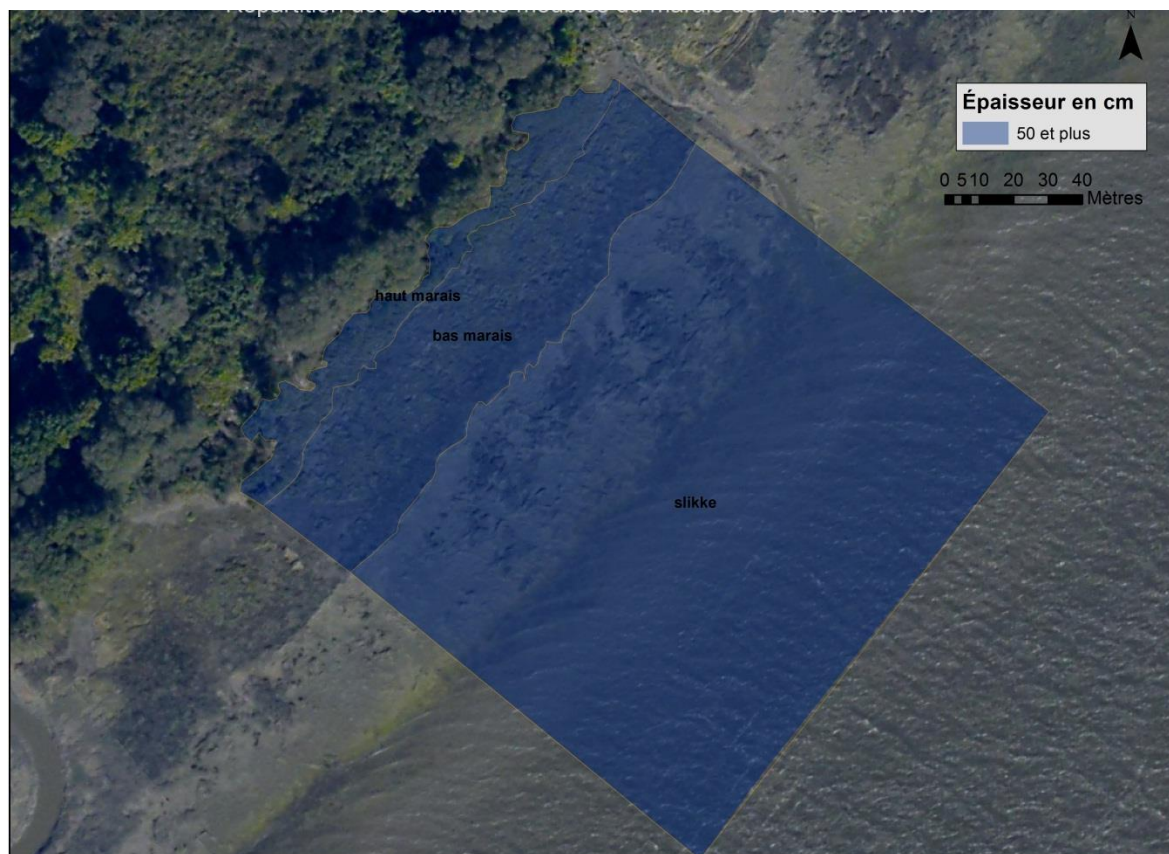
Figure 24: Densité de la végétation par zone, marais de Château-Richer



Figure 25: Diversité floristique par zone, marais de Château-Richer

4.3.5 Épaisseur et granulométrie des dépôts meubles

Le marais de Château-Richer est tapissé à sa grandeur de sédiments meubles dont l'épaisseur dépasse 50 cm (Figure 26). Par conséquent, la variation des paramètres de densité et de diversité de la végétation n'est pas en lien direct avec ce facteur.



Source : Gervais, 2012

Figure 26: Répartition des sédiments meubles, marais de Château-Richer

Contrairement aux marais de Saint-Augustin-de-Desmaures et de Beaumont, 70 % des sédiments du marais de Château-Richer sont silteux (Tableau 8). Le sable est la deuxième fraction granulométrique la plus abondante après le silt, mais elle est presque absente des zones 4 et 5. La distribution granulométrique générale de ces deux zones diffère donc de celle des quatre autres.

Tableau 8: Distribution granulométrique en fonction des zones, marais de Château-Richer

	ZV-1	ZV-2	ZV-3	ZV-4	ZV-5	ZV-6
Argile (%)	4	3	4	5	8	4
Silt (%)	70	67	70	92	89	73
Sable (%)	26	30	27	2	3	24
Gravier (%)	0	0	0	0	0	0

Les sections du haut marais et du bas marais sont toutes deux composées principalement de silt (Tableau 9). On trouve plus de sable en haut du talus d'érosion (26 %) que dans le bas de celui-ci (17 %).

Tableau 9: Distribution granulométrique moyenne en fonction de la section du marais de Château-Richer

	Haut marais	Bas marais
Argile (%)	4	5
Silt (%)	70	78
Sable (%)	26	17
Gravier (%)	0	0

4.3.6 Espèces menacées

Comme espèces menacées, deux ont été relevées. *Cicuta maculata* var. *victorinii* (Fern.) a été retrouvé dans la Zone 1, occupant entre 5 et 25 % de la zone. L'assemblage de végétation auquel elle est associée se caractérise par une végétation très dense et très diversifiée.

Gentianopsis virgata subsp. *victorinii* (Fern.) a aussi été observé dans la Zone 1, avec un recouvrement inférieur à 5 %. Plus d'une centaine d'individus ont été observés, tous situés en bordure du talus d'érosion.

4.3.7 Synthèse

Le marais de Château-Richer est caractérisé par une végétation de la famille des astéracées et des fabacées dans le haut marais, où le sédiment est silto-sableux. Le bas marais, avec un sédiment semblable à celui du haut marais, est colonisé par des poacées, des cypéracées et des juncacées. La densité de la végétation diminue du haut marais vers le bas marais. Parmi les trois espèces menacées *Cicuta maculata* var. *victorinii* (Fern.) et *Gentianopsis virgata* subsp. *victorinii* (Fern.) ont été recensées exclusivement dans le haut marais, et cette dernière est fréquente dans le marais. Les espèces envahissantes *Lythrum salicaria* (L.) et *Phalaris arundinacea* (L.) ont été recensées, mais aucune n'est en situation de dominance.

4.4 Isle-aux-Grues

4.4.1 Zonation de la végétation

Cinq assemblages de végétation forment le secteur étudié du marais de l'Isle-aux-Grues (Figure 27) et 35 espèces y ont été relevées. La zone de transition entre ces assemblages est plus facile à délimiter dans le haut marais que dans le bas marais. La Zone 1, dans le haut marais, est colonisée par *Calamagrostis canadensis* (Michaux), occupant entre 51 et 75 % de la zone et *Eutrochium maculatum* (L.) dont le recouvrement varie de 26 à 50 %. Les autres espèces présentes, qui occupent chacune entre 5 et 25 % de la zone, sont *Apios americana* (Medikus), *Lythrum salicaria* (L.) et *Sanguisorba canadensis* (L.).

La Zone 2, aussi située dans le haut marais, est dominée par la famille des poacées, dont les espèces dominantes sont *Calamagrostis canadensis* (Michaux), occupant entre 51 et 75 % de la zone ainsi que *Spartina pectinata* (Link.) en colonisant entre 26 et 50 %.

La Zone 3, située en bas du talus d'érosion, est dominée par *Schoenoplectus pungens* (Vahl.), occupant plus de 75 % de la zone. *Sagittaria latifolia* (Will.), *Sium suave* (Walt.),

Bidens frondosa (L.) et *Cyperus rivularis* (Kunth) sont aussi présentes, occupant entre 5 et 25 % de la zone.

La Zone 4, localisée sur l'estran rocheux, possède une végétation monospécifique; seul *Schoenoplectus pungens* (Vahl.) y a été relevé, occupant entre 51 et 75 % de la zone, alors qu'en moyenne, 40 % de cette zone est dénudée.

La Zone 5 de ce marais est recensée hors transect. Les espèces dominantes sont *Schoenoplectus pungens* (Vahl.) et *Trifolium hybridum* (L.), occupant chacune entre 26 et 50 % du milieu. Les autres espèces présentes, avec un recouvrement entre 5 et 25 %, sont *Juncus brevicaudatus* (Engelm.), *Calamagrostis canadensis* (Michaux), *Spartina pectinata* (Link.) et *Agalinis paupercula* (A. Gray).

Le talus d'érosion de ce marais est le plus élevé des marais étudiés, dépassant 1 m. Il délimite les zones 2 et 3 à l'ouest du marais et la Zone 1 des zones 3 et 5 à l'est du marais (Figures 27, 28, 29).

4.4.2 Densité de la végétation

De façon générale, la densité de la végétation diminue du haut vers le bas du marais (Figure 28). En effet, la végétation des zones 1 et 2, situées en haut du marais, est très dense. En bas du talus d'érosion, où se trouvent les zones 3 et 5, la végétation est dense, alors que dans la Zone 4, située près du rivage, la végétation est peu dense.

4.4.3 Diversité floristique

La diversité floristique dans ce marais s'organise d'une façon particulière (Figure 29) comparativement aux autres marais à l'étude. Le haut marais, normalement caractérisé par une diversité élevée, est divisé en deux sections : la Zone 1 qui comprend 14 espèces et la Zone 2 qui n'en compte que six. La limite entre ces deux assemblages est très nette. Avec 19 espèces, la Zone 5 est la seconde plus diversifiée. Cette situation est due au fait que beaucoup d'îlots du haut marais sont décrochés et déposés à cet endroit. Des espèces caractéristiques du bas marais se sont ajoutées aux espèces du haut mais de ces îlots. Ont

donc été identifié dans la Zone 5 plusieurs espèces caractéristiques des zones 1 et 2 en plus des espèces de la Zone 3. On pourrait qualifier cet assemblage comme formant une zone mixte. La Zone 3 comprend dix espèces et la Zone 4, la plus basse, est composée d'une seule espèce, *Schoenoplectus pungens* (Vahl.), distribuée en une série de grandes colonies monospécifiques entrecoupées de surfaces dénudées.

4.4.4 Espèces envahissantes

Parmi les espèces envahissantes, uniquement *Lythrum salicaria* (L.) a été recensé dans la portion étudiée du marais, occupant entre 5 et 25 % de la Zone 1 et moins de 5 % des zones 2 et 5. Toutefois, à environ 100 m à l'est du secteur étudié, tant dans le haut que le bas marais, de grands peuplements de *Phragmites australis* (Cav.) ont été observés. D'autres petits peuplements ont également été relevés non loin, en haut du marais, vers le sud-est.

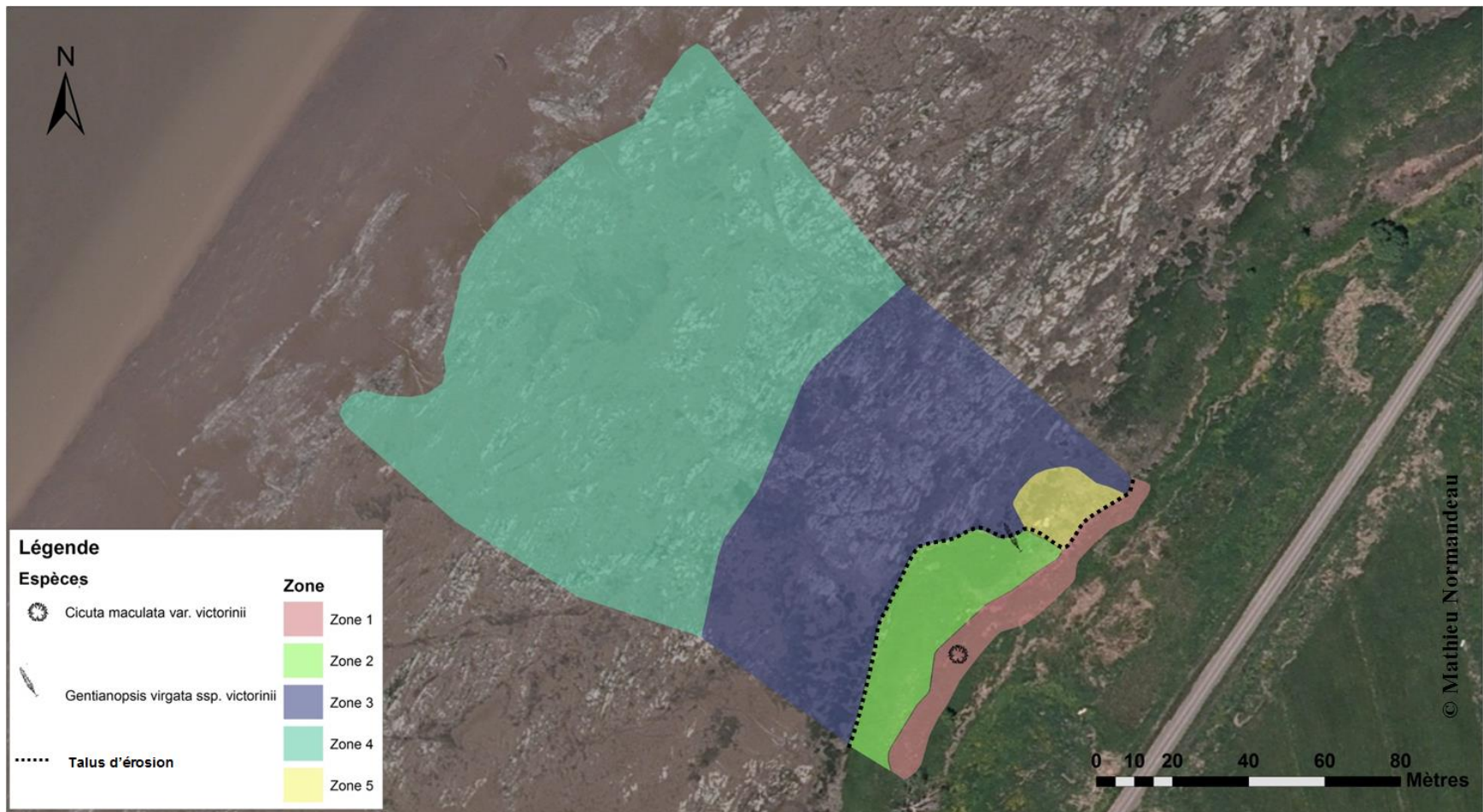


Figure 27: Zones de végétation et présence d'espèces menacées, marais de l'Isle-aux-Grues

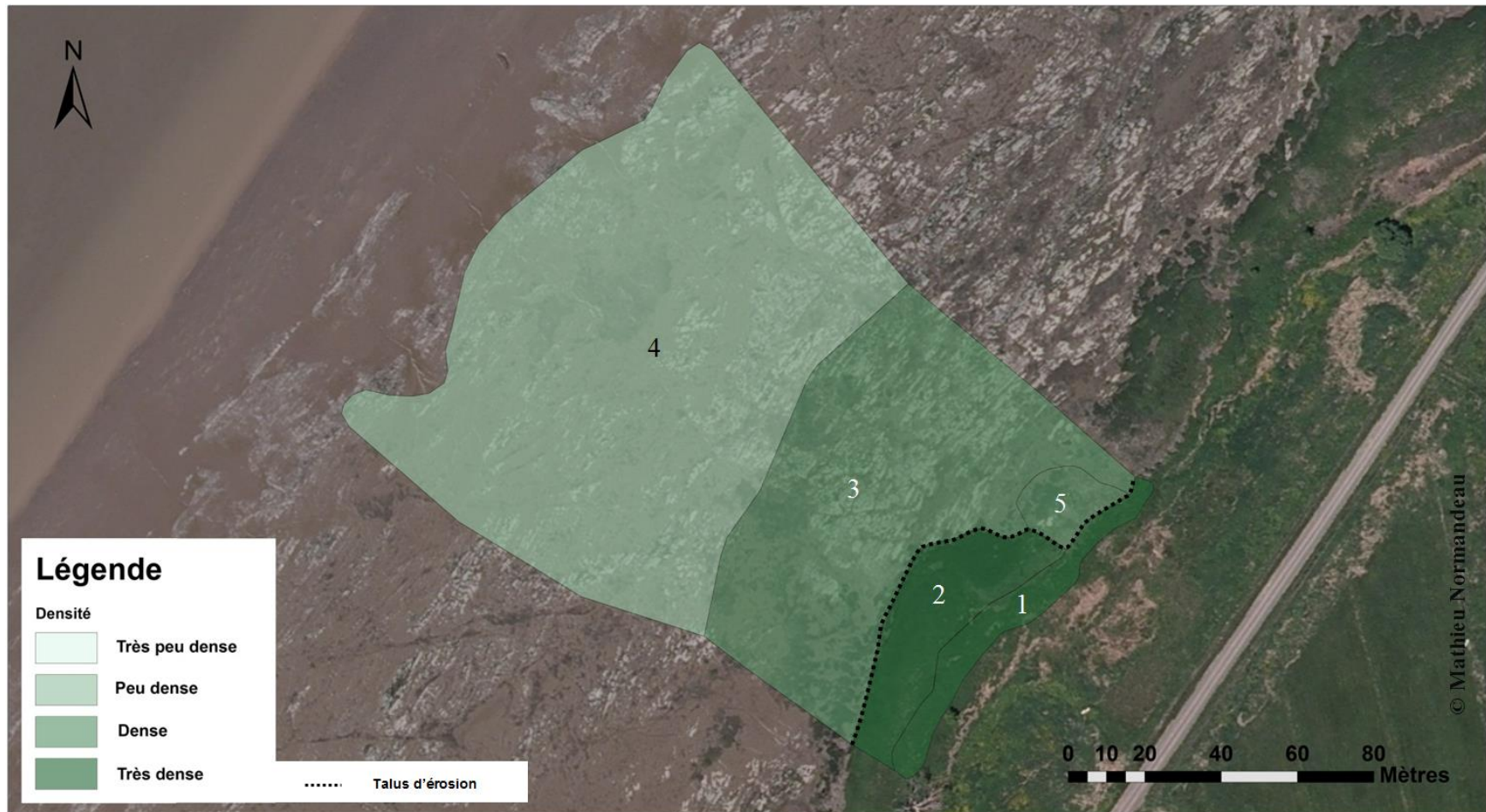


Figure 28: Densité de la végétation par zone, marais de l'Isle-aux-Grues

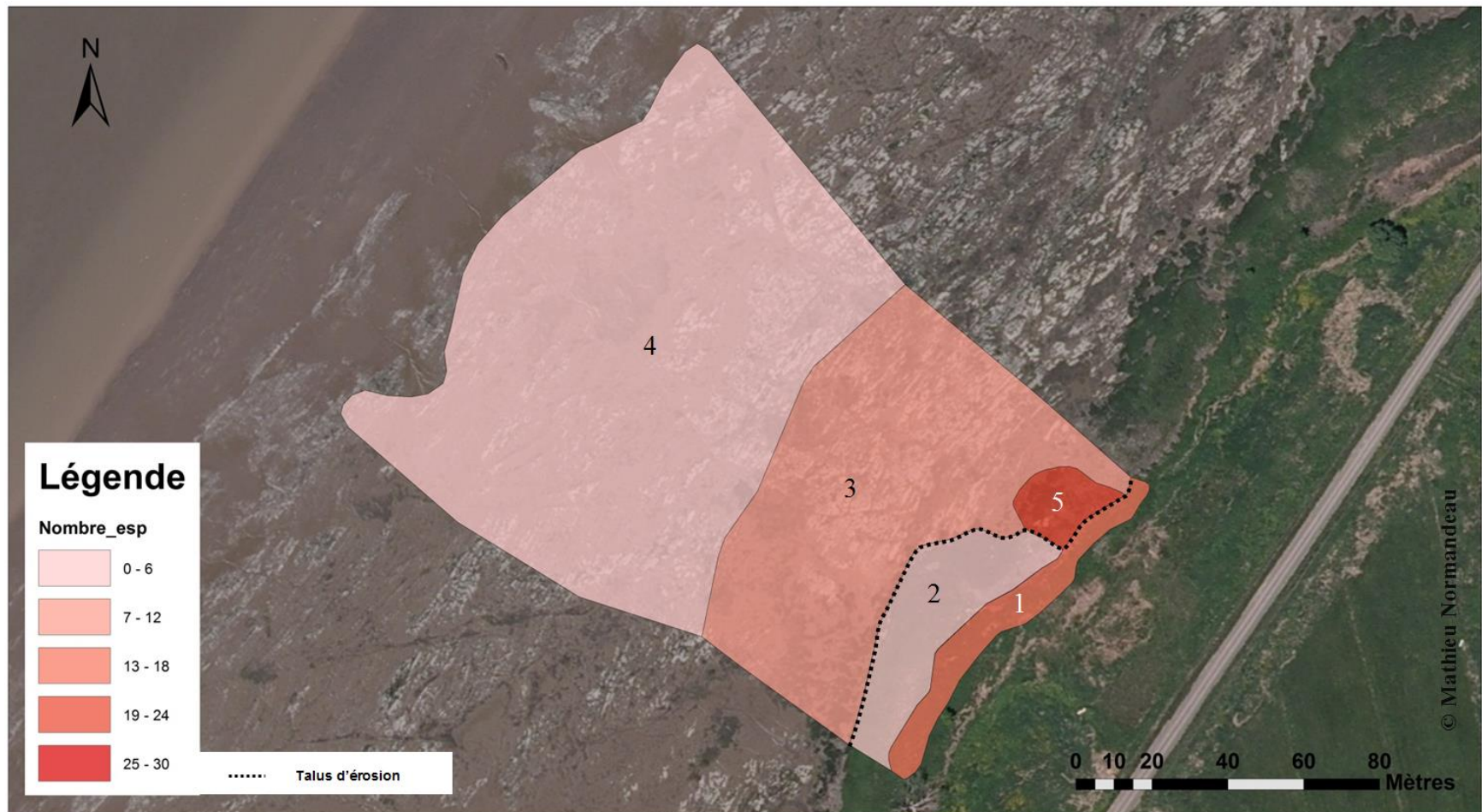
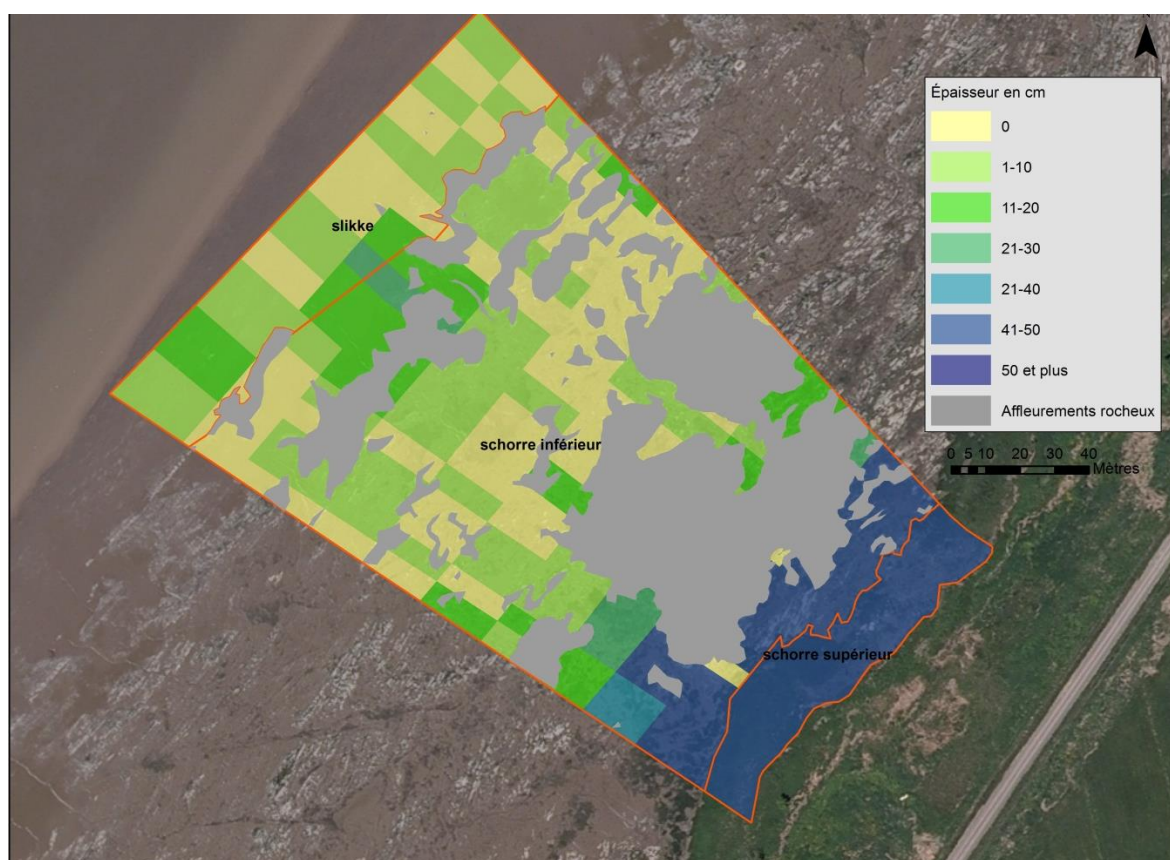


Figure 29: Diversité floristique par zone, marais de l'Isle-aux-Grues

4.4.5 Épaisseur et granulométrie des dépôts meubles

La carte ci-dessous présente l'épaisseur des dépôts meubles du marais de l'Isle-aux-Grues (Figure 30). Dans le haut marais, le dépôt de surface est de plus de 50 cm d'épaisseur. Dans le bas marais, les sédiments meubles sont épais de plus de 50 cm dans la portion située entre le talus d'érosion et l'affleurement rocheux alors que plus bas, y compris dans la slikke, l'épaisseur des sédiments varie entre 0 et 30 cm.



Source : Gervais, 2012

Figure 30: Répartition des sédiments meubles, marais de l'Isle-aux-Grues

Les dépôts de surface associés aux assemblages de végétation 1, 2 et 5 ont une épaisseur supérieure à 50 cm. Plus bas, dans les zones 3 et 4, leur épaisseur varie entre 0 et 30 cm en fonction du microrelief de l'affleurement rocheux.

La distribution granulométrique des sédiments du marais de l'Isle-aux-Grues varie beaucoup d'une zone à l'autre (Tableau 10). Le silt est la fraction la plus abondante dans le

marais, excepté dans la ZV-2 où c'est le sable qui domine, comptant pour 67 % de la fraction granulométrique.

Tableau 10: Distribution granulométrique en fonction des zones, marais de l'Isle-aux-Grues

	ZV-1	ZV-2	ZV-3	ZV-4	ZV-5
Argile (%)	4	1	1	5	3
Silt (%)	76	31	65	86	54
Sable (%)	19	67	33	6	41
Gravier (%)	0	1	0	0	1

La section du haut marais est principalement composée de silt et de sable dans des proportions similaires (Tableau 11). Dans le bas marais, les particules de silt dominent nettement, formant 69 % de la fraction, contre 27 % pour le sable. On trouve de l'argile et du gravier dans les deux sections, avec des proportions semblables et faibles.

Tableau 11: Distribution granulométrique moyenne en fonction de la section du marais de l'Isle-aux-Grues

	Haut marais	Bas marais
Argile (%)	3	3
Silt (%)	53	69
Sable (%)	43	27
Gravier (%)	1	<1

4.4.6 Espèces menacées

Deux espèces menacées ont été recensées dans ce marais. *Cicuta maculata* var. *victorinii* (Fern.) a été relevé dans la Zone 1 sur des sédiments meubles de plus de 50 cm riches en silt, comme dans les autres marais. Sa situation semble assez précaire puisque seulement quelques individus ont été dénombrés.

Gentianopsis virgata subsp. *victorinii* (Fern.) a aussi été observé, mais uniquement sur le talus d'érosion dans la section est du marais, près de la Zone 5 (Figure 27). Quelques dizaines d'individus seulement ont été comptées.

4.4.7 Synthèse

Le haut marais du secteur étudié du marais de l'Isle-aux-Grues, composé d'un sédiment silto-sableux, est dominé par des espèces de la famille des poacées, en co-dominance avec des astéracées. Le bas marais, avec un sédiment un peu plus silteux que dans le haut, est dominé par *Schoenoplectus pungens* (Vahl.). Ce marais possède une végétation très dense en haut du talus d'érosion et de moins en moins dense en bas de celui-ci. La diversité de la végétation est aussi très élevée dans le haut marais, mais uniquement dans la Zone 1. La Zone 2, aussi située dans le haut marais, est peu diversifiée; elle est composée presque uniquement de *Calamagrostis canadensis* (Michaux) et *Spartina pectinata* (Link.). La Zone 5 est aussi très diversifiée puisqu'on y trouve un mélange d'espèces caractéristiques du haut et du bas marais. *Cicuta maculata* var. *victorinii* (Fern.) et *Gentianopsis virgata* subsp. *victorinii* (Fern.) ont été recensés dans ce marais, tous deux en situation assez précaire. Comme espèce envahissante, seule *Lythrum salicaria* (L.) a été recensée, occupant trois zones, sans être en situation de dominance.

CHAPITRE 5 : DISCUSSION

5.1 Paramètres environnementaux et biodiversité : synthèse

Les quatre marais étudiés sont situés dans l'estuaire d'eau douce du Saint-Laurent; les marais de Saint-Augustin-de-Desmaures et de Château sont localisés sur la rive nord, alors que le marais de Beaumont est sur la rive sud. Le marais de l'Isle-aux-Grues est exposé au Nord comme celui de Beaumont. Par ailleurs, seul le marais de Saint-Augustin-de-Desmaures a une forme de baie semi-ouverte, les trois autres sont rectilignes. Toutefois, le marais de Beaumont est confiné entre une haute falaise de plusieurs dizaines de mètres et le rivage.

La granulométrie des dépôts de surface des marais diffère remarquablement entre les deux marais de l'est et les deux marais de l'ouest (Figure 31). En effet, dans les marais de Saint-Augustin-de-Desmaures et Beaumont (situés à l'ouest), les sédiments sont généralement sableux (50-63 %) alors que la fraction silteuse atteint en moyenne 23 % et le gravier 20 %. L'abondance des sédiments relativement grossiers peut être expliquée par la présence dans les environs immédiats des sablières de Saint-Nicolas et de Saint-Augustin ainsi que par la présence de cordons littoraux. Les sédiments de surface des marais de Château-Richer et de l'Isle-aux-Grues, à l'est, sont plutôt silteux (77-62 %) alors que la fraction sableuse atteint à peine 26 %. Cette situation pourrait être due à la présence d'un bouchon de turbidité dans le fleuve Saint-Laurent à l'endroit où se situent ces deux marais (Environnement Canada, 2012). En effet, à cet endroit, les concentrations de matières en suspension (MES) sont élevées et peuvent varier entre 10 et 70 mg/l (Figure 32) (MDDEP, 2007).

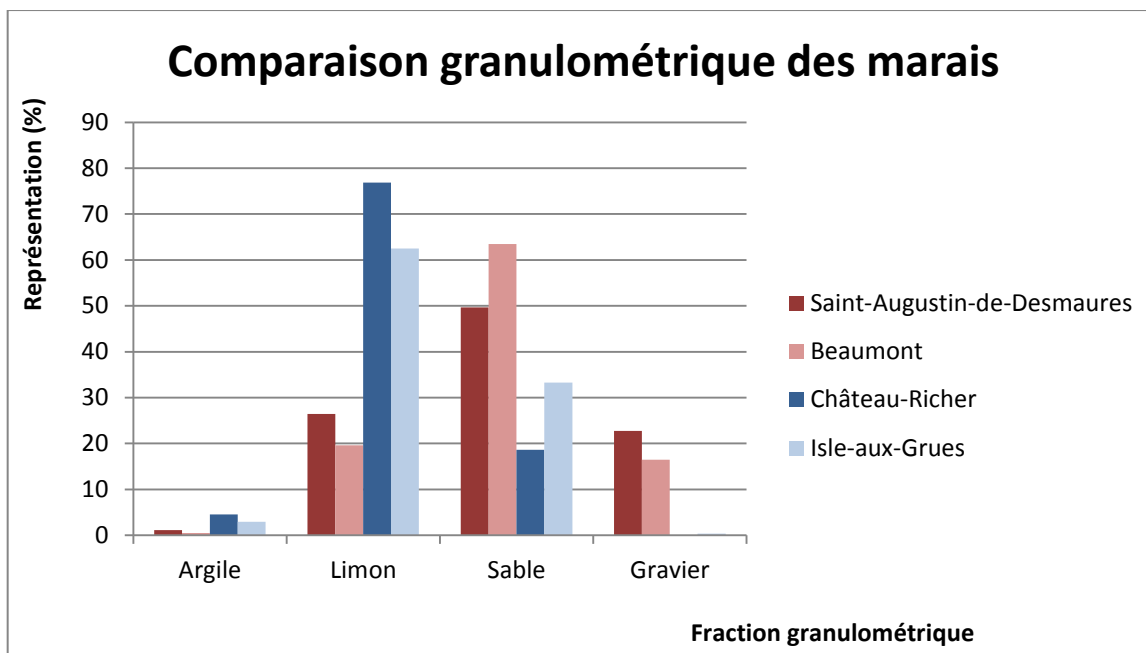
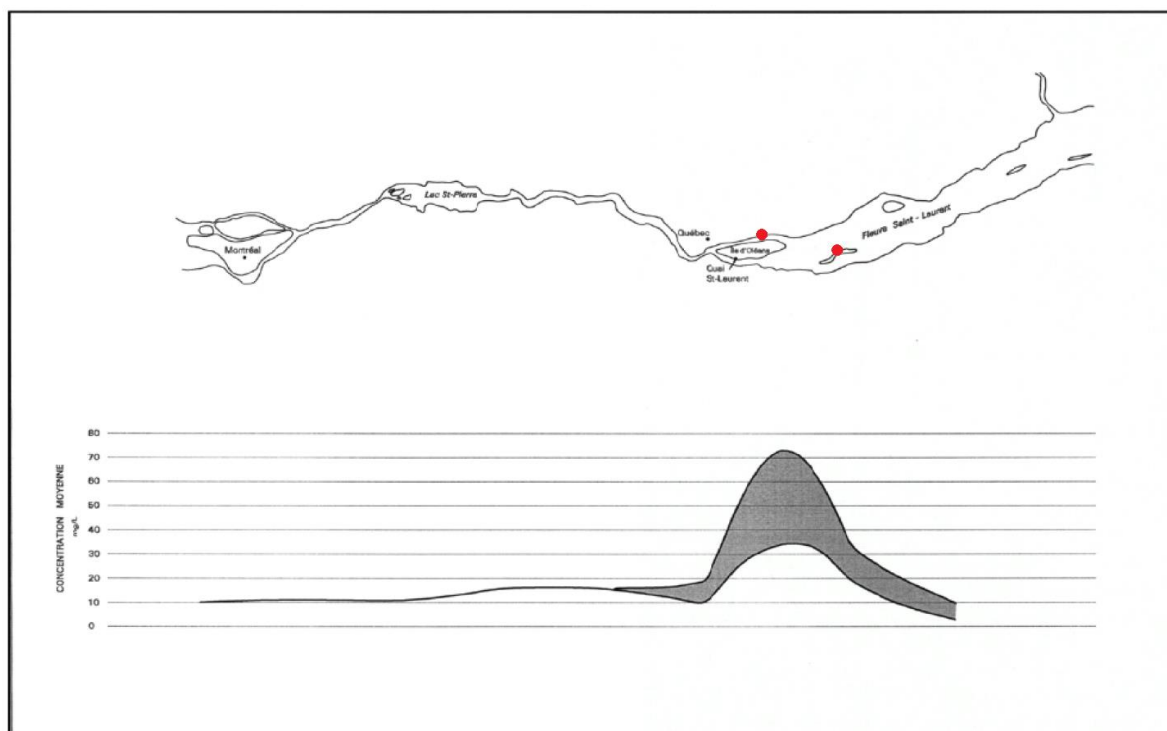


Figure 31: Comparaison granulométrique des marais



Source : MDDEP, 2007

Figure 32: Localisation du bouchon de turbidité et concentrations en MES

Dans les trois marais : Saint-Augustin, Châteaux Richer et l'Île aux Grues, les zones de végétation sont délimitées par une rupture nette dans la composition des espèces dominantes, du haut marais vers le bas marais. En effet, le haut marais est généralement dominé par des espèces de la famille des astéracées, des poacées, des rubiacées et des fabacées et les zones qui débutent juste en bas du talus d'érosion sont dominées par des espèces de la famille des juncacées et des cypéracées, et principalement *Schoenoplectus pungens* (Vahl.), qu'on trouve jusqu'à la slikke. Cette situation est très marquée dans les marais de Château-Richer et de l'Isle-aux-Grues. Au marais de Saint-Augustin-de-Desmaures, cette rupture de dominance se fait dans le bas marais, entre les zones 2 et 4.

Le marais de Beaumont possède une zonation différente des autres marais par le fait qu'on trouve des espèces dominantes caractéristiques de la zone de bas marais en situation de dominance en haut du talus d'érosion. Ces espèces sont *Schoenoplectus pungens* (Vahl.) et *Juncus brevicaudatus* (Engelm.). Cette situation particulière paraît attribuable à la localisation spécifique du marais qui est confiné dans une zone d'environ 70 m de largeur entre une falaise rocheuse de plusieurs dizaines de mètres et un large estran rocheux, ce qui laisse très peu d'espace de germination et par le fait même, peu d'espace pour l'établissement de la végétation.

Les assemblages de végétation sont en général orientés parallèlement au fleuve Saint-Laurent dans les marais de Beaumont, Château-Richer et l'Isle-aux-Grues. Dans le cas de Saint-Augustin-de-Desmaures, ils suivent la forme de la baie semi-ouverte. Cette distribution de zone est en fonction de la topographie du marais et par conséquent du temps de submersion. Il est d'ailleurs connu que les niveaux d'eau influencent la diversité ainsi que la superficie des milieux humides (Environnement Canada, 2010). Des données supplémentaires à ce propos pourront avancer ces connaissances. D'autre part, la division entre le haut marais et le bas marais joue également un rôle non négligeable sur la forme de distribution des assemblages. Le temps et l'ampleur de submersion, déterminés en partie par la topographie, sont donc des facteurs déterminants de distribution des assemblages de végétation sur les quatre marais étudiés. Et comme l'ont démontré les résultats de l'analyse granulométrique, les assemblages de végétation ne sont pas distribués en fonction de l'épaisseur des dépôts de surface.

Concernant les espèces en situation précaire, les conditions environnementales associées aux endroits colonisés par *Cicuta maculata* var. *victorinii* (Fern.) et *Gentianopsis virgata* subsp. *victorinii* (Fern.) sont similaires dans les quatre marais. En effet, *Cicuta maculata* var. *victorinii* (Fern.) est associé à des zones où la végétation est dense et diversifiée et où les sédiments de surface ont une épaisseur supérieure à 50 cm. Il en est de même pour *Gentianopsis virgata* subsp. *victorinii* (Fern.), toujours installé en bordure de talus d'érosion où la végétation ne cache pas les individus des rayons lumineux. Toutefois, dans le marais de Beaumont, *Cicuta maculata* var. *victorinii* (Fern.) colonise une zone où la densité et la diversité de la végétation sont quelque peu inférieures et où les dépôts de surface ont moins de 50 cm d'épaisseur. Cependant, le nombre d'individus observés est supérieur à l'est du marais, où les sédiments meubles sont plus de 50 cm d'épaisseur. Ces résultats démontrent que ces deux espèces menacées colonisent dans les différents marais des milieux semblables en fonction de leurs exigences de croissance spécifiques. Leur survie dépend donc de la disponibilité de ces milieux.

Eriocaulon parkeri (Robinson) n'étant présent que dans le marais de Saint-Augustin-de-Desmaures, ses exigences écologiques ne peuvent être établies qu'à partir des observations qui y ont été faites. Il est associé à une végétation moyennement dense et diversifiée avec 18 espèces. Son absence dans les autres marais est probablement due à ses exigences en termes de type de dépôts de surface, qui sont trop minces dans les zones de bas marais de l'Isle-aux-Grues et de Beaumont, et trop vaseux dans le marais de Château-Richer (Lamarre, 2013).

5.2 Menaces directes et indirectes sur les espèces en situation précaire

Les résultats de cette étude démontrent une présence non négligeable de plusieurs espèces envahissantes dans les marais de l'estuaire du fleuve. Les trois espèces envahissantes que nous avons recensées sont *Lythrum salicaria* (L.), *Phalaris arundinacea* (L.) et *Phragmites australis* (Cav.).

Lythrum salicaria (L.), qui est l'espèce exotique la plus commune recensée sur les rives du fleuve Saint-Laurent, est reconnue pour modifier la structure de la végétation, réduire la

diversité des espèces indigènes et altérer les processus biogéochimiques des marais (Lavoie *et al.* 2003). Elle a été recensée dans plusieurs zones sur les quatre marais à l'étude avec une abondance maximale équivalente à un taux d'occupation entre 5 et 25 %, mais bien qu'elle soit présente, cette espèce n'empêche pas les espèces indigènes de dominer (Allaire et Parent, 2004). Toutefois, si elle venait à prendre de l'expansion, elle pourrait constituer une menace à la survie des espèces menacées présentes sur les quatre marais.

Phalaris arundinacea (L.) est une espèce plus préoccupante que *Lythrum salicaria* (L.) puisqu'elle a tendance à envahir plus sévèrement les sites qu'elle colonise (Racette, s.d.; Lavoie *et al.* 2003; MDDEP, 2008). Elle a déjà envahi sévèrement les milieux humides du lac Saint-Pierre, des îles de Boucherville et de Varennes, et cette situation semble en partie attribuable aux bas niveaux d'eau du fleuve Saint-Laurent (Environnement Canada, 2008). L'espèce colonise deux des quatre marais étudiés, soit Beaumont et Château-Richer, avec un taux d'occupation maximal entre 5 et 25 %. Étant donné la sévérité et la rapidité d'envahissement de cette espèce, sa présence dans les marais est préoccupante et pourrait avoir un impact sur la leur diversité en plus de mettre une pression supplémentaire sur les espèces menacées.

La troisième espèce, *Phragmites australis* (Cav.), est reconnue pour former des peuplements presque monospécifiques (MDDEP, 2008) et son impact sur la diversité des marais est plus important que *Lythrum salicaria* (L.) et *Phalaris arundinacea* (L.) (Lavoie *et al.* 2003). Sa présence est très préoccupante, car son envahissement risque d'être difficile à stabiliser puisqu'elle colonise beaucoup de nouveaux sites (Lavoie et Jean, 2004), qu'ils soient d'eau douce, saumâtre ou salée (Lelong, 2008). Cette espèce n'a pas été observée directement dans les marais étudiés, mais des peuplements ont été repérés près du marais de l'Isle-aux-Grues et un ruisseau connecté au réseau routier rejoint le marais de Saint-Augustin-de-Demaures, ce qui pourrait favoriser son invasion puisqu'il constitue une voie d'entrée idéale pour cette espèce (Racette, s.d.; Lelong, 2008). *Phragmites australis* (Cav.) pourrait sans doute faire chuter rapidement la diversité floristique (Lelong, 2008) et menacerait la survie des espèces menacées, notamment à l'Isle-aux-Grues où leur situation est déjà précaire.

Les pressions anthropiques sont aussi une source de menace directe à la survie d'espèces menacées. *Cicuta maculata* var. *victorinii* (Fern.) et *Gentianopsis virgata* subsp. *victorinii* (Fern.) sont moins abondantes qu'auparavant sur les rives du fleuve Saint-Laurent en raison de l'agrandissement des zones de villégiature, la construction d'infrastructures routières et maritimes, le passage de véhicules tout-terrains ainsi que la tonte du littoral (Nature Québec, 2011a; Nature Québec, 2011b). La situation est la même pour *Eriocaulon parkeri* (Robinson), bien que la tonte du littoral ne constitue pas une menace pour cette espèce qui colonise uniquement le bas marais (Nature Québec, 2011c), mais le passage de véhicules tout-terrains en est une dans certains secteurs (Jolicoeur et Couillard, 2008). *Cicuta maculata* var. *victorinii* (Fern.) est aussi menacé par la construction de résidences privées, mais actuellement, sa plus grande pression est sans doute l'utilisation faite des zones de haut marais par les résidents et les villégiateurs (Jolicoeur et Couillard, 2007a). La reproduction de *Gentianopsis virgata* subsp. *victorinii* (Fern.) est notamment affectée par la cueillette des fleurs et la tonte des herbaçaias du littoral supérieur (Jolicoeur et Couillard, 2007b). Les pressions anthropiques sont abondantes et de natures diversifiées. Combinées aux pressions associées à l'érosion des berges et à l'invasion d'espèces envahissantes, les espèces menacées sont soumises à beaucoup de facteurs pouvant avoir un impact négatif à court ou long terme sur leur survie. Les pressions anthropiques sont sans doute plus faciles à contrôler que les pressions naturelles en restreignant l'accès aux zones colonisées par les espèces menacées et les pressions exercées sur ces espèces pourraient ainsi être réduites.

Une menace indirecte à la survie des espèces menacées est l'état de leur population, dont la situation varie beaucoup d'un marais à l'autre ; il reste peu d'occurrences de bonne qualité des trois espèces menacées. *Cicuta maculata* var. *victorinii* (Fern.) est abondant dans tous les marais excepté celui de l'Isle-aux-Grues, où seulement quelques individus ont été recensés. Cette espèce colonise principalement le haut marais et est accompagnée de *Spartina pectinata* (Link.) (Jolicoeur et Couillard, 2007a; Lamarre, 2012), mais on la trouve aussi parfois dans le bas marais, accompagnée de *Schoenoplectus pungens* (Vahl.), tel que l'ont démontré cette étude et celle de Lamarre (2012). Une érosion importante du haut marais contribuerait à diminuer la superficie de son habitat optimal et ainsi diminuer l'effectif de l'espèce.

Parmi les quatre marais étudiés, *Gentianopsis virgata* subsp. *victorinii* (Fern.) est plus abondante dans le marais de Château-Richer et absente du marais de Beaumont, probablement en raison de la faible hauteur du talus d'érosion et du positionnement du marais lui offrant une moins longue exposition au soleil durant la saison de croissance. Cette espèce est accompagnée de *Spartina pectinata* (Link.), tel que l'a démontré cette étude et celle de Lamarre (2013). Une érosion importante du marais, particulièrement au niveau du talus d'érosion, contribuerait à diminuer grandement les lieux favorables à la croissance de *Gentianopsis virgata* subsp. *victorinii* (Fern.), surtout si cette érosion est rapide et fait reculer de façon importante le talus chaque année.

La troisième espèce menacée, *Eriocaulon parkeri* (Robinson), est présente uniquement dans le marais de Saint-Augustin-de-Desmaures et en forte abondance. L'espèce colonise le bas marais en compagnie de *Schoenoplectus pungens* (Vahl.) (Jolicoeur et Couillard, 2008), une situation confirmée par les résultats de cette étude.

Puisque ce sont seulement quelques occurrences qui regroupent la majorité de l'effectif des trois espèces menacées (Figures 9, 11, 13), les efforts de conservation doivent être concentrés sur ces occurrences avant qu'elles ne soient dégradées davantage, pour ainsi augmenter leurs chances de survie.

5.3 Mesures de protection existantes et proposées

Parmi les mesures légales, plusieurs lois ou règlements protègent directement ou indirectement les espèces menacées. Il existe au niveau fédéral la Loi sur les espèces en péril et au niveau provincial la Loi sur la qualité de l'environnement, la Loi sur les espèces menacées ou vulnérables ainsi que le Règlement sur la circulation de véhicules motorisés dans certains milieux fragiles. Bien qu'importantes, ces lois ne sont pas suffisantes afin de bien protéger les espèces menacées des marais de l'estuaire d'eau douce du fleuve Saint-Laurent. En plus de ces lois et de ce règlement, le MDDEFP souhaite mettre en place, en collaboration avec ses partenaires, d'autres mesures de protection identifiées dans les plans de conservation élaborés pour ces trois espèces.

Telles que mentionnées dans Jolicoeur et Couillard (2007a, b; 2008), le ministère a prévu certaines mesures dans le but de conserver les trois espèces concernées :

- Constituer des habitats floristiques sur les terres du domaine hydrique de l'État;
- Appuyer les organismes de conservation dans leurs projets d'acquisition ou de conservation volontaire;
- Sensibiliser les municipalités à la gestion des habitats floristiques désignés et les impliquer dans cette gestion;
- Soutenir les travaux du Comité scientifique aviseur sur la flore menacée de l'estuaire d'eau douce mis en place par Conservation de la Nature – Québec

Il est également prévu, en plus de ces quatre mesures, d'élaborer et mener des recherches sur la dynamique des populations de *Gentianopsis virgata* subsp. *victorinii* (Fern.) et d'effectuer un suivi de certaines populations d'*Eriocaulon parkeri* (Robinson).

Dans la mesure où ces recommandations et lois continuent à être appliquées de manière rigoureuse, les espèces menacées sont protégées dans le meilleur du possible contre les impacts directs menaçant leur survie.

En ce qui concerne les espèces envahissantes, pour lesquelles aucune mesure de protection précise n'a été proposée, la meilleure approche consiste à prévenir leur apparition dans les marais où se trouvent les espèces menacées. En maintenant l'intégrité écologique des milieux naturels et en les protégeant à l'égard des perturbations extérieures, notamment anthropiques, le risque d'invasion est diminué (Racette, s.d.; ZIP les Deux Rives, 2008). Une fois qu'une espèce envahissante s'est installée, il est souvent déjà trop tard pour tenter de l'éradiquer de façon permanente (Racette, s.d.), d'où l'importance d'adopter une approche préventive par une détection précoce. En fonction de cette situation, le ministère contribue indirectement à prévenir l'invasion d'espèces envahissantes en donnant un statut légal de protection aux milieux humides susceptibles d'être perturbés. Bien que de donner ce statut à un site n'est pas une procédure des plus faciles, cela permet de prévenir en partie l'invasion d'espèces envahissantes dans certains milieux humides qu'elles n'ont pas encore colonisé. Ainsi, en raison d'un manque de solutions alternatives, l'attribution d'un statut légal de protection dans le plus de milieux possible est suggérée. Une autre mesure

suggérée par rapport aux espèces envahissantes, complémentaire à la précédente, est de sensibiliser davantage le public sur cette problématique, l'identification de ces espèces et comment s'en débarrasser afin qu'elles ne se propagent pas davantage (FAQDD, 2010; Pôle-relais Lagunes, 2010). Concernant plus spécifiquement *Phragmites australis* (Cav.), qui colonise principalement les bordures du réseau routier et qui utilise les ruisseaux connectés aux marais afin de s'y propager, une mesure intéressante de prévention de son introduction, autre que celles utilisées traditionnellement de manière combinée (herbicide, fauchage, brûlage, etc.) (MNR, 2011), serait de maintenir des zones boisées en bordure des routes et des ruisseaux, ce qui limiterait l'accès à la lumière dont l'espèce nécessite pour survivre (Jodoin *et al.* 2008).

Ensuite, la sensibilisation d'un public cible fréquentant ces milieux humides ou habitant à proximité est une mesure essentielle afin de réduire les pressions anthropiques locales. Une personne avertie aura certainement un impact moindre sur le milieu humide qu'elle fréquente qu'une personne non informée, dans la mesure où elle connaît la valeur écologique du milieu, la présence d'espèces menacées ou vulnérables ainsi que les comportements à éviter afin de maintenir son intégrité.

En dernier lieu, l'amélioration des connaissances sur les processus érosifs actifs dans les habitats des trois espèces menacées est essentielle puisque ce phénomène constitue une menace majeure à leur survie. Ceci dans le but d'identifier les sites présentant des caractéristiques les rendant moins vulnérables à l'érosion et les sites où des mesures de protection pourraient être prises afin d'assurer le maintien de ces espèces.

CONCLUSION

Cette étude a permis de caractériser de façon détaillée les assemblages de végétation des marais de Saint-Augustin-de-Desmaures, Beaumont, Château-Richer et l'Isle-aux-Grues. La distribution de ces assemblages, parallèle au fleuve, en plus du gradient de diversité floristique décroissant du haut vers le bas des marais, suggèrent une influence importante de la topographie et par le fait même l'ampleur et la durée de submersion des marées sur la dynamique de la végétation.

Il a été démontré que la situation des espèces menacées est très variable d'un marais à l'autre. *Cicuta maculata* var. *victorinii* (Fern.) est plus abondant dans les marais de Saint-Augustin-de-Desmaures et de Beaumont, mais presque absent dans le marais de l'Isle-aux-Grues. *Gentianopsis virgata* subsp. *victorinii* (Fern.) est très abondant à Château-Richer, en situation précaire dans les marais de Saint-Augustin-de-Desmaures et de l'Isle-aux-Grues et absent au marais de Beaumont. La troisième espèce, *Eriocaulon parkeri* (Robinson), n'est présente que dans le marais de Saint-Augustin-de-Desmaures.

La présence d'espèces envahissantes sur tous les marais a été démontrée. Bien que ces espèces ne soient pas en situation de dominance actuellement, leur présence demeure préoccupante étant donné l'importance des impacts négatifs qu'elles pourraient avoir sur la diversité des marais dans l'éventualité où elles prenaient de l'expansion.

Les stratégies de protection mises en place par le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs sont pertinentes et ciblent les sites le plus importants pour la survie des espèces menacées. Toutefois, elles ne comprennent pas de mesures concernant spécifiquement les espèces envahissantes. À cet égard, les mesures proposées afin d'améliorer la protection des trois espèces menacées concernées sont d'attribuer un statut légal de conservation à un plus grand nombre de marais afin de préserver leur intégrité, de maintenir des couloirs arbustifs ou boisés sur les routes à proximité des marais afin de prévenir l'invasion de *Phragmites australis* (Cav.), de sensibiliser davantage le public et d'améliorer les connaissances sur l'érosion des marais.

BIBLIOGRAPHIE

- Académie des sciences et Académie des sciences morales et politiques (2000). *Conséquences scientifiques, juridiques et économiques du Protocole de Kyoto*. Rapport N° 45, Technique et Documentation, Paris, 76 p.
- Bernatchez, P. et Dubois, J.M. (2004). *Bilan des connaissances de la dynamique de l'érosion des côtes du Québec maritime laurentien*. Géographie physique et Quaternaire, vol. 58, no. 1, p. 45-71.
- Blott, S.J. et Pye, K. (2001). *Adaptation de la classification de Wenworth*. Dans Cyr, D. (2009). *Comparaisons d'échelles et classifications granulométriques*. Association québécoise pour l'étude du Quaternaire, Université du Québec à Montréal, Montréal, 2 p.
- Cayer, D. (2010). *Manuel d'analyse granulométrique : méthode combinant les techniques de la granulométrie laser et les tamis*. 1^{ère} édition, Laboratoire de sédimentologie et de géomorphologie, Université Laval, Québec, 21 p.
- Coursol, F. (1998). *La situation du gentianopsis de Victorin (Gentianopsis victorinii) au Québec*. Gouvernement du Québec, Ministère de l'environnement, Direction de la conservation et du patrimoine écologique, Québec, 35 p.
- Coursol, F. (1999a). *La situation de la cicutaire maculée variété de Victorin (Cicuta maculata var. victorinii) au Québec*. Gouvernement du Québec, Ministère de l'environnement, Direction de la conservation et du patrimoine écologique, Québec, 39 p.
- Coursol, F. (1999b). *La situation de l'ériocaulon de Parker (Eriocaulon parkeri) au Québec*. Gouvernement du Québec, Ministère de l'environnement, Direction de la conservation et du patrimoine écologique, Québec, 39 p.
- Criqui, P., Faraco, B. et Grandjean, A. (2009). *Les États et le carbone*. 1^{ère} édition, Presses Universitaires de France, Paris, 329 p.
- Dionne, J-C. (1999). *L'érosion des rives du Saint-Laurent : Vue d'ensemble et état de la question*. ZIP de la rive nord de l'estuaire, Actes du Colloque sur l'érosion des berges, Baie-Comeau, 17 p.
- Environnement Canada (2005). *Plan Saint-Laurent 2005-2010*. Gouvernement du Canada, Gouvernement du Québec, Ottawa, 14 p.
- Environnement Canada (2008). *Portrait global de l'état du Saint-Laurent 2008*. Gouvernement du Canada, Gouvernement du Québec, Ottawa, 28 p.
- Environnement Canada (2011b). *Plan de gestion de la cicutaire de Victorin (Cicuta maculata var. victorinii) au Canada*. Gouvernement du Canada, Ottawa, 21 p.

- Gauthier, B. (1997). *Gentilly ; Limite amont de l'estuaire du Saint-Laurent*. Gouvernement du Québec, Direction de la conservation et du Patrimoine écologique du ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, 12 p.
- Gervais, A. (2012). *Cartes de la répartition des sédiments meubles des marais de Saint-Augustin-de-Desmaures, Beaumont, Château-Richer et l'Isle-aux-Grues*. Université Laval, Québec.
- GIEC (2007). *Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse*. Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat, Genève, 103 p.
- Gilbert, H. (2010). *Relevés de végétation : Saint-Augustin-de-Desmaures, Château-Richer, Isle-aux-Grues*. Bureau d'écologie appliquée, Québec. Dans Lamarre, P. (2012). *Caractérisation de la végétation de quatre marais de l'estuaire d'eau douce du fleuve Saint-Laurent*. Essai de maîtrise, Université Laval, Québec, 73 p.
- Gouvernement du Québec (2012b). *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables*. c. E-12.01.
- Hadjouis, A. (1987). *Granulométrie des fractions sableuses*. Dans Miskovski, J.C. (éd.). *Géologie de la Préhistoire*, Paris: Géopré, p. :413-426.
- Jodoin, Y., Lavoie, C., Villeneuve, P., Theriault, M., Beaulieu, J., et Belzile, F. (2008). *Highways as corridors and habitats for the invasive common reed Phragmites australis in Quebec*. Journal of Applied Ecology, Canada, vol. 45, p. 459–466.
- Jolicoeur, G. et Couillard, L. (2007a). *Plan de conservation de la cicutaire maculée variété de Victorin (Cicuta maculata var. victorinii) : Espèce menacée au Québec*. Gouvernement du Québec, ministère de Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec, 16p.
- Jolicoeur, G. et Couillard, L. (2007b). *Plan de conservation du gentianopsis élané variété de Victorin (Gentianopsis procera subsp. macounii var. victorinii : Espèce menacée au Québec*. Gouvernement du Québec, ministère de Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec, 16p.
- Jolicoeur, G. et Couillard, L. (2008). *Plan de conservation de l'ériocaulon de Parker (Eriocaulon parkeri) : Espèce menacée au Québec*. Gouvernement du Québec, ministère de Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec, 12p.
- Lamarre, P. (2012). *Caractérisation de la végétation de quatre marais de l'estuaire d'eau douce du fleuve Saint-Laurent*. Essai de maîtrise, Université Laval, Québec, 73 p.
- Lavoie, C., Jean, M., Delisle, F., et Letourneau, G. (2003). *Exotic plant species of the St Lawrence River wetlands: a spatial and historical analysis*. Journal of Biogeography, vol. 30, p. 537-549.

- Lavoie, C. et Jean, M. (2004). *Les plantes envahissantes du Québec : une analyse spatiotemporelle, rapport final*. Centre de recherche en aménagement et développement, Université Laval, Québec, 132 p.
- Lelong, B. (2008). *La dissémination du roseau commun (Phragmites australis) dans le paysage québécois : une analyse spatiotemporelle*. Thèse de doctorat, Université Laval, Québec, 118 p.
- Marie-Victorin, frère, F.É.C., et Rouleau, E. (1995). *Flore laurentienne*. 3^{ème} édition, Presses de l'Université de Montréal, Montréal, 1083 p.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), (2007). *Rapport d'analyse environnementale pour le projet d'aménagement d'un terminal au quai de Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans sur le territoire de la Municipalité de Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans par le ministère des Transports*. Gouvernement du Québec, 44 p.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), (2008). *Espèces végétales envahissantes des milieux humides du Saint-Laurent*. Gouvernement du Canada, Gouvernement du Québec, Ottawa, 8 p.
- Ministère des Richesses Naturelles (MNR), (2011). *Phragmite envahissant : Pratiques de gestion exemplaires*. Gouvernement du Canada, Gouvernement de l'Ontario, Ottawa, 16 p.
- Nature Québec (2011a). *Cicutaire de Victorin*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, 2 p.
- Nature Québec (2011b). *Gentianopsis de Victorin*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, 2 p.
- Nature Québec (2011c). *Ériocaulon de Parker*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, 2 p.
- Ouranos (2004). *S'adapter aux changements climatiques*. Consortium Ouranos, Bibliothèque nationale du Québec, Montréal, 85p.
- Strahler, A.H., Archibold, O.W., Burn, C.R. et Gilbert, R. (2008). *Physical geography: science and systems of the human environment*. Hoboken, N.J., John Wiley & Sons, 652 p. Dans Lamarre, P. (2012). *Caractérisation de la végétation de quatre marais de l'estuaire d'eau douce du fleuve Saint-Laurent*. Essai de maîtrise, Université Laval, Québec, 73 p.

Ressources Internet

- Allaire, J.-F. et Parent, I. (2004). *Plan de restauration des habitats du Saint-Laurent en Chaudière - Appalaches : Caractérisation et propositions de restauration du milieu riverain*. In CRECA. Site du Conseil régional de l'environnement Chaudière – Appalaches. http://www.creca.qc.ca/axes-thematiques/eau/docs/CRECA_littoral_web_barre.pdf (Page consultée le 21 février 2013).
- Environnement Canada (2010). *Les milieux humides riverains du Saint-Laurent : des écosystèmes au contact de la terre et de l'eau*. In Gouvernement du Canada. Environnement Canada. <http://www.ec.gc.ca/stl/default.asp?lang=Fretn=4710F858-1> (Page consultée le 21 juillet 2012).
- Environnement Canada (2011a). *Le Saint-Laurent et le réchauffement climatique*. In Gouvernement du Canada. Environnement Canada. <https://www.ec.gc.ca/stl/default.asp?lang=Fretn=4BF0EF0C-1> (Page consultée le 12 février 2013).
- Environnement Canada (2012a). *Hydrographie du Saint-Laurent*. In Gouvernement du Canada. Environnement Canada. <http://www.ec.gc.ca/stl/default.asp?lang=Fretn=59C4915D-1#sec2> (Page consultée le 27 juillet 2012).
- Environnement Canada (2012b). *Archives nationales d'information et de données climatologiques*. In Gouvernement du Canada. Environnement Canada. Archives nationales d'information et de données climatologiques. http://climat.meteo.gc.ca/Welcome_f.html (Page consultée le 16 septembre 2012).
- Environnement Canada (2012c). *Les plantes envahissantes le long du Saint-Laurent*. In Gouvernement du Canada. Environnement Canada. <http://www.ec.gc.ca/stl/default.asp?lang=Fretn=F6863336-1> (Page consultée le 4 janvier 2013).
- Fonds d'action québécois pour le développement durable (FAQDD) (2010). *Campagne d'éducation environnementale sur les plantes envahissantes pour la protection des milieux humides du Saint-Laurent*. In FAQDD. <http://www.faqdd.qc.ca/projets/campagne-education-environnementale-sur-les-plantes-envahissantes-pour-protection-des-milieux-h/> (Page consultée le 20 mars 2013).
- Gouvernement du Québec (2012a). *Climat*. In Gouvernement du Québec. Portail Québec. <http://www.gouv.qc.ca/portail/quebec/pgs/commun/portrait/geographie/climat/?lang=fr> (Page consultée le 27 juillet 2012).

- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), (2001a). *Cicutaire de Victorin*. In Gouvernement du Québec. Développement durable, Environnement, Faune et Parcs. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/cicutaire/cicutaire.htm> (Page consultée le 4 août 2012).
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), (2001b). *Gentianopsis de Victorin*. In Gouvernement du Québec. Développement durable, Environnement, Faune et Parcs. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/gentianopsis-victorin/genti-victorin.htm> (Page consultée le 4 août 2012).
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), (2001c). *Ériocaulon de Parker*. In Gouvernement du Québec. Développement durable, Environnement, Faune et Parcs. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/ericaulon/ericaulon.htm> (Page consultée le 4 août 2012).
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), (2009). *Espèces menacées ou vulnérables au Québec*. In Gouvernement du Québec. Développement durable, Environnement, Faune et Parcs. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/> (Page consultée le 13 août 2012).
- Pêches et Océans Canada (2012). *Prédictions des marées pour 7 jours*. In Gouvernement du Canada. Pêches et Océans Canada. <http://www.marees.gc.ca/fra/station/> (Page consultée le 28 septembre 2012).
- Plan Saint-Laurent (s.d.). *Le Saint-Laurent*. In Gouvernement du Canada, Gouvernement du Québec. Plan d'action Saint-Laurent 2011-2026. http://planstlaurent.qc.ca/fr/le_saint_laurent.html (Page consultée le 31 août 2012).
- Pôle-relais Lagunes (2010). *Chapitre 8 : Protection des espèces des zones humides*. In Guide juridique, Pôle-relais Lagunes, Agence de l'eau RM&C. http://www.pole-lagunes.org/ftp/web/2010/fevrier/guide_juridique/chapitres/2_Chapitre_08%20Protection_des_especes_des_zones_humides.pdf (Page consultée le 20 mars 2013).
- Racette, B. (s.d.). *Gare à l'envahisseur! Des plantes exotiques à caractère envahissant en Abitibi-Témiscamingue*. In CREAT. Conseil régional de l'environnement de l'Abitibi-Témiscamingue. http://www.creat08.ca/pdf/publications/plantes/document_information.pdf (Page consultée le 22 février 2013).
- ZIP les Deux Rives (2008). *Suivi sur les plantes envahissantes le long du fleuve Saint-Laurent*. In Comité de zones d'interventions prioritaires Les Deux Rives. <http://www.zip2r.org/projets/suivi-sur-les-plantes-envahissantes-le-long-du-fleuve-saint-laurent/> (Page consultée le 20 mars 2013).

ANNEXE 1 : Liste des espèces recensées

Algues

Familles et espèces	Noms français
Characeae	Characées
<i>Chara</i> sp.	Chara
Dumortieraceae	Dumortieracées
<i>Marchantiopsida</i> sp.	-----

Plantes vasculaires

Familles et espèces	Noms français
Alismataceae	Alismatacées
<i>Alisma gramineum</i>	Alisma gramineoïde
<i>Alisma triviale</i>	Alisma commun
<i>Sagittaria cuneata</i>	Sagittaire cunéaire
<i>Sagittaria latifolia</i>	Sagittaire latifoliée
<i>Sagittaria rigida</i>	Sagittaire dressée
Apiaceae	Apiacées
<i>Cicuta maculata</i> var. <i>victorinii</i>	Cicutaire maculée var. de Victorin
<i>Sium suave</i>	Berle douce
<i>Zizia aurea</i>	Zizia doré
Apocynaceae	Apocynacées
<i>Apocynum cannabinum</i>	Apocyne chanvrin
Asteraceae	Astéracées
<i>Bidens frondosa</i>	Bident feuillu
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	Ambroisie à feuilles d'armoise
<i>Eupatorium perfoliatum</i>	Eupatoire perfoliée
<i>Euthamia graminifolia</i>	Verge d'or à feuilles de graminée
<i>Eutrochium maculatum</i>	Eupatoire maculée
<i>Helenium autumnale</i>	Hélénie automnale
<i>Sonchus arvensis</i>	Laiteron des champs
<i>Symphyotrichum lanceolatum</i>	Aster à feuilles lancéolées
<i>Symphyotrichum lateriflorum</i>	Aster latériflore
Balsaminaceae	Balsaminacées
<i>Impatiens capensis</i>	Impatiente du Cap
Boraginaceae	Boraginacées
<i>Myosotis</i> sp.	Myosotis
Campanulaceae	Campanulacées
<i>Campanula uliginosa</i>	Campanule des vases

Convolvulaceae	Convolvulacées
<i>Convolvulus</i> sp.	Liseron
Crassulaceae	Crassulacées
<i>Tillaea aquatica</i>	Tillée aquatique
Cyperaceae	Cypéracées
<i>Carex</i> sp.	Carex
<i>Cyperus rivularis</i>	Souchet des rivières
<i>Eleocharis ovata</i>	Éléocharide ovale
<i>Eleocharis</i> sp.	Éléocharide
<i>Schoenoplectus pungens</i>	Scirpe piquant
<i>Schoenoplectus smithii</i>	Scirpe de Smith
Equisetaceae	Équisétacées
<i>Equisetum arvense</i>	Prêle des champs
<i>Equisetum fluviatile</i>	Prêle fluviatile
Eriocaulaceae	Ériocaulacées
<i>Eriocaulon parkeri</i>	Ériocaulon de Parker
Fabaceae	Fabacées
<i>Amphicarpa bracteata</i>	Amphicarpe bractéolée
<i>Apios americana</i>	Apios d'Amérique
<i>Lotus corniculatus</i>	Lotier corniculé
<i>Melilotus alba</i>	Mévilot blanc
<i>Trifolium hybridum</i>	Trèfle hybride
<i>Vicia cracca</i>	Vesce jargeau
Gentianaceae	Gentianacées
<i>Gentianopsis virgata</i> subsp. <i>Victorinii</i>	Gentianopsis élané var. de Victorin
Haloragaceae	Haloragacées
<i>Myriophyllum</i> sp.	Myriophylle
Hydrocharitaceae	Hydrocharitacées
<i>Najas flexilis</i>	Naïas souple
Iridaceae	Iridacées
<i>Iris versicolor</i>	Iris versicolore
Juncaceae	Joncacées
<i>Juncus balticus</i>	Jonc de la Baltique
<i>Juncus brevicaudatus</i>	Jonc brevicaudé
<i>Juncus dudleyi</i>	Jonc de Dudley
<i>Juncus effusus</i>	Jonc épars
<i>Juncus nodosus</i>	jonc noueux

Lamiaceae	Lamiacées
<i>Lycopus americanus</i>	Lycopée d'Amérique
<i>Lycopus asper</i>	Lycopée rude
<i>Lycopus europaeus</i>	Lycopée d'Europe
<i>Lycopus</i> sp.	Lycopée
<i>Lycopus uniflorus</i>	Lycopée uniflore
<i>Mentha aquatica</i>	Menthe aquatique
<i>Mentha arvensis</i>	Menthe des champs
Lythraceae	Lythracées
<i>Lythrum salicaria</i>	Lythrum salicaire
Oleaceae	Oléacées
<i>Fraxinus nigra</i>	Frêne gras
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Frêne de Pennsylvanie
Onagraceae	Onagracées
<i>Epilobium ciliatum</i>	Épilobe cilié
Plantaginaceae	Plantaginacées
<i>Chelone glabra</i>	Galane glabre
<i>Plantago major</i>	Plantain majeur
Poaceae	Poacées
<i>Calamagrostis canadensis</i>	Calamagrostis du Canada
<i>Festuca rubra</i>	Fétuque rouge
<i>Leersia oryzoides</i>	Léersie faux-riz
<i>Phalaris arundinacea</i>	Phalaris roseau
<i>Spartina pectinata</i>	Spartine pectinée
<i>Zizania aquatica</i>	Zizanie aquatique
Polygonaceae	Polygonacées
<i>Polygonum hydropiper</i>	Renouée poivre-d'eau
<i>Polygonum persicaria</i>	Renouée persicaire
<i>Polygonum punctatum</i>	Renouée ponctuée
<i>Polygonum sagittatum</i>	Renouée sagittée
Potamogetonaceae	Potamogetonacées
<i>Potamogeton natans</i>	Potamogeton flottant
Primulaceae	Primulacées
<i>Lysimachia terrestris</i>	Lysimachie terrestre
<i>Steironema ciliatum</i>	Stéironéma cilié
<i>Steironema hybridum</i>	Stéironéma hybride
Renunculaceae	Renonculacées
<i>Caltha palustris</i>	Populage des marais
<i>Ranunculus cymbalaria</i>	Renoncule cymbalaire
cf <i>Ranunculus</i> sp.	Renoncule

<i>Rosaceae</i>	Rosacées
<i>Filipendula ulmaria</i>	Filipendule ulmaire
<i>Potentilla anserina</i>	Potentille ansérine
<i>Sanguisorba canadensis</i>	Sanguisorbe du Canada
<i>Rubiaceae</i>	Rubiacées
<i>Galium palustre</i>	Gaillet palustre
<i>Salix eriocephala</i>	Saule rigide
<i>Salix fragilis</i>	Saule fragile
<i>Agalinis paupercula</i>	Gérardie appauvrie
<i>Limosella subulata</i>	Limoselle aquatique
<i>Lindernia dubia</i>	Lindernie douteuse
cf <i>Lindernia dubia</i>	Lindernie douteuse
<i>Mimulus ringens</i>	Mimule à fleurs entrouvertes
<i>Scrophulariaceae</i>	Scrophularacées
cf <i>Scrophulariaceae</i>	Scrophulariacées
<i>Sparganiaceae</i>	Sparganiacées
<i>Sparganium eurycarpum</i>	Rubanier à gros fruits
<i>Typhaceae</i>	Typhacées
<i>Typha</i> sp.	Quenouille
<i>Violaceae</i>	Violacées
<i>Viola</i> sp.	Violette