

YAN BADEAU-TRÉPANIÉ

**EFFETS DES AMÉNAGEMENTS ANTHROPIQUES
SUR LE MARAIS INTERTIDAL DE LA RÉSERVE
NATURELLE DES BATTURES DE SAINT-
AUGUSTIN-DE-DESMANES**

Essai présenté
à Mme Marie-Noëlle Juneau
dans le cadre du programme de maîtrise professionnelle en biogéosciences de l'environnement
pour l'obtention du grade de maître ès sciences (M.Sc.)

FONDATION QUÉBÉCOISE POUR LA PROTECTION DU PATRIMOINE NATUREL
SAINT-AUGUSTIN-DE-DESMANES
QUÉBEC

2016

© Yan Badeau-Trépanier, 2016

Résumé

La superficie des marais intertidaux de l'estuaire maritime du Saint-Laurent diminue depuis de nombreuses années. Cette diminution est en partie attribuable aux aménagements anthropiques, qui entraînent une compression côtière appelée « coastal squeeze ». Ce phénomène est documenté pour l'estuaire moyen et maritime du fleuve Saint-Laurent, mais peu d'études portent sur la portion de l'estuaire d'eau douce. Cette étude vise à documenter ce processus dans le secteur des battures de Saint-Augustin-de-Desmaures, territoire protégé par la Fondation québécoise pour la protection du patrimoine naturel (FQPPN), là où des aménagements anthropiques sont présents à divers endroits sur le territoire. La démarche méthodologique est basée sur une analyse spatiotemporelle (portant sur l'évolution des superficies des plages et marais, entre 1965 et 2013) sur photographies aériennes et satellitaires, de trois secteurs différents (2 secteurs anthropisés, 1 secteur naturel). Les résultats de l'analyse multidates montrent qu'entre 1965 et 2013, la superficie des plages diminue (variant de 1 609 m² à 8 124 m²) dans les secteurs anthropisés alors que pour la même période de temps, elle augmente de 2 691 m² dans les secteurs non aménagés. La superficie du marais, pour les trois secteurs, demeure relativement stable (augmentation de 6,5% et diminution de 3% et 7,95%) au cours de cette même période, venant infirmer l'hypothèse du « costal squeeze » dans ce secteur. Ces résultats suggèrent que les plages agissent comme une zone tampon entre les aménagements et le marais, diminuant les impacts directs des aménagements sur le marais. Ce phénomène favorise le maintien des marais à court et moyen termes, car ils peuvent toujours migrer vers la côte et prendre la superficie de la plage avant d'être ultimement compressés par les aménagements anthropiques. Avec les changements climatiques attendus dans le courant du XI^e siècle,

Mots clés : marais intertidal, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures, aménagements, enrochement, murets, évolution spatio-temporelle.

Remerciements

La réalisation de cet essai a été possible grâce à plusieurs acteurs au fil du temps que j'aimerais prendre un instant afin de les remercier.

Dans un premier temps, j'aimerais remercier Mme Danielle Cloutier, chargée d'enseignement à la maîtrise en biogéosciences de l'environnement, pour son support moral et intellectuel qui a débuté avant la réalisation de l'essai. Par son temps, son écoute et ses conseils tout au long de l'essai, que ce soit au niveau de la collecte de données, les analyses ou l'écriture, elle m'a permis de surmonter les différentes épreuves lors des nombreuses étapes de la réalisation de l'essai.

Ensuite, j'aimerais remercier ma directrice d'essai, Mme Marie-Noëlle Juneau, de la Fondation québécoise pour la protection du patrimoine naturel, qui m'a sensibilisé à une problématique de chez nous, mais qui a pris de l'importance dans les dernières décennies, et par son support qui m'a permis de réaliser ce merveilleux essai.

Mes remerciements vont aussi à mes collègues de la maîtrise en biogéosciences de l'environnement, qui m'ont fait passer des moments mémorables lors des cours intégrateurs et qui m'ont fait grandir lors des deux dernières années.

Un énorme merci aux membres de ma famille, qui m'ont encouragé du début à la fin et m'ont remonté le moral lors des périodes plus creuses. Un merci particulier à Joey Van Café, pour son humour et sa bonne humeur qui ont toujours su me faire rire, peu importe le moment.

Une dernière pensée va à mon grand-père paternel, pour qui ma réussite scolaire a toujours été une fierté. Repose en paix.

Table des matières

Résumé.....	i
Remerciements.....	ii
Table des matières	iii
Liste des tableaux.....	iv
Liste des figures	v
Introduction.....	1
Chapitre 1 : Région et site d'étude.....	4
1.1 Localisation de la zone d'étude	4
1.2 Le fleuve et ses divisions hydrographiques	5
1.3 Contexte climatique régional et biogéographie	7
1.4 État des connaissances	7
1.4.1 Rive et littoral	7
1.4.2 Marais intertidaux	8
1.4.3 Portrait de la problématique de l'érosion.....	11
Chapitre 2 : Méthodologie	15
2.1 Inventaire des photographies aériennes	15
2.2 Identification des sites	16
2.2.1 Secteur Moisan	17
2.2.2 Secteur Est de la rivière Charland.....	18
2.2.3 Secteur de l'Université Laval	19
2.3 Analyses cartographiques	19
2.3.1 Analyse des paramètres	20
2.3.1.1 Nature des aménagements	20
2.3.1.2 La limite du littoral et superficie de la plage	21
2.3.1.3 La superficie des marais	22
Chapitre 3 : Résultats	24
3.1 Secteur de l'Université Laval	24
3.1.1 Évolution de la plage	24
3.1.2. Évolution du marais	30
3.2 Secteur de la rue Moisan.....	34
3.2.1 Évolution de la plage	34
3.2.2 Évolution du marais	41
3.3 Secteur de la rivière Charland-Est	44
3.3.1 Évolution de la plage	44
3.3.2. Évolution du marais	50
Chapitre 4 : Discussion	53
4.1 Évolution de la superficie des plages.....	53
4.2 Évolution de la superficie des marais	54
4.3 Constats généraux	55
Conclusion	57
Bibliographie	59
Annexe A : Classification climatique	64
Annexe B : Les zones de végétations et les domaines bioclimatiques	65
Annexe C : Inventaire des photographies aériennes récupérées sur le site de GéoPhoto+ ..	66

Liste des tableaux

Tableau 1 : Photographies aériennes utilisées à des fins d'analyses des différents secteurs, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures.....	16
Tableau 2 : Évolution de la largeur de la plage, entre 1965 et 2013, secteur de l'Université Laval, d'ouest en est (mètre).....	29
Tableau 3 : Évolution de la largeur du schorre supérieur et du schorre inférieur entre 1973 et 2013, secteur de l'Université Laval, d'ouest en est (mètre).....	34
Tableau 4 : Évolution la largeur de la plage entre 1965 et 2013, secteur de la rue Moisan, d'ouest en est (mètres). Les chiffres soulignés signifient que le transect a été tracé à l'emplacement d'un muret et les chiffres en gras à l'emplacement d'un enrochement.	39
Tableau 5 : Évolution de la largeur du schorre supérieur et du schorre inférieur entre 1973 et 2013, secteur de l'Université Laval, d'ouest en est (mètre).....	44
Tableau 6 : Évolution de la largeur de la plage, entre 1979 et 2013, secteur Est de la rivière Charland, d'ouest en est (mètres). Les chiffres soulignés signifient que le transect a été tracé à l'emplacement d'un muret et les chiffres en gras à l'emplacement d'un enrochement.	48
Tableau 7 : Évolution de la largeur du schorre supérieur et du schorre inférieur entre 1973 et 2013, secteur la rivière Charland Est, d'ouest en est (mètre)	52

Liste des figures

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude : Réserve naturelle des Battures de Saint-Augustin-de-Desmaures.....	5
Figure 2 : Localisation des différentes parties du fleuve Saint-Laurent	6
Figure 3 : Marais intertidal. 1: cuvette. 2 : schorre. 3 : microfalaie. 4 : slikke. 5 : chenal de marée. 6 : haute slikke	8
Figure 4 : Illustration de la compression côtière, adaptée de Pontee, 2013.....	13
Figure 5 : Zones à l'étude, batture de Saint-Augustin-de-Desmaures.....	17
Figure 6 : Aménagements anthropiques sur le secteur de la rue Moisan, batture de Saint-Augustin-de-Desmaures.....	18
Figure 7 : Aménagements anthropiques sur le secteur Est de la rivière Charland, batture de Saint-Augustin-de-Desmaures	19
Figure 8 : Illustration de la limite du littoral de côte selon la présence ou l'absence de microfalaie.....	21
Figure 9: Superficie de la plage du secteur de l'Université Laval, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures.....	25
Figure 10 : Évolution de la superficie de la plage du secteur de l'Université Laval (zone témoin), battures de Saint-Augustin-de-Desmaures, entre 1965 (en haut) et 2013 (en bas)	26
Figure 11 : Position des transects pour calculer la largeur de la plage dans le secteur de l'Université Laval, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures	28
Figure 12: Variations temporelles de la largeur de la plage pour le secteur témoin, secteur de l'Université Laval, entre 1965 et 1973, 1965 et 2002, 1965 et 2013, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures.....	30
Figure 13 : Comparaison des superficies du haut et du bas marais du secteur de l'Université Laval, années 1973, 2002 et 2013, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures.....	31
Figure 14 : Évolution de la superficie du haut et du bas marais du secteur de l'Université Laval (zone témoin), battures de Saint-Augustin-de-Desmaures, entre 1973 et 2013	32
Figure 15 : Position des transects pour calculer la largeur du marais dans le secteur de l'Université Laval, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures	33
Figure 16 : Évolution de la superficie de la plage du secteur de la rue Moisan, batture de Saint-Augustin-de-Desmaures	35
Figure 17: Évolution de la superficie de la plage du secteur de la rue Moisan, entre 1965 et 2013, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures.....	36
Figure 18 : Position des transects pour calculer la largeur de la plage dans le secteur de la rue Moisan, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures	38
Figure 19 : Variation temporelle de la largeur de la plage, entre 1965 et 1973, 1965 et 1979, 1965 et 1986, 1965 et 2013, secteur de la rue Moisan, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures.....	40
Figure 20 : Évolution de la largeur de la plage pour les 8 transects calculés pour l'effet de bout, secteur de la rue Moisan, entre 1965 et 2013, batture de Saint-Augustin-de-Desmaures.....	40
Figure 21 : Évolution de la superficie du haut et du bas marais du secteur de la rue Moisan, années 1965 et 2013, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures.....	41

Figure 22 : Évolution de la superficie du haut et du bas marais du secteur de la rue Moisan, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures, entre 1973 et 2013.....	42
Figure 23 : Position des transects pour calculer la largeur du marais dans le secteur de la rue Moisan, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures	43
Figure 24 : Évolution de la superficie de la plage du secteur Est de la rivière Charland, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures.....	45
Figure 25 : Évolution de la superficie de la plage du secteur Est de la rivière Charland, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures, entre 1979 (en haut) et 2013 (en bas).....	45
Figure 26 : Position des transects pour calculer la largeur de la plage dans le secteur Est de la rivière Charland, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures.....	47
Figure 27 : Variation de la largeur de la plage, secteur de la rue Charland Est, entre 1979 et 1987, 1979 et 2002, 1979 et 2013, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures	49
Figure 28 : Évolution de la limite inférieure de la plage pour les 5 transects calculés pour l'effet de bout, secteur Est de la rivière Charland, entre 1965 et 2013, batture de Saint-Augustin-de-Desmaures.....	49
Figure 29 : Évolution de superficie totale du marais du secteur Est de la rivière Charland, pour les années 1973 et 2013, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures	50
Figure 30 : Évolution de la superficie du marais dans le secteur Est de la rivière Charland, entre 1973 (en haut) et 2013 (en bas), battures de Saint-Augustin-de-Desmaures.....	51
Figure 31 : Position des transects pour calculer la largeur du marais dans le secteur Est de la rivière Charland, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures.....	52
Figure 32 : Classification climatique du Québec selon Litynsky	64
Figure 33 : Les zones de végétation et les domaines bioclimatiques du Québec	65

Introduction

Plusieurs études rapportent que les marais intertidaux du bas et du moyen estuaire du Saint-Laurent sont en diminution de superficie sur le territoire québécois (Dionne, 1986; Dionne, 2000; Bernatchez, 2003; Bernatchez et Dubois, 2008). L'estuaire du Saint-Laurent, servant comme une zone de transition entre l'eau douce provenant des Grands Lacs et de ses autres affluents et de l'eau salée provenant de l'océan Atlantique, permet à ces marais d'être parmi les écosystèmes intertidaux les plus productifs en termes de matières organiques produites (Hatvany, 2008). En plus de la production de biomasse, les marais ont d'autres fonctions écologiques, notamment celle de filtre pour l'eau, de réservoir de biodiversité (ils procurent des habitats pour certaines espèces floristiques aujourd'hui menacées) et comme régulateur de microclimats (Dionne, 2000). Au cours des dernières décennies, les activités anthropiques ont causé une diminution progressive des superficies des marais par le biais de divers aménagements en bordure de ceux-ci, tels que l'enrochement, la construction de murets, la destruction des bandes riveraines, le remblaiement à des fins de construction, etc. (Bernatchez, 2003). Les changements climatiques et la hausse du niveau moyen des mers anticipée peuvent exacerber ce phénomène. Ces types de pratiques peuvent avoir des répercussions négatives sur le milieu côtier car ils empêchent le mouvement naturel des systèmes littoraux en réponse aux variations du niveau marin.

Depuis le début de la révolution industrielle, de 50% à 80% des marais intertidaux présents sur le territoire québécois ont été transformés de manière drastique par le biais d'endiguement par des pelles mécaniques, de l'augmentation exponentielle de l'utilisation de l'automobile, et, conséquemment, de la construction de routes et autoroutes, de même que de l'urbanisation intensive des basses-terres du Saint-Laurent (Hatvany, 2008). De plus, les marais intertidaux de l'estuaire moyen du fleuve Saint-Laurent, de même qu'une partie de ceux de l'estuaire maritime, sont en érosion depuis plus de 20 ans (Troude et Sérodes, 1985; Dionne, 1986; Hardy et al., 1998; Dionne et Bouchard, 2000). Le taux d'érosion moyen, pour la plupart des marais de cette région, avoisine ou dépasse 100 cm/an (Dionne, 1986). Dans le secteur d'intérêt, celui de l'estuaire d'eau douce, les taux de reculs

ont passé de 129 cm/an en 1984-1986 à 168 cm/an en 1996-1998 (Dionne et Bouchard, 2000).

Plus récemment, une étude portant sur l'évolution des hauts marais de l'estuaire d'eau douce et réalisée au marais de Saint-Augustin-de-Desmaures, dans le parc du Haut-Fond (Bhiry et al., 2013; Gervais, 2014) a montré une avancée de l'ordre de $1 \pm 0,5$ cm pour 2011, et un recul de $2 \pm 0,5$ cm pour 2012. Les recherches effectuées par Hatvany (2014) amènent cependant à d'autres conclusions. Les recherches réalisées dans la baie de Kamouraska montrent que celle-ci est remarquablement stable depuis 250 ans. Les principaux changements environnementaux ont été de la réappropriation de territoire par les marais (Hatvany, 2014). Les mêmes résultats ont été mesurés par Drolet (2013) pour le marais intertidal de L'Isle-aux-Coudres. Des études réalisées à l'Anse aux Canards par Cayer (2013) et Sauvageau (2014) soulèvent un questionnement par rapport aux taux d'érosion soulevés par Allard (1981), et réitérer par Bernatchez et Dubois (2004).

La ville de Saint-Augustin-de-Desmaures, sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent, possède un marais intertidal contenu dans les battures de Saint-Augustin-de-Desmaures. Cet écosystème naturel est un site d'intérêt pour la conservation (FQPPN, 2015). Il abrite plus de 200 espèces de plantes, dont 13 sont en situation précaire au Québec ou au Canada (FQPPN, 2015) et 4 espèces menacées : la gentiane de Victorin, la cicutaire de Victorin, la vergerette de Provancher et l'ériocaulon de Parker. La majorité de ces plantes sont vulnérables aux perturbations de leur habitat. Le marais est aussi une aire d'halte migratoire pour la bernache du Canada et la grande oie des neiges (FQPPN, 2015). C'est pourquoi la Fondation québécoise pour la protection du patrimoine naturel (FQPPN) a mis sur pied un plan d'action visant la protection des habitats côtiers de cette région.

Plusieurs types de terrain avoisinent ce marais : des habitations, des terres agricoles et des zones forestières, principalement. Depuis quelques décennies, plusieurs aménagements anthropiques ont été construits aux abords de celui-ci afin de minimiser les pertes de terrains des riverains, en particulier des enrochements et des murets. Cette artificialisation du littoral augmente la réflexion des vagues et abaisse le niveau des plages par l'érosion, pouvant ultimement faire disparaître le marais (Quintin, 2010). L'apparition

d'aménagements anthropiques diminue l'apport sédimentaire de certaines plages qui se font principalement avec matériaux provenant de l'érosion des falaises à l'arrière de celles-ci. Ce phénomène a été documenté sur les deux côtes du Saint-Laurent, de même que dans la baie des Chaleurs (Lessard et Dubois, 1984; Bernatchez, 1998, 2003; Leblanc et Bernatchez, 1999). Cependant, peu d'études ont été effectuées sur cette problématique dans la portion de l'estuaire fluvial, endroit où se situent les battures de Saint-Augustin-de-Desmaures.

Par souci de préservation de la biodiversité dont elle est gestionnaire, la FQPPN se questionne sur l'impact des changements climatiques annoncé par le GIEC mais aussi sur les impacts potentiels causés par les aménagements anthropiques présents en rive. Alors que ces impacts sur les marais de l'estuaire d'eau douce sont peu documentés, ce qui rend difficile l'élaboration de mesures, cet essai fait suite à une demande de la FQPPN de documenter l'impact des aménagements anthropiques sur la qualité de l'habitat du marais de Saint-Augustin-de-Desmaures via l'évolution de la superficie du marais par photo-interprétation.

Chapitre 1 : Région et site d'étude

1.1 Localisation de la zone d'étude

La zone d'étude est localisée sur le littoral de Saint-Augustin-de-Desmaures (Figure 1). Il s'agit de la Réserve naturelle des Battures-de-Saint-Augustin-de-Desmaures, un site voué à la conservation d'une superficie d'un peu moins de 400 hectares. Cette zone est à environ 20 kilomètres à l'ouest de la ville de Québec. Elle s'étend entre la pointe Jean-Gros à l'est et Neuville à l'ouest, sur une longueur d'un peu plus de 10 kilomètres, sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent. Elle couvre presque la totalité du littoral de Saint-Augustin-de-Desmaures. Les terres avoisinant le marais intertidal se composent principalement de terrains boisés, de terres agricoles ainsi que des habitations.

Suite à la création du quartier industriel Francois-Leclerc en 1969, la ville de Saint-Augustin-de-Desmaures est passée de 3 000 habitants en 1971 à près de 18 000 en 2011 (Ville de Saint-Augustin, 2015). Cette densification a eu pour effet d'augmenter la pression en milieu riverain et, conséquemment, le nombre d'aménagements anthropiques le long des rives dans ce secteur.



Figure 1 : Localisation de la zone d'étude : Réserve naturelle des Battures de Saint-Augustin-de-Desmaures

1.2 Le fleuve et ses divisions hydrographiques

La région d'étude est située sur les rives du fleuve Saint-Laurent, dans la province de Québec. Le système hydrographique du fleuve St-Laurent est le 3^e en importance en Amérique du Nord avec une superficie d'un peu plus de 1,6 million de km², en plus de posséder plus de 25% des réserves mondiales en eau douce (ECCC, 2014). Le fleuve Saint-Laurent est divisé en trois parties principales : le tronçon fluvial, le tronçon estuarien et le golfe (**Error! Reference source not found.**). Le tronçon estuarien se divise en 3 sections, soit l'estuaire fluvial, l'estuaire moyen et l'estuaire maritime. Ils sont divisés par différents facteurs environnementaux, le plus important étant le degré de la salinité de l'eau. L'estuaire fluvial débute à la sortie du lac Saint-Pierre, dans la région de Trois-Rivières et se termine à la pointe de l'île d'Orléans. L'estuaire moyen commence à l'est de l'estuaire

fluvial et va jusqu'à Tadoussac. L'estuaire maritime se prolonge jusqu'à la hauteur de Pointe-des-Monts sur la rive nord et Saint-Anne-des-Monts sur la rive sud du fleuve.

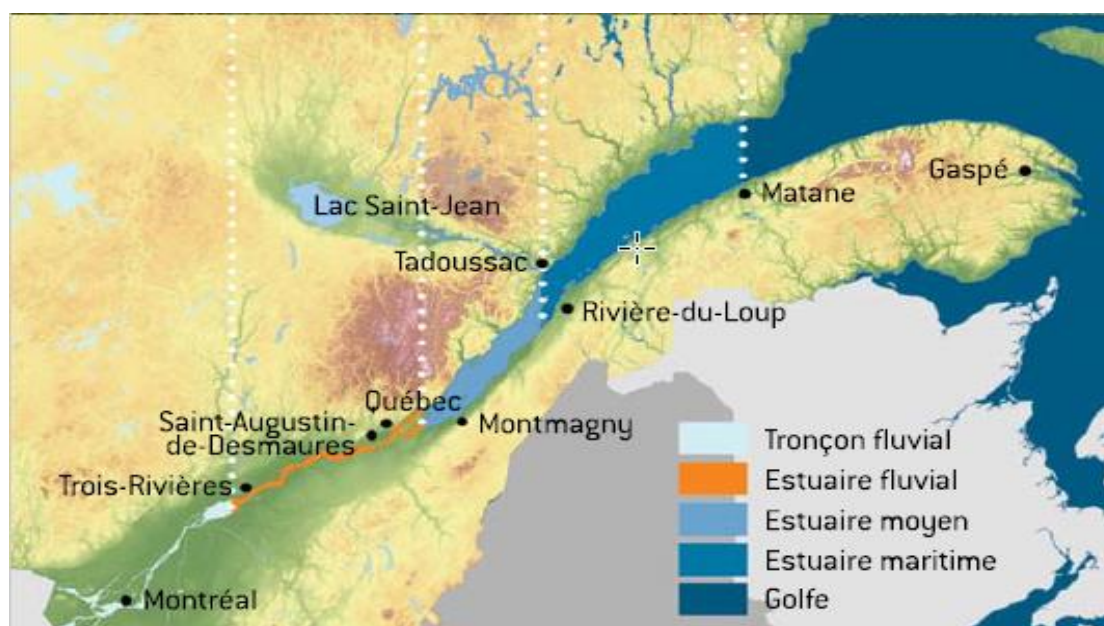


Figure 2 : Localisation des différentes parties du fleuve Saint-Laurent

Le marais de Saint-Augustin-de-Desmaures est situé dans le tronçon estuarien du fleuve Saint-Laurent, dans la portion d'eau douce. À cet endroit, les marées sont semi-diurnes et caractérisées par de fortes amplitudes, pouvant atteindre de 5,5 mètres lors des grandes marées. Le courant dans cette zone peut atteindre jusqu'à 3 nœuds en période du jusant et 2,7 nœuds en période de flot (Gervais, 2014). Le niveau d'eau moyen est de 2,4 mètres (Bhiry et al., 2013). La largeur du fleuve varie de 870 mètres, à la hauteur du pont de Québec, jusqu'à 15 kilomètres, à l'extrémité Est de l'île d'Orléans (EC, 2013). Au niveau des battures de Saint-Augustin-de-Desmaures, la largeur du fleuve est de 2,04 km, et celle de la portion navigable est de 1,3 km (Gervais, 2014). La profondeur du chenal varie de 13 à 40 m (Gervais, 2014). Les berges de l'estuaire sont fortement anthropisées, découlant des modifications apportées par les quais de Portneuf et Québec (Gervais, 2014).

1.3 Contexte climatique régional et biogéographie

Les battures de Saint-Augustin-de-Desmaures se situent dans la zone continentale humide, qui est caractérisée par des hivers froids ainsi que des étés chauds, de même qu'une saison de croissance longue (entre 180 et 209 jours par année). Selon la classification climatique du Québec de Litynsky, ce secteur est localisé dans la classe 14 (Annexe A). La température moyenne annuelle est de 4,5 °C, avec des moyennes de précipitations de 1 065,73 mm/an (Gerardin et Mckenney, 2001). Les vents dominants, durant l'été, proviennent de l'ouest et du sud-ouest, suivant le courant du fleuve. L'hiver, les vents proviennent de 3 axes différents : de l'ouest, du sud-ouest et du nord-est.

La région d'étude est située dans la zone tempérée nordique, qui est dominée par des peuplements feuillus et mixtes (conifères et feuillus). Plus précisément, le site se trouve dans la sous-zone de la forêt décidue, dans le domaine de l'érablière à tilleul (Annexe B). L'espèce arboricole la plus abondante dans cette zone est l'érable à sucre (*Acer saccharum*). D'autres espèces sont caractéristiques de cette zone, par exemple le tilleul d'Amérique (*Tilia americana*), le frêne d'Amérique (*Fraxinus americana*), l'ostryer de Virginie (*Ostrya virginiana*) et le noyer cendré (*Juglans cinera*)

1.4 État des connaissances

1.4.1 Rive et littoral

La rive, le littoral ainsi que les plaines inondables sont nécessaires à la survie des nombreux acteurs écologiques et biologiques des cours d'eau et des plans d'eau (LegisQuébec, 2016). Afin d'assurer la pérennité de ceux-ci, la province de Québec a mis en place la Politique de la protection des rives, du littoral et des plaines inondables¹ en date du 22 décembre 1987, à l'article 2.1 de la Loi sur la qualité de l'environnement.

¹ La politique de la protection des rives, du littoral et des plaines inondables complète se retrouve sur ce site : <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2035/>

Quatre composantes majeures sont définies dans cette politique, soit la rive, le littoral, la ligne des hautes eaux et la plaine inondable. La rive correspond à « une bande de terre qui borde les lacs et cours d'eau et qui s'étend vers l'intérieur des terres à partir de la ligne des hautes eaux » (LegisQuébec, 2016). Le littoral se définit comme « cette partie des lacs et cours d'eau qui s'étend à partir de la ligne des hautes eaux vers le centre du plan d'eau » (LegisQuébec, 2016). La ligne des hautes eaux sert à délimiter la rive du littoral; cette ligne se situe à l'endroit où l'on passe d'une prédominance de plantes aquatiques à une prédominance de plantes terrestres (LegisQuébec, 2016). La méthode botanique experte est généralement employée dans la délimitation de la ligne des hautes eaux par des botanistes. La dernière composante, la plaine inondable, est l'espace qui est occupé par un cours d'eau ou un lac lors des périodes de crues.

Cette loi a comme objectif d'assurer une protection adéquate aux rives, au littoral et aux plaines inondables, ainsi que de prévenir la dégradation de ceux-ci en conservant leurs caractères naturels et de conserver leurs qualités et leurs diversités biologiques sur le long terme. Les marais intertidaux, dont celui des battures de Saint-Augustin-de-Desmaures, sont assujettis à cette politique. La FQPPN s'efforce de mettre en place des moyens afin de conserver la biodiversité en place de ces battures.

1.4.2 Marais intertidaux

Un marais intertidal est habituellement composé d'un pré ou d'un marécage arbustif ou arboré, d'un schorre ainsi que d'une slikke (Figure 3). Il est colonisé par de la végétation pouvant survive à la fréquence et la durée des inondations, selon les marées (Quintin, 2010)

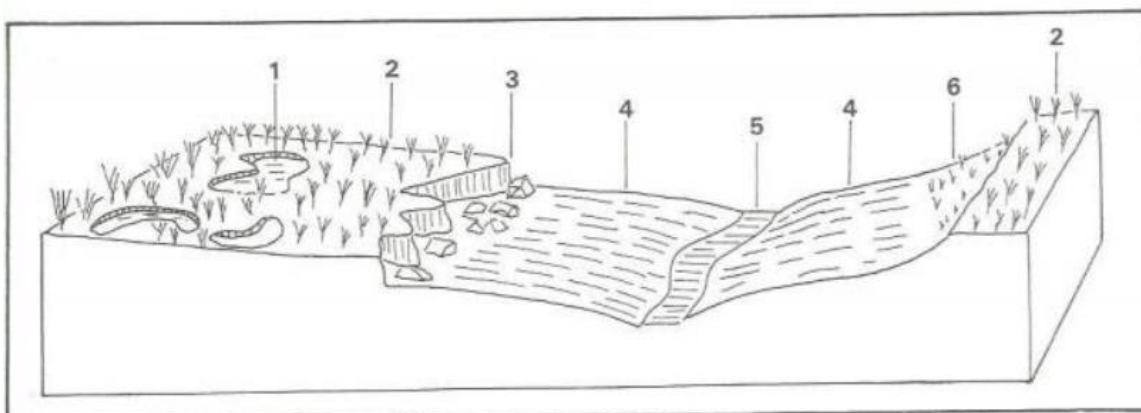


Figure 3 : Marais intertidal. 1: cuvette. 2 : schorre. 3 : microfalaïse. 4 : slikke. 5 : chenal de marée. 6 : haute slikke

La zone de pré ou de marécage arbustif ou arboré se retrouve dans la zone la plus haute du marais, vers la terre ferme. Cette zone n'est affectée que par les marées lors des grandes tempêtes et des fortes inondations. La pente de cette zone varie d'un marais à un autre, mais demeure très faible dans son ensemble (Gervais, 2014). Les plantes colonisant cette zone sont plus xérophiles (vivant dans des endroits pauvres en eau) que celles retrouvées sur le schorre supérieur. Au niveau de la zone de l'estuaire fluviale, environ 140 espèces végétales sont répertoriées, dont deux sont endémique à l'estuaire d'eau douce à saumâtre et aujourd'hui désignées menacées : la cicutaire de Victorin (*Cicuta maculata* var. *victorinii*) et la gentiane de Victorin (*Gentianopsis virgata* subsp. *victorinii*). Cette zone se différencie du schorre supérieur par un changement de la densification et du type de végétation que l'on y retrouve.

Le schorre est situé au bas de la zone de pré ou de marécage arbustif ou arboré, sur l'estran. Il est inondé deux fois par mois, lors des hautes marées de vives-eaux, permettant ainsi l'installation d'une végétation qui peut être ouverte ou continue (Gervais, 2014). L'espèce qui domine les marais intertidaux est le scirpe aigu (*Schoenoplectus pungens*). D'autres espèces, par exemple la zizanie naine (*Zizania aquatica* var. *brevis*) et l'épilobe à graines nues (*Epilobium ciliatum* var. *ecomosum*), sont visibles sur le schorre. La pente de ce secteur est plus forte que celle du pré ou du marécage arbustif ou arboré, généralement de l'ordre de 1‰ (Gervais, 2014). Cette zone est généralement parsemée de cuvettes et parcourue de chenaux de drainage résultant des marées (Gervais, 2014). Le marais du secteur à l'étude est caractérisé par un schorre divisé en deux parties, le schorre supérieur (haut marais) et le schorre inférieur (bas marais). La limite supérieure du schorre supérieur consiste à la pleine mer supérieure de grande marée (Quintin *et al.* 2006). La limite supérieure du schorre inférieur correspond à la pleine mer supérieure de marée moyenne (Quintin *et al.* 2006)

Finalement, la slikke est la zone intertidale qui est inondée lors de chaque marée. Elle est comprise entre la basse mer inférieure de grande marée et à la basse mer inférieure de marée moyenne. Ce secteur contient peu (généralement des espèces aquatiques, comme la zannichjellie palustre (*Zannichellia palustris*)) ou pas de végétation due aux immersions

constantes. Il est cependant possible de voir des radeaux de végétations, mais ceux-ci proviennent généralement de l'érosion du schorre, et ne viendront pas coloniser la slikke (Gervais, 2014). Un réseau dense de chenaux de drainage, découlant des courants de flots et de jusants évoluant dans cette zone quotidiennement, est caractéristique de cette zone.

Une particularité du territoire des battures de Saint-Augustin-de-Desmaures est la présence d'une plage à la limite supérieure du marais, entre le haut marais et la limite du littoral. Elle est visible tout le long du marais, que la côte soit demeurée naturelle ou pas, signifiant qu'il y a déjà eu accumulation de sédiments le long de cette côte.

Deux facteurs sont liés directement à l'évolution des marais : la disponibilité des sédiments dans le système et aux conditions hydrodynamiques (Pethick, 1984). Ces sédiments proviennent de trois sources : marine, côtière et fluviale (Quintin, 2010). Les sédiments marins proviennent de la plate-forme marine; ceux côtiers des côtes en érosions; les sédiments fluviaux proviennent des sédiments des terres et qui sont transportés par les rivières (Quintin, 2010).

Pour avoir un portrait juste lors d'une étude sur l'évolution du marais, deux composantes doivent être considérées : la composante verticale et la composante horizontale (Adam, 1990; Van Proosdij *et al.*, 2006). La composante verticale se définit par l'accumulation de matière organique et minérale à la surface du marais (Quintin, 2010); la composante verticale se définit par l'augmentation, le maintien ou la diminution de la surface latérale du marais (Quintin, 2010). Ces deux composantes s'adaptent avec la hauteur du niveau marin (Chmura *et al.*, 2001). L'accumulation verticale de sédiments est limitée par les apports sédimentaires ainsi que la productivité des plantes (Quintin, 2010). Le dépôt sédimentaire s'effectue principalement lors du passage des marées. En plus des apports en matière organique des racines et des rhizomes sur les marais, l'état d'équilibre de l'accrétion verticale est possible par la redistribution de ceux-ci sur le marais par les chenaux et les glaces (Quintin, 2010). Afin de subsister lors de la hausse du niveau marin, l'accrétion verticale se doit d'être au minimum à la même vitesse que la hausse du niveau marin. Advenant le cas où il est impossible pour le marais d'obtenir ce taux d'accrétion, un ajustement latéral du marais est nécessaire afin de subsister (Quintin, 2010). Si possible, le

marais va migrer vers l'intérieur des terres. Advenant le cas de contraintes physiques naturelles ou anthropiques, le marais va être contraint de régresser graduellement jusqu'à sa disparition complète (Quintin, 2010).

1.4.3 Portrait de la problématique de l'érosion

Les causes naturelles de l'érosion des berges de l'estuaire d'eau douce sont multiples : l'effet des vagues et des tempêtes, des marées ainsi que du couvert de glace, le cycle de gel-dégel de même que la hausse du niveau marin (Bhiry et al., 2013; Quintin, 2010, Cotes-à-cotes, 2010). Les vagues se produisent par l'action des vents qui proviennent généralement de l'ouest, et s'alignent parallèlement avec l'axe du fleuve Saint-Laurent (Drapeau, 1992). Les vagues de tempêtes, provenant principalement de l'est, possèdent généralement plus d'énergie que celles de l'ouest. Le fetch, c'est-à-dire la distance sur laquelle une vague peut voyager tout en s'amplifiant, est de l'ordre de 10 km dans les deux directions (Genivar, 2009). Ces vagues sont d'autant plus importantes, car seules celles avec le plus d'énergie, c'est-à-dire les plus grosses, ont la possibilité de remettre les sédiments en mouvement. Les marées, plus précisément les courants de flots et de jusants, remettent aussi des sédiments en suspension. Comme la zone d'influence est plus large, une plus grande superficie de sédiments peut possiblement être transportée, mais de façon moins intense que par l'action des vagues (Drapeau, 1992). La troisième cause importante d'érosion des berges est l'effet des glaces. Lors de sa formation, au cours du mois de décembre et persistant jusqu'en avril (Drapeau, 1992), la glace intègre des sédiments à sa structure. Au printemps, lorsque les glaces se détachent de l'estran et se mettent en circulation, la fonte de celles-ci remet les sédiments en suspension à l'extérieur de leur lieu d'origine (Gervais, 2014). Le déplacement des glaces pendant l'hiver arrache des parties du schorre du marais, traçant ainsi des entailles dans l'estran. Ces entailles diminuent la cohésion de la surface du marais, contribuant à la dégradation du milieu (Gervais, 2014). Les cycles de gel-dégel jouent aussi un rôle important dans l'érosion des berges. En hiver, les falaises, exposées au sud, dégèlent presque tous les jours ensoleillés qui ont une température ambiante supérieure à -23 °C, pour ensuite regeler lors de la nuit (Bernatchez, 2003). Ces cycles continus peuvent entraîner deux types de réponses : l'éclatement des dépôts argileux et silteux en gélifracts pour ensuite s'effondrer, ou une liquéfaction et une solifluxion des matériaux, ce qui a pour

cause de venir créer des coulées boueuses (Bernatchez, 2003). Dans le secteur de Manicouagan, des relevées ont indiqué que 65% du recul annuel des falaises de sédiments ont été causé par le cycle de gel-dégel (Bernatchez et Dubois, 2004). La hausse du niveau marin relatif est l'un des facteurs les plus importants pour l'évolution des marais sur le long terme (Allen, 1990; Orson et al., 1998). Une augmentation ou une diminution de la fréquence et de la durée des inondations à des incidences sur la structure végétale en place des marais (Roman et al., 1997; Simas et al, 2001), sur le système de drainage (Ward et al, 1998) ainsi que le bilan sédimentaire (Stevenson et al., 1986, Craft et al., 1994, Temmerman et al., 2004). La résilience des marais à une hausse du niveau marin passe par la quantité de sédiments disponible favorisant l'accrétion verticale (Orson et al., 1985). Dubois et Lessard (1986) ont segmenté les données marégraphiques sur la côte nord, ce qui leur a permis de mettre en évidence que les fortes périodes d'érosions concordaient généralement avec les périodes de haut niveau d'eau. Avec la hausse du niveau marin relatif attendu pour le prochain siècle, l'érosion des côtes devrait s'accélérer (Bernatchez et Dubois, 2004).

Des interventions humaines influencent aussi l'évolution des marais. L'implantation de murets et d'enrochement le long du littoral pourrait chambouler le cycle naturel des marais en créant des barrières infranchissables pour ceux-ci. Un premier phénomène étant causé par la présence d'aménagements, celui-ci bien documenté, est celui de l'effet de bout. Ce dernier se définit comme étant un phénomène « se créant lorsque les vagues frappent un mur ou un enrochement et que l'énergie est réorientée aux extrémités de l'ouvrage, pouvant ainsi accélérer l'érosion des rives voisines » (Sécurité Publique Gouvernement du Québec, 2012), vient souvent de pair avec l'implantations de barrière physique le long des côtes. Un deuxième phénomène, celui du « coastal squeeze », ou de la compression côtière, lorsque traduit littéralement en français, se définit comme étant « une compression des habitats côtiers par le biais d'une hausse du niveau marin et d'autres facteurs, par exemple l'augmentation des tempêtes « poussoires », et d'une barrière physique infranchissable » (Pontee, 2013) (Figure 4).

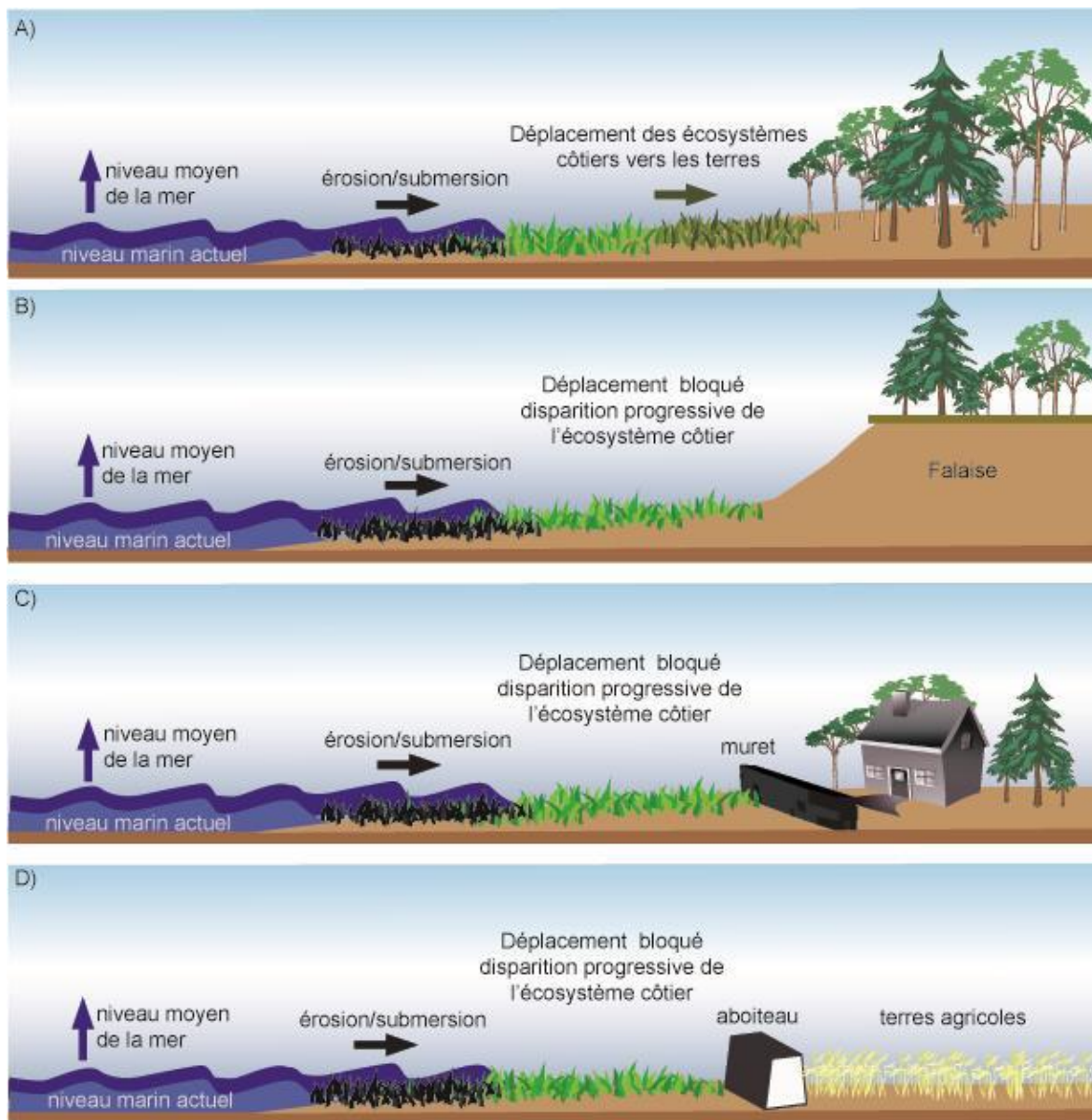


Figure 4 : Illustration de la compression côtière, adaptée de Pontee, 2013

La construction d'obstacles à la circulation des sédiments littoraux (ouvrages transversaux) et fluviaux (barrages) est un autre facteur qui cause ou accélère le phénomène d'érosion des côtes (Dubois, 1979, 1980, 1999; Dubois et al., 1981; Hart et Long, 1990). L'érection de nombreux barrages au cours du XX^e siècle a entraîné une rétention des sédiments en amont des barrages, créant un déficit sédimentaire en aval (Bernatchez et Dubois, 2004). La régulation artificielle des eaux apporte la même problématique que l'érection de barrage par rapport au bilan sédimentaire (Bernatchez et Dubois, 2004). Le piétinement de la végétation

engendre aussi des impacts négatifs sur l'évolution des marais. La couverture végétale augmente la cohésion du sol. En la détruisant, les milieux littoraux sont alors sujets à de l'érosion éolienne, accentuant le phénomène d'érosion (Bernatchez et Dubois, 2004).

Chapitre 2 : Méthodologie

La réalisation de cet essai est basée sur une analyse spatio-temporelle de photographies aériennes et satellitaires. Les photographies sélectionnées ont été utilisées pour cartographier l'évolution temporelle du marais et des plages de Saint-Augustin-de-Desmaures dans 3 secteurs. Pour y arriver, un inventaire des photographies aériennes disponible sur l'ensemble du secteur a été effectué. Trois sites ont ensuite été identifiés, puis le marais et les plages de ceux-ci ont été analysés de manière surfacique et linéaire, et rapportée dans une base de données à des fins comparatifs.

2.1 Inventaire des photographies aériennes

L'évolution temporelle des secteurs à l'étude a été analysée à l'aide de photographies aériennes historiques. Pour ce faire, un inventaire des photographies aériennes disponibles couvrant la zone des battures de Saint-Augustin-de-Desmaures a été récupéré sur le site internet de Géophoto+ de la bibliothèque de l'Université Laval (Annexe C). Par la suite, un tri a été effectué pour ne conserver que les photographies prises à marée basse. Les photographies aériennes conservées couvrent une période de 1965 à 2002 et sont présentées au

Tableau 1. Une image satellitaire de chacune des trois zones d'intérêt a été récupérée sur Google Earth et date de 2013. Pour le secteur de la rue Moisan, aucune photographie aérienne adéquate n'était disponible entre 1986 et 2013. De même, seules les photographies aériennes de 1973 et 2002 pour le secteur de l'Université Laval, de 1965 pour le secteur Moisan et 1973 pour le secteur Est de la rivière Charland, jumelé aux photographies satellitaires de 2013, étaient valides pour analyser les surfaces du marais.

Tableau 1 : Photographies aériennes utilisées à des fins d’analyses des différents secteurs, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures

Secteur de la rue Moisan (zone anthropisée)		Secteur Est de la rivière Charland (zone anthropisée)		Secteur de l’Université Laval (zone témoin)	
Année	Numéro de la photographie aérienne	Année	Numéro de la photographie aérienne	Année	Numéro de la photographie aérienne
1965	Q65355-142 1965	1979	Q79133-5 1979	1965	Q65355-142 1965
1973	Q73106-53 1973	1987	CUQ87-8 1987	1973	Q73106-53 1973
1979	Q79132-75 1979	2002	Q02711-7 2002	2002	Q02707-29 2002
1986	CUQ86-01-49 1986	2013	Prise de Google Earth	2013	Prise de Google Earth
2013	Prise de Google Earth				

2.2 Identification des sites

Les secteurs à cartographier ou zones d’intérêt ont d’abord été sélectionnés en fonction de la qualité des images disponibles.

La présence de murets et enrochements dans chaque secteur à l’étude a été validée à l’aide du logiciel Google Earth. Au total, trois zones ont été choisies, dont le secteur de la rue Moisan et le secteur Est de la rivière Charland. La troisième zone est un secteur non aménagé dont les terrains appartiennent à l’Université Laval, qui servira aussi de zone témoin pour ce projet (Figure 5).



Figure 5 : Zones à l'étude, batture de Saint-Augustin-de-Desmaures

2.2.1 Secteur Moisan

La première zone, celle du secteur de la rue Moisan, a été sélectionnée en lien avec la présence de plusieurs murets de protection le long du littoral, principalement à l'ouest du secteur (Figure 6). En 1965, environ 370 mètres de murets sont déjà érigés. De 1965 à 1973, d'autres murets (pour un peu plus de 230 mètres) ont été installés, couvrant près de 75% du secteur d'étude. Des enrochements sont aussi visibles sur 175 mètres, centralisés sur un secteur en particulier.



Figure 6 : Aménagements anthropiques sur le secteur de la rue Moisan, batture de Saint-Augustin-de-Desmaures

2.2.2 Secteur Est de la rivière Charland

La rive du second secteur, celui à l'Est de la rivière Charland, comprend plusieurs enrochements (Figure 7). Quelques murets sont aussi visibles sur la zone. Entre 1979 et 2013, des aménagements supplémentaires (murets et enrochements) ont été faits le long du littoral, les enrochements couvrant 190 mètres de longueur, tandis que les murets couvrent 288 mètres de longueur. Le couvert forestier de cette zone empêche cependant d'évoquer à quel moment précis les aménagements ont été implantés dans le secteur, la validation ayant été possible uniquement avec l'aide du logiciel Google Earth.



Figure 7 : Aménagements anthropiques sur le secteur Est de la rivière Charland, batture de Saint-Augustin-de-Desmaures

2.2.3 Secteur de l'Université Laval

Finalement, le secteur de l'Université Laval, qui ne possède aucun aménagement anthropique, a été sélectionné afin de comparer l'évolution des rives aménagées à celles de ce secteur maintenu à l'état naturel au fil des années.

2.3 Analyses cartographiques

L'ensemble des photographies aériennes sélectionnées ont été analysées à l'aide d'ArcGIS, une suite de logiciel d'informations géographiques (SIG), de la compagnie américaine Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI), principalement à l'aide de ArcMap, version 10.2.2.

Le fond de carte utilisé lors des manipulations cartographiques est celui produit par ESRI, se nommant « World Imagery », et est mis à jour à tous les mois. C'est un amalgame de photographies aériennes ainsi que de photos satellitaires, allant d'une résolution de 1 : 591 657 528 à 1 : 1 128. Le système de coordonnées est le « Web Mercator Auxiliary Sphere WKID 102100 »². Les photographies aériennes et les images satellitaires de 2013 prises de Google Earth ont été numérisées et ensuite géoréférencées à ce fond de carte. Des points de contrôles ont été sélectionnés afin d'obtenir une bonne précision; les marges d'erreur sont de 7,8 m pour le secteur de l'Université Laval, 11,2 m pour le secteur de la rue Moisan ainsi que 10 m pour le secteur Est de la rivière Charland.

Les éléments suivants ont été cartographiés : les zones à l'étude, la limite du littoral, la superficie des plages, la superficie du haut marais et du bas marais, les murets et les enrochements et les transects d'analyse pour les trois zones à l'étude.

Deux types d'approches ont été utilisées afin de mesurer les surfaces de la plage et du marais, soit l'approche surfacique et du transect perpendiculaire. L'approche surfacique est la méthode la plus utilisée lors de reconstitution historique pour les marais, car elle permet d'identifier les gains et les pertes de surfaces d'un marais (Moran 2003). Pour la méthode par transect perpendiculaire, celle-ci est considérée comme classique pour calculer le déplacement de marais (Moran, 2003).

2.3.1 Analyse des paramètres

2.3.1.1 Nature des aménagements

Les aménagements anthropiques identifiés sont les murets et les enrochements présents. Ils ont été localisés dans les secteurs à l'étude, soit les secteurs de la rue Moisan et de la rivière Charland. Les enrochements et murets ont été identifiés sur chaque carte par des traits de couleurs variables selon l'année de la photographie. Des couleurs différentes ont été utilisées pour différencier les enrochements des murets présents sur les photographies aériennes les plus anciennes et ceux qui ont été construits ultérieurement.

² Le reste des métadonnées sont disponibles sur internet à l'adresse suivante : <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=10df2279f9684e4a9f6a7f08febac2a9>

2.3.1.2 La limite du littoral et superficie de la plage

La limite du littoral a ensuite été tracée sur l'ensemble des photographies aériennes. La limite du littoral se définit comme étant la localisation sur le terrain de la ligne séparatrice de la terre et de la mer (Sécurité Publique Québec, 2011). Advenant le cas de la présence d'une microfalaise (ayant une hauteur inférieure à 5 mètres), cette limite est placée à l'un de ces deux endroits : à la ligne de rupture de la pente ou à la ligne des hautes mers maximale ou la limite des tempêtes visibles par les débris de bois mort, algues, sables, etc. (Sécurité Publique Québec, 2011) (Figure 8). Sans la microfalaise, la limite du littoral correspond soit à la ligne des hautes eaux, soit à la ligne des hautes mers maximale ou la limite des tempêtes visibles par les débris de bois mort, algues, sables, etc.

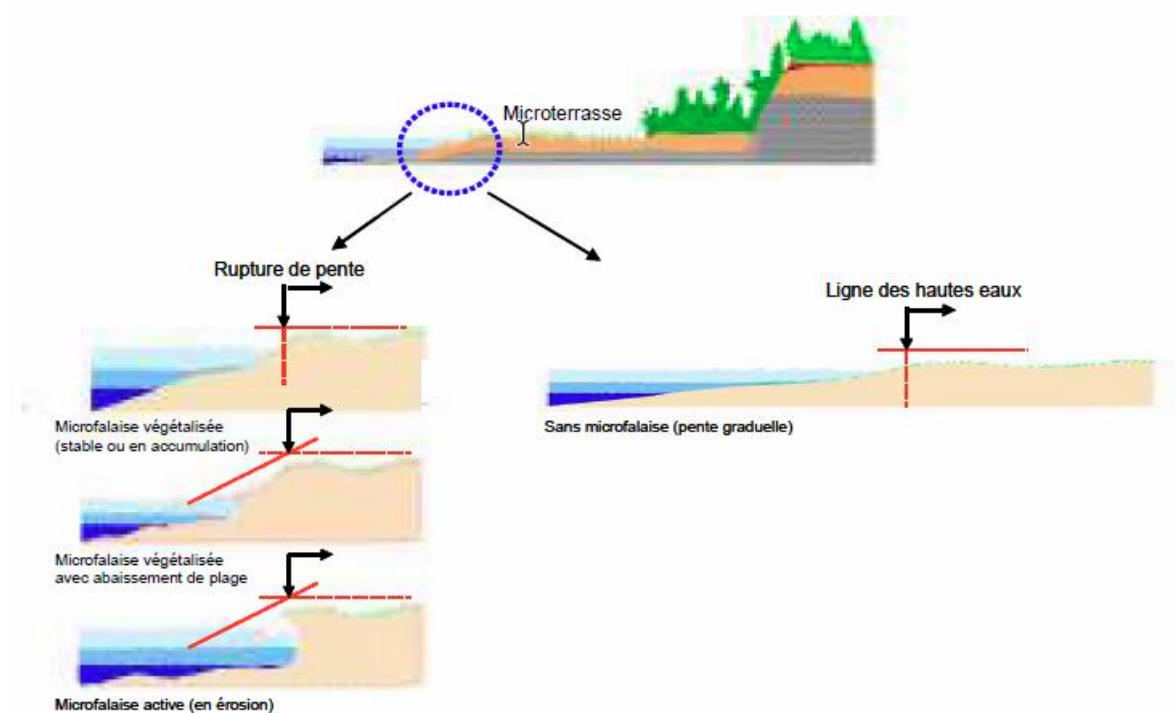


Figure 8 : Illustration de la limite du littoral de côte selon la présence ou l'absence de microfalaise

Au niveau cartographique, pour les secteurs demeurés naturels (sans aménagements anthropiques), la limite du littoral a été identifiée à la limite supérieure (vers les terres) de la plage. En présence d'un aménagement anthropique le long de la rive, la limite du littoral a été dessinée au bas de l'aménagement, au point de contact avec la plage. Puis, une

deuxième ligne a été tracée au bas de la plage pour toutes les photographies aériennes de chaque secteur. Ces lignes ont permis de tracer des polygones représentant la superficie totale de la plage pour chaque secteur. Leur superficie a été calculée avec l'outil « calculateur de champs ».

Afin de documenter l'évolution spatio-temporelle de la superficie de la plage, des traits perpendiculaires à la ligne de la limite du littoral ont été tracés sur chaque photo aérienne. Pour le secteur de la rue Moisan, un total de 28 lignes ont été tracé, 22 chacun pour la zone de la rivière Charland Est et celle de l'Université Laval. Pour les secteurs de la rue Moisan et de la rivière Charland Est, des traits perpendiculaires rapprochés ont été tracés de part et d'autre des aménagements anthropiques dans le but d'analyser l'effet de bout. Les traits perpendiculaires ont ensuite été mesurés à partir de la limite du littoral jusqu'à la limite inférieure de la plage sur l'ensemble des photographies aériennes et satellitaires (Google Earth) disponible pour chacun des secteurs puis rapportée dans une base de données Excel à des fins d'analyses. Ensuite, un taux moyen de l'avancé ou du recul de la largeur des plages a été calculé pour toute la période d'étude, soit pour 1965, 1973, 2002 et 2013 dans le secteur de l'Université Laval, pour 1965, 1973, 1979, 1986 et 2013 dans le secteur de la rue Moisan et pour 1979, 1987, 2002 et 2013 dans le secteur Est de la rivière Charland.

2.3.1.3 La superficie des marais

Le haut et le bas marais ont ensuite été cartographiés de manière surfacique pour les trois secteurs à l'étude. Les analyses portent sur différentes années, soit les années 1973, 2002 et 2013 pour le secteur de l'Université Laval, 1965 et 2013 pour le secteur de la rue Moisan, et de 1979 et 2013 pour le secteur Est de la rivière Charland. Sur les photographies aériennes sélectionnées, le haut marais et le bas marais ont été identifiés et cartographiés afin de délimiter chaque secteur. Le haut marais a été délimité sur les photographies aériennes par les zones avec des teintes de gris plus foncé représentant la végétation, tandis que le bas marais a été délimité par les zones de teintes plus pâles. Cependant, sur les photographies aériennes disponibles pour le secteur Est de la rivière Charland, il a été impossible de différencier le haut marais du bas marais. Par conséquent, le haut et le bas marais ont été analysés conjointement. Leur superficie a été calculée avec l'outil « calculateur de champs » dans ArcGIS. Afin de documenter l'évolution spatio-temporelle

de la superficie du marais, des traits perpendiculaires à la ligne de la limite du littoral ont été tracés sur chaque photo aérienne. Trois traits par secteur ont été tracés sur les zones d'intérêts afin de couvrir la superficie du marais. Suite à ces manipulations cartographiques, la longueur des traits, qui correspond à la distance entre la limite du littoral et la limite inférieure du bas marais et du haut marais, a été mesurée pour les trois secteurs à l'étude, et les résultats ont été rapportés dans une base de données Excel. Ensuite, un taux moyen de l'avancée ou du recul par rapport à la largeur du haut et du bas marais a été calculé pour toute la période d'étude, soit pour 1973, 2002 et 2013 dans le secteur de l'Université Laval, pour 1965 et 2013 dans le secteur de la rue Moisan ainsi que pour 1979 et 2013 pour le secteur Est de la rivière Charland.

Chapitre 3 : Résultats

Dans cette section, les résultats sont présentés sous forme de cartes et d'analyses graphiques. Dans un premier temps, les analyses effectuées dans la zone témoin, celle de l'Université Laval, sont présentées, puis suivent celles du secteur de la rue Moisan et du secteur Est de la rivière Charland. Les évolutions spatio-temporelles des superficies des plages et des marais sont présentées pour chaque secteur d'étude, effectuées via d'analyses surfaciques et par transects.

3.1 Secteur de l'Université Laval

Le secteur de l'Université Laval, la zone témoin, a été analysé à partir de 3 jeux de photographies aériennes, datant de 1965, 1973 et 2002, ainsi qu'une photographie satellitaire datant de 2013, prise avec l'aide du logiciel Google Earth.

3.1.1 Évolution de la plage

L'analyse de la zone témoin montre que la superficie de ce secteur non anthropisé augmente dans le temps (Figure 9 et Figure 10). En 1965, la superficie de la plage dans la zone témoin était de $17\,166\text{ m}^2$, tandis qu'en 2013, elle était de $19\,857\text{ m}^2$, une augmentation de l'ordre de $2\,691\text{ m}^2$ en 48 ans. L'augmentation la plus importante est survenue entre 1965 et 1973 : de $17\,166\text{ m}^2$ à $21\,834\text{ m}^2$, une augmentation de l'ordre de 27,19%. Toutefois, entre 1973 et 2002, la superficie a diminué de $21\,834\text{ m}^2$ à $20\,063\text{ m}^2$ (une diminution de 8,1%), de même qu'entre 2002 et 2013, passant de $20\,063\text{ m}^2$ à $19\,857\text{ m}^2$.

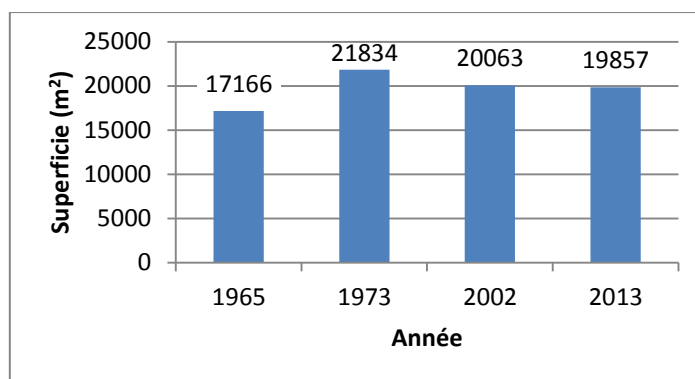


Figure 9: Superficie de la plage du secteur de l'Université Laval, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures



Figure 10 : Évolution de la superficie de la plage du secteur de l'Université Laval (zone témoin), battures de Saint-Augustin-de-Desmaures, entre 1965 (en haut) et 2013 (en bas)

L'évolution de la limite inférieure de la plage a été mesurée à 22 endroits afin de documenter et d'identifier les secteurs où il y a avancée ou recul de celle-ci (Figure 11 et Figure 12) (Tableau 2). À l'extrémité est de la zone à l'étude, on note l'absence de la plage sur la photographie satellitaire de Google Earth, datant de 2013; cependant, une validation terrain serait requise afin de s'assurer de cette information. Toutes les années confondues, la distance du bas de la place par rapport à la limite du littoral varie entre 0 m (min.) et 40,35 (max.). En 1965, la largeur de la plage varie entre 0 m (min.) et 33,65 m (max.), et de 9,25 m (min.) et 37,77 m (max.) pour 1973. En 8 ans, les taux d'accumulation ou de diminution ont varié entre -0,28 m/an à 2,5 m/an, avec une moyenne globale d'augmentation de 0,82 m/an. En 2002, la largeur de la plage était entre 2,13 m (min.) et 37,58 m (max.), tandis qu'en 2013, celle-ci variait entre 0 m (min.) à 40,35 m (max.). En 11 ans, les taux d'accumulation ou de diminution de la largeur de la plage ont varié entre -18,36 m/an et 8,01 m/an, pour une moyenne globale d'augmentation de 0,36 m/an. Entre 1965 et 2013, la longueur des profils mesurés entre le haut et le bas de la plage varie de 0 m (min.) à 33,65 mètres (max.) en 1965, et de 0 (min.) à 40,35 mètres (max.), en 2013, avec une marge d'erreur de 7,8 m. De 1965 à 2013, la largeur moyenne de la plage a varié de -0,08 m/an à 0,30 m/an, pour une moyenne globale d'augmentation de 0,11 m/an sur 48 ans. Les accrétions les plus importantes ont été mesurées entre les transects 8 à 12, ainsi que sur les transects 14, 15 et 17, avec des augmentations de 6,95 m au transect 17 à un maximum de 14,7 m pour le transect 10.



Figure 11 : Position des transects pour calculer la largeur de la plage dans le secteur de l'Université Laval, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures

Tableau 2 : Évolution de la largeur de la plage, entre 1965 et 2013, secteur de l'Université Laval, d'ouest en est (mètre).

Numéro du transect	1965	1973	2002	2013
1	33,65	37,77	37,58	34
2	27,14	26,8	31,88	32,83
3	28,25	34,48	35,7	40,35
4	23,19	24,4	29,51	30,2
5	17,81	37,24	22,3	16,19
6	15,85	36,6	21,79	11,54
7	21,77	31,41	19,89	18,87
8	10,88	9,91	16,85	23,91
9	2,32	5,54	9,21	10,24
10	0,74	18,32	13,69	15,46
11	0	14,92	2,13	10,14
12	14,76	22,32	21,61	24,56
13	18,53	19,84	19,92	20,69
14	13,78	31,9	14,89	24,62
15	9,43	14,29	14,57	17,52
16	21,16	18,87	23,14	25,04
17	10,25	12,92	14,67	17,2
18	10,76	9,25	15,27	21,11
19	17,62	16,39	18,36	0
20	14,28	20,59	5,46	1,12
21	6,58	N.D.	N.D.	N.D.
22	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

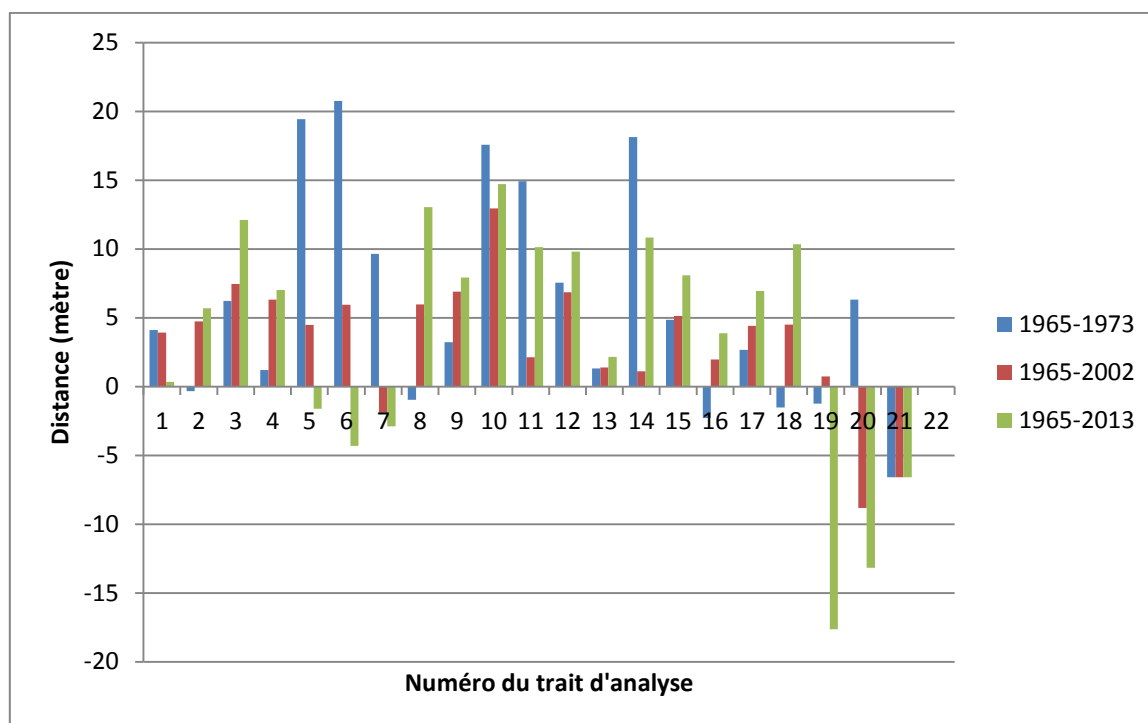


Figure 12: Variations temporelles de la largeur de la plage pour le secteur témoin, secteur de l'Université Laval, entre 1965 et 1973, 1965 et 2002, 1965 et 2013, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures

3.1.2. Évolution du marais

La superficie du marais présent sur la zone témoin a été évaluée pour les années 1973, 2002 et 2013 (40 ans). Les résultats montrent que la superficie totale du marais n'a pratiquement pas changé au cours de la période de 1973 à 2013, passant de 337 026 m² en 1973 à 326 728 m² en 2013, une diminution de 10 298 m² (3%) sur l'espace de 40 ans. Les résultats montrent que la superficie du haut marais augmente graduellement entre 1973 (151 408 m²) et 2013 (190 832 m²) de 21%, tandis que celle du bas marais diminue au cours de la même période (Figure 13 et Figure 14). Pour la même période, la superficie du bas marais est passée de 190 832 m² en 1973 à 135 896 m² pour 2013; une diminution de 27%. En 2002, la superficie des deux zones s'approche l'une de l'autre, soit 158 674 m² dans le haut marais et 167 687 m² dans le bas marais.

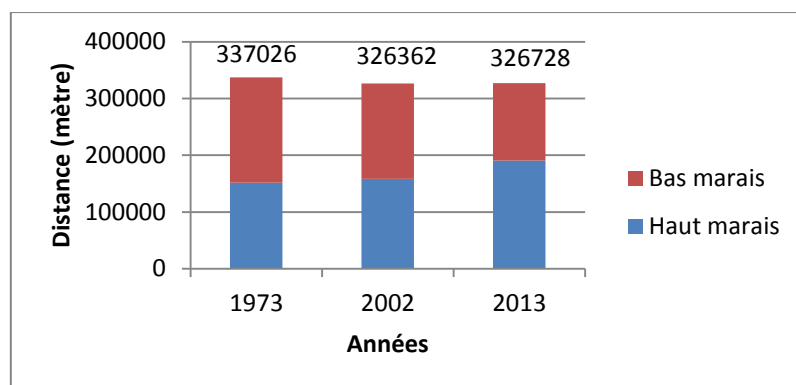


Figure 13 : Comparaison des superficies du haut et du bas marais du secteur de l'Université Laval, années 1973, 2002 et 2013, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures

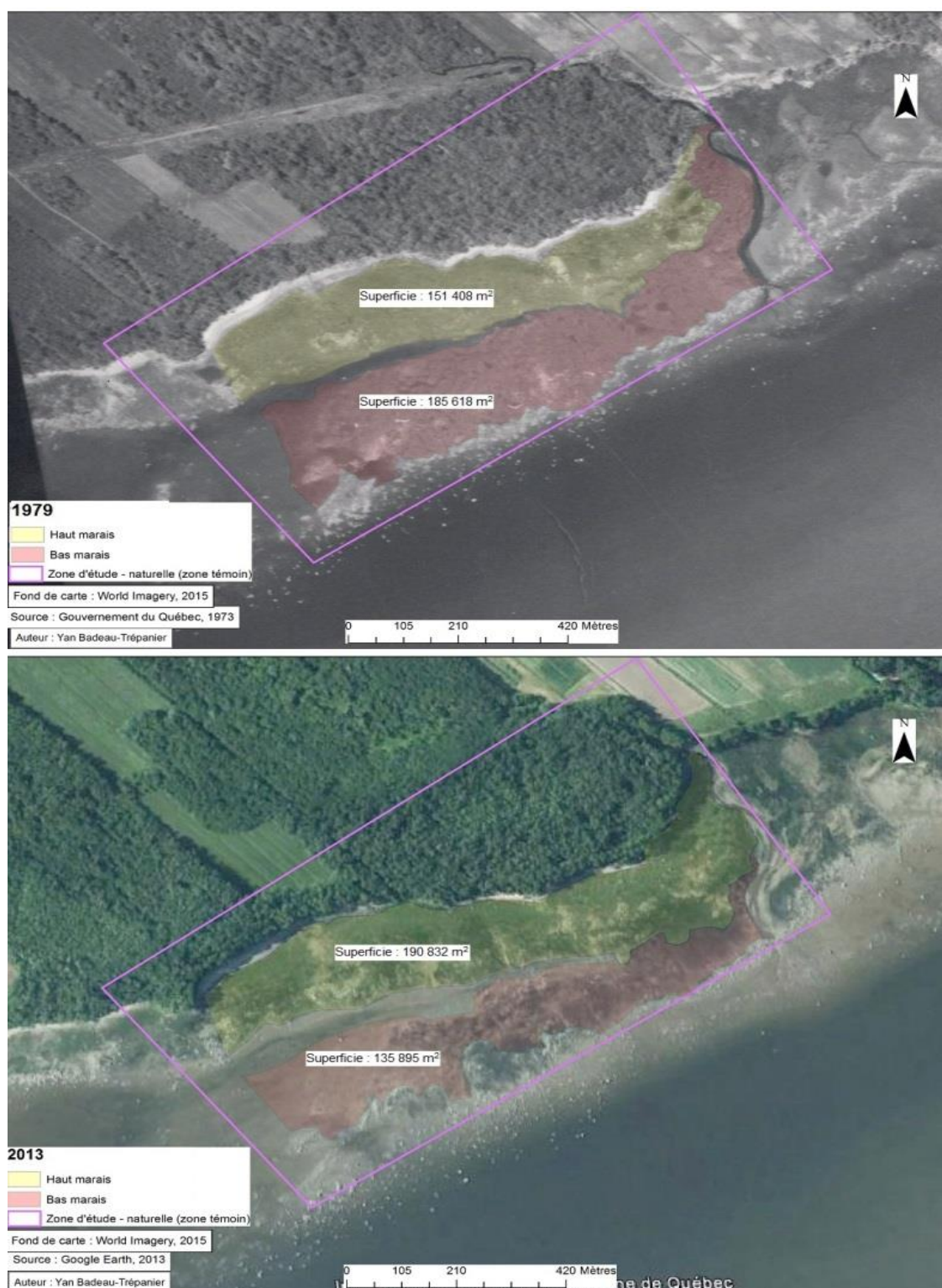


Figure 14 : Évolution de la superficie du haut et du bas marais du secteur de l'Université Laval (zone témoin), battures de Saint-Augustin-de-Desmaures, entre 1973 et 2013

L'évolution temporelle de la largeur du bas marais a été mesurée à 3 endroits à l'aide de transects tracés perpendiculairement à la limite du littoral (Figure 15) (

Tableau 3). Le taux moyen de l'évolution de la largeur du bas marais pour l'ensemble des transects est de -0,50 m/an. Au niveau du transect 1, celui le plus à l'ouest, on obtient un gain de 8,89 m entre 1973 et 2013 (0,22 m/an en moyenne) alors que pour transect 2 et 3, on observe plutôt une évolution de l'ordre de -6,2 m et de -62,8 m, respectivement, au cours de cette période, soit un recul de 0,15 m/an et 1,57 m/an, respectivement.



Figure 15 : Position des transects pour calculer la largeur du marais dans le secteur de l'Université Laval, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures

Tableau 3 : Évolution de la largeur du schorre supérieur et du schorre inférieur entre 1973 et 2013, secteur de l'Université Laval, d'ouest en est (mètre)

	1973			2002			2013		
Numéro du transect	Schorre sup.	Schorre inf.	Total	Schorre sup.	Schorre inf.	Total	Schorre sup.	Schorre inf.	Total
1	162	174	336	166	169	335	176	147	323
2	172	86	258	163	98	261	196	93	289
3	104	137	241	106	130	236	215	89	304

3.2 Secteur de la rue Moisan

L'analyse spatio-temporelle du secteur de la rue Moisan a été effectuée sur des photographies aériennes datant de 1965, 1973, 1979 et 1986, de même qu'une photographie satellitaire datant de 2013, provenant de Google Earth.

3.2.1 Évolution de la plage

La superficie de la plage présente dans ce secteur a été analysée sur l'ensemble des photographies aériennes disponibles, c'est-à-dire 1965, 1973, 1979 et 1986, ainsi que sur la photographie satellitaire de 2013. De façon générale, on note que la superficie de la plage a diminué de 1965 à 1979, puis augmente jusqu'en 2013, mais constitue une perte globale de superficie par rapport à 1965 (Figure 16 et Figure 17). En effet, en 1965, la superficie de la plage était de 17 305 m², comparativement à 9 181 m² en 2013, ce qui représente une diminution de 46,95% de la superficie totale de la plage. C'est entre 1973 et 1979 que s'effectue la plus grande perte de superficie de la plage, passant de 14 988 m² à 6 379 m², une perte de 57% de superficie, soit en moyenne 1 435 m²/an.

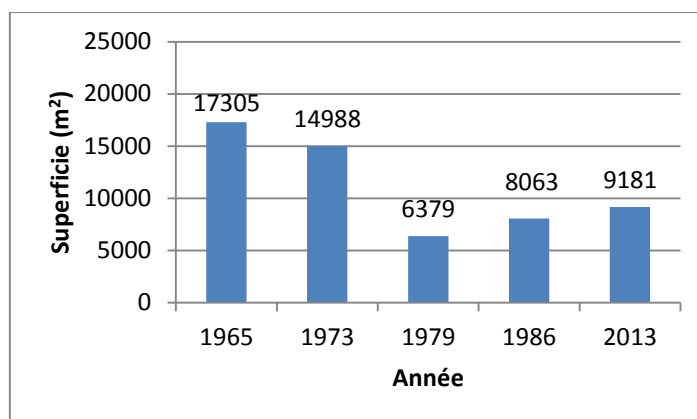


Figure 16 : Évolution de la superficie de la plage du secteur de la rue Moisan, batture de Saint-Augustin-de-Desmaures



Figure 17: Évolution de la superficie de la plage du secteur de la rue Moisan, entre 1965 et 2013, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures

Dans le but d'analyser l'évolution de la largeur de la plage, 24 transects ont été positionnés perpendiculairement par rapport à la côte (Figure 18 et Figure 19) (Tableau 4). Sur ces 24 transects, 8 d'entre eux ont été placés aux extrémités est et ouest (les transects 9 à 13 à l'ouest, les transects 17 à 19 à l'est) des murets présents en 1965 dans le but d'évaluer s'il y a ou non un effet de bout. Toutes les années confondues, la distance par rapport à la limite du littoral de 1965 va de -21,0 (min.) m à 62,1 m (max.), avec une marge d'erreur de 11,2 m. En 1965, la largeur de la plage varie entre 0 m et 58,3 m de la limite du littoral alors qu'au niveau des 8 transects situés extrémités des aménagements, la largeur varie entre 0 m (min.) et 16,6 m (max.). En 2013, la largeur de la plage se situe entre -21,0 m à 17,5 m par rapport à la limite du littoral; pour les 8 transects aux extrémités des aménagements, ces limites se retrouvent entre 7,06 m (min.) et 17,5 m (max.). En moyenne, la différence de la largeur de la plage est de -0,19 m/an pour l'ensemble de la plage.

Pour les 8 transects servant à déterminer la présence ou non de l'effet de bout, les valeurs vont de -6,6 m (min.) à 8,2 m (max.), avec une faible moyenne d'accumulation (0,001 m/an) (Figure 20). Pour les 16 autres transects de ce secteur, la moyenne est de -0,27 m/an. C'est en 1979 que les valeurs minimum ont été enregistrées : la largeur de la plage varie de 1,6 m (min.) à 22 m (max.) dans sa partie la plus large. Par rapport à 1965, la largeur de la plage est en moyenne -8,6 mètres plus rapproché de la limite du littoral. En 2013, il faut cependant prendre en considération deux valeurs importantes, soit -79,53 m (avec un taux de -1,65 m/an) et -47,93 m (taux de -1 m/an) par rapport à celle de 1965, à l'est du secteur, à l'endroit où une avancé prononcé de la côte vers le littoral est visible. À l'exception de ces valeurs, les taux de recul sont plus forts dans la partie ouest du secteur entre 1965 et 2013.



Figure 18 : Position des transects pour calculer la largeur de la plage dans le secteur de la rue Moisan, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures

Tableau 4 : Évolution la largeur de la plage entre 1965 et 2013, secteur de la rue Moisan, d'ouest en est (mètres). Les chiffres soulignés signifient que le transect a été tracé à l'emplacement d'un muret et les chiffres en gras à l'emplacement d'un enrochement.

Numéro du transect	1965	1973	1979	1986	2013
1	12,42	14,79	11,79	7,50	1,08
2	16,11	14,98	4,95	7,76	5,45
<u>3</u>	16,52	15,35	4,4	5,14	4,92
<u>4</u>	17,79	14,67	4,42	5,14	6,88
<u>5</u>	17,23	5,60	3,31	4,08	5,52
<u>6</u>	14,49	4,91	1,38	4,44	6,46
<u>7</u>	16,27	5,38	1,70	6,02	9,27
<u>8</u>	11,88	7,00	1,66	12,17	8,37
<u>9</u>	14,10	10,93	4,25	8,55	7,49
10	2,99	5,29	3,96	8,11	8,01
<u>11</u>	15,38	20,52	8,53	10,96	17,54
<u>12</u>	13,15	18,35	5,80	5,43	15,50
<u>13</u>	16,64	17,96	6,10	8,61	13,09
14	13,50	13,71	7,39	9,63	8,6
15	6,04	13,78	7,29	8,26	4,39
16	0	0	3,43	5,46	5,93
17	0	0	2,67	-0,2	8,20
18	12,14	8,60	5,18	7,22	10,39
<u>19</u>	12,36	6,72	3,71	6,37	7,05
<u>20</u>	9,47	10,60	3,22	7,62	9,57
21	43,12	30,94	17,75	7,21	-4,81
22	58,34	62,07	22,22	18,45	-21,23
23	5,55	15,33	1,58	7,42	3,70
24	13,83	20,39	14,75	10,50	4,45

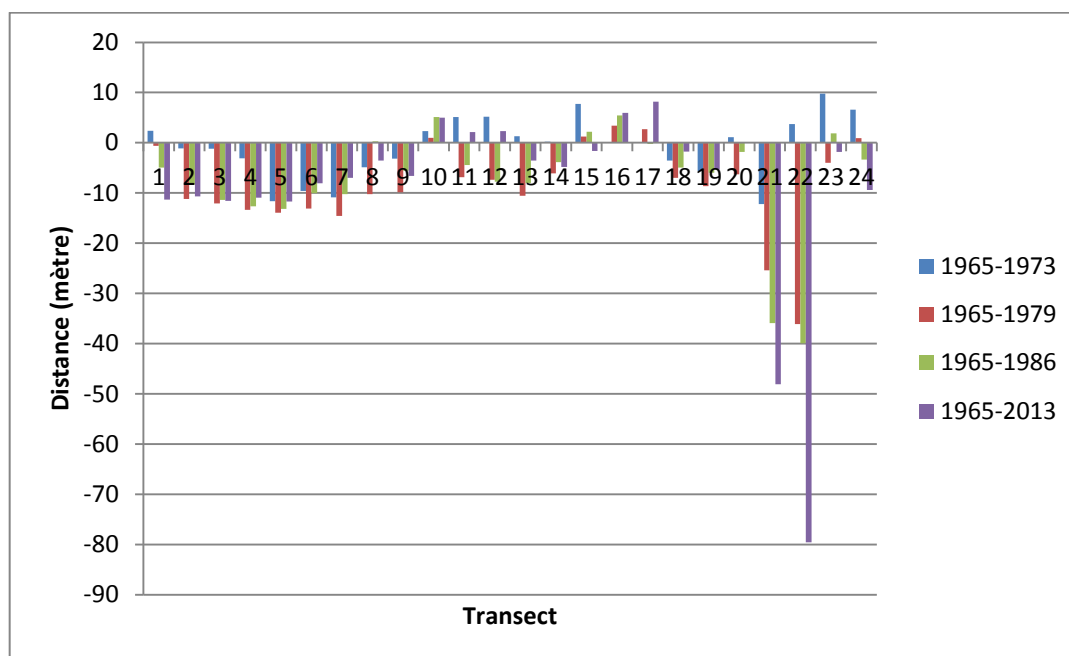


Figure 19 : Variation temporelle de la largeur de la plage, entre 1965 et 1973, 1965 et 1979, 1965 et 1986, 1965 et 2013, secteur de la rue Moisan, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures

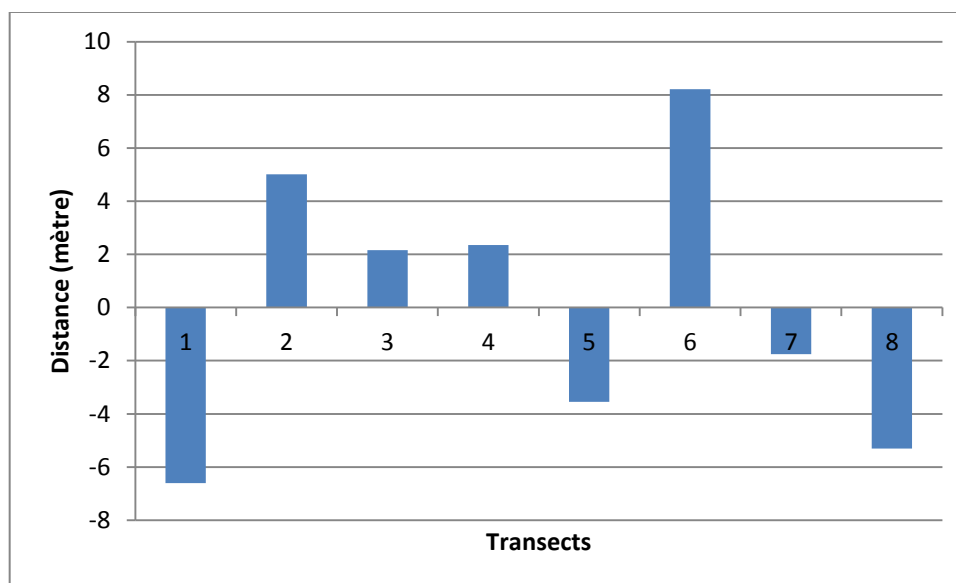


Figure 20 : Évolution de la largeur de la plage pour les 8 transects calculés pour l'effet de bout, secteur de la rue Moisan, entre 1965 et 2013, batture de Saint-Augustin-de-Desmaures

3.2.2 Évolution du marais

L'analyse cartographique spatio-temporelle du marais du secteur de la rue Moisan a été faite sur la photographie aérienne de 1965, ainsi que la photographie satellitaire de 2013, de manière surfacique. Cette analyse n'a été faite que sur ces deux années étant donnée l'impossibilité d'identifier avec précision le haut et le bas marais sur les autres photographies. Au cours de cette période, la superficie totale du marais est passée de 310 472 m² à 285 811 m², une diminution globale de 7,95%. Les résultats montrent qu'il y a une perte de superficie, tant au niveau du haut marais que du bas marais, entre ces deux années (Figure 21 et Figure 22). Le haut marais passe d'une superficie de 215 526 m² en 1965, à de 203 829 m² en 2013 ce qui équivaut à une diminution de 5,5%. Le même phénomène est observé sur le bas marais, qui passe d'une superficie de 94 946 m² en 1965 à 81 982 m² en 2013 (une diminution de 11,1%).

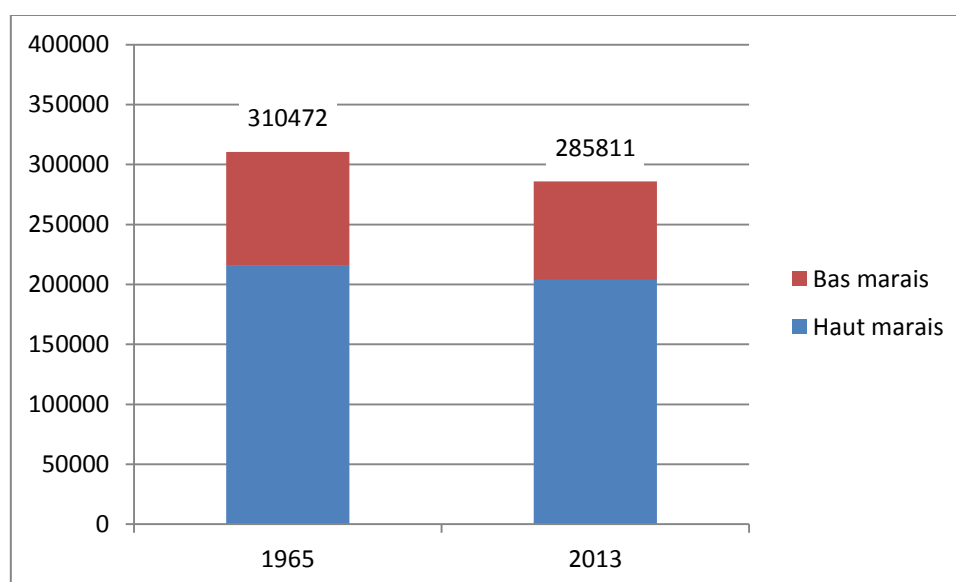


Figure 21 : Évolution de la superficie du haut et du bas marais du secteur de la rue Moisan, années 1965 et 2013, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures



Figure 22 : Évolution de la superficie du haut et du bas marais du secteur de la rue Moisan, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures, entre 1973 et 2013

Dans le but d'analyser l'évolution la largeur du bas marais pour ce secteur, 3 transects perpendiculaires à la côte ont été tracés (Figure 23) (Tableau 5). Le taux moyen pour les 3 transects est une augmentation de 0,57 m/an sur 48 ans. Pour le transect 1, celui le plus à l'ouest, un recul de 0,88 m est observé pour la période allant de 1965 à 2013, ce qui donne une moyenne de -0,02 m/an. Pour le transect 2, on observe plutôt une avancée de 43,3 m avec une moyenne d'avancé de 0,90 m/an, tandis que pour le transect 3, l'avancée se chiffre à 40,4 m, pour une moyenne de 0,84 m/an.



Figure 23 : Position des transects pour calculer la largeur du marais dans le secteur de la rue Moisan, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures

Tableau 5 : Évolution de la largeur du schorre supérieur et du schorre inférieur entre 1973 et 2013, secteur de l'Université Laval, d'ouest en est (mètre)

Numéro du transect	1965			2013		
	Schorre sup.	Schorre inf.	Total	Schorre sup.	Schorre inf.	Total
1	234	151	385	144	242	386
2	252	117	369	272	53	325
3	294	43	337	271	25	296

3.3 Secteur de la rivière Charland-Est

Le secteur Est de la rivière Charland a été analysé à l'aide de 3 jeux de photographies aériennes datant de 1979, 1987 et 2002, ainsi que d'une photographie satellitaire datant de 2013.

3.3.1 Évolution de la plage

L'évolution de la superficie de la plage dans le secteur de la rivière Charland-Est a été analysée sur les photographies aériennes allant de 1979 à 2002, ainsi que sur une photographie satellitaire, datant de 2013 (Figure 24 et Figure 25). Les résultats montrent que la superficie de la plage passe de 7 772 m² en 1979 à 6 162 m² en 2013, ce qui représente une diminution de superficie de 1 609 m² (20,7% en 34 ans). La perte de plage semble s'amorcer en 1987, moment où la superficie de la plage est à son maximum à 11 278 m², et se poursuivre jusqu'en 2013, avec une superficie de 6 162 m² (une diminution 45,2% de la superficie de la plage).

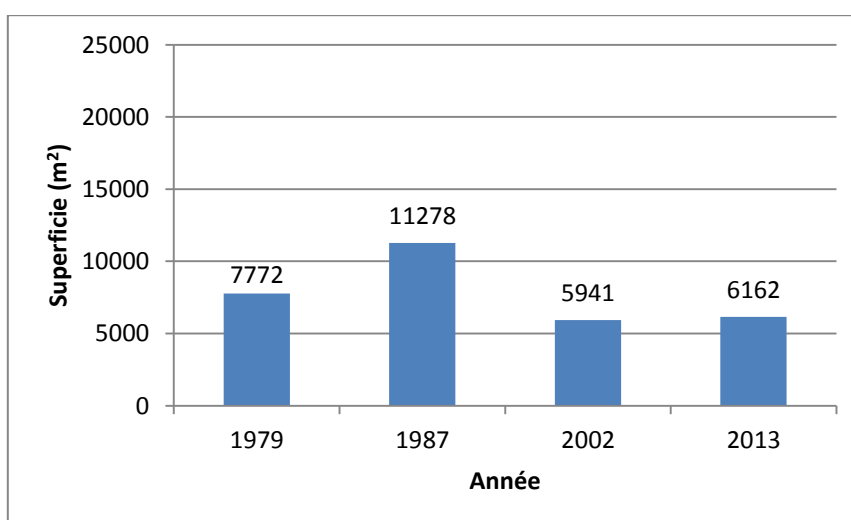


Figure 24 : Évolution de la superficie de la plage du secteur Est de la rivière Charland, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures



Figure 25 : Évolution de la superficie de la plage du secteur Est de la rivière Charland, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures, entre 1979 (en haut) et 2013 (en bas)

L'évolution de la largeur de la plage a été calculée sur 22 transects pour l'ensemble des photographies aériennes disponibles et de la photographie satellitaire (Figure 26 et Figure 27) (Tableau 6). Sur ces 22 transects, 5 d'entre eux ont été placés de part et d'autre des murets présents en 1979 (transect 5 et 6 à l'ouest, transect 10, 11 et 12 à l'est) afin de mesurer l'effet de bout. Toutes années confondues, la largeur de plage a varié de -9 m (min.) à 31,7 m (max.). En 1979, la largeur de la plage varie entre 1,3 m (min.) et 31,7 m (max.) de la limite du littoral, tandis qu'au niveau des 5 transects aux extrémités des aménagements, cette limite varie entre 8,1 m (min.) à 21,1 m (max.). C'est en 1987 que la plage possède la plus grande superficie, avec la largeur de la plage qui varie entre 6,1 m (min.) et 31,3 m (max.), une moyenne d'accrétion de 5,6 m/an sur 8 ans. En 2002, la superficie de la plage est la moins élevée des années analysées. La largeur de la plage varie entre -13,5 m (min.) et 29,6 m (min.), avec une moyenne de -4,2 m/an sur 23 ans. En 2013, la largeur de la plage varie entre -4,2 m (min.) et 26,3 m (max.) par rapport à la limite du littoral, alors que pour les 5 transects au bout des aménagements, ces limites se retrouvent entre 4,9 m (min.) et 23,7 m (max.). En moyenne, la différence entre la limite inférieure de la plage et de la limite du littoral est de -0,07 m/an pour 34 ans.

Pour les 5 transects servant à déterminer l'importance de l'effet de bout, l'évolution du bas de la plage varie de -14,21 m à 6,07 m par rapport aux valeurs de 1979, pour une moyenne de -0,11 m/an, pour 34 ans (Figure 28). Pour les 17 autres transects, les valeurs vont de -18,72 m à 4,5 m, pour une moyenne de -0,06 m/an. De manière générale, les taux d'avancé de la plage se retrouvent principalement dans la partie ouest de la plage, tandis que le reste de celle-ci est en recul.



Figure 26 : Position des transects pour calculer la largeur de la plage dans le secteur Est de la rivière Charland, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures

Tableau 6 : Évolution de la largeur de la plage, entre 1979 et 2013, secteur Est de la rivière Charland, d'ouest en est (mètres). Les chiffres soulignés signifient que le transect a été tracé à l'emplacement d'un muret et les chiffres en gras à l'emplacement d'un enrochement.

Numéro du transect	1979	1987	2002	2013
<u>1</u>	1,30	15	-9,04	5,80
2	4,09	13,31	-4,72	5,90
3	1,07	10,65	-13,45	0,56
4	2,23	16,94	11,57	-4,24
<u>5</u>	8,08	22,18	6,8	4,87
<u>6</u>	9,78	21,05	6,66	7,40
<u>7</u>	8,80	19,1	4,46	5,8
<u>8</u>	2,52	7,81	1,68	2,47
<u>9</u>	18,7	20,21	4,64	0
<u>10</u>	21,18	30,03	11,28	6,97
<u>11</u>	17,62	25,19	11,73	23,69
12	17,87	25,75	15,44	13,06
13	14,86	18,65	12,89	13,15
14	31,73	31,34	29,63	26,26
15	18,63	18,96	16,25	17,56
16	9,3	14,77	13,97	11,21
17	4,74	9,80	4,12	5,09
18	7,37	8,41	0,17	6,47
19	4,87	10,28	2,82	4,20
20	8,06	6,09	2,81	5,39
21	13,13	13,23	7,76	11,31
<u>22</u>	18,72	20,34	13,9	18,59

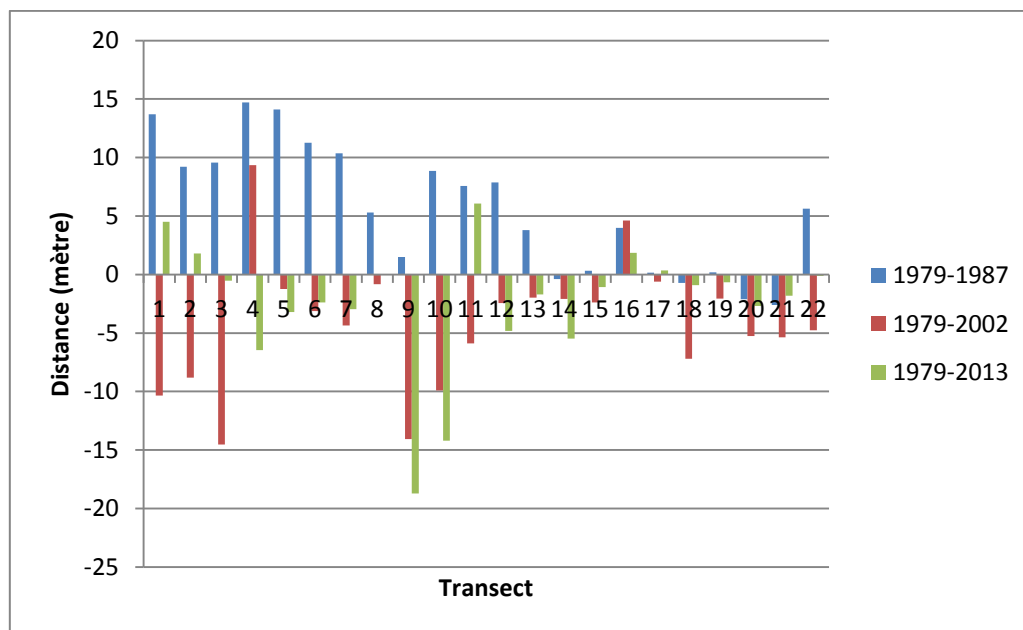


Figure 27 : Variation de la largeur de la plage, secteur de la rue Charland Est, entre 1979 et 1987, 1979 et 2002, 1979 et 2013, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures

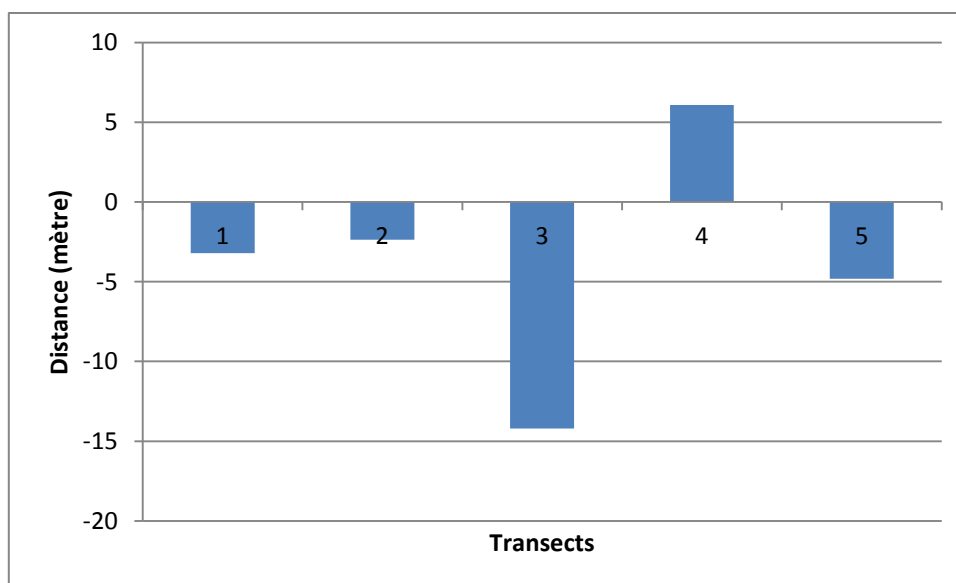


Figure 28 : Évolution de la limite inférieure de la plage pour les 5 transects calculés pour l'effet de bout, secteur Est de la rivière Charland, entre 1965 et 2013, batture de Saint-Augustin-de-Desmaures

3.3.2. Évolution du marais

L'évolution de la superficie du marais du secteur Est de la rivière Charland a été mesurée pour les années 1979 et 2013, étant donnée l'impossibilité d'identifier avec précision le haut et le bas marais sur les autres photographies. Une particularité est notable pour ce secteur, car la qualité de la photographie aérienne utilisée pour l'année 1979 ne permettait pas d'identifier précisément le haut et le bas marais. Conséquemment, le haut et le bas marais pour l'année 2013 ont été analysés conjointement aux fins de comparaison avec le marais de 1979. Les résultats montrent une augmentation de superficie du marais entre 1979 et 2013 (Figure 29 et Figure 30). En 1979, la superficie du marais était de 89 772 m², comparativement à 96 107 m² en 2013, soit une augmentation de l'ordre de 6,5%.

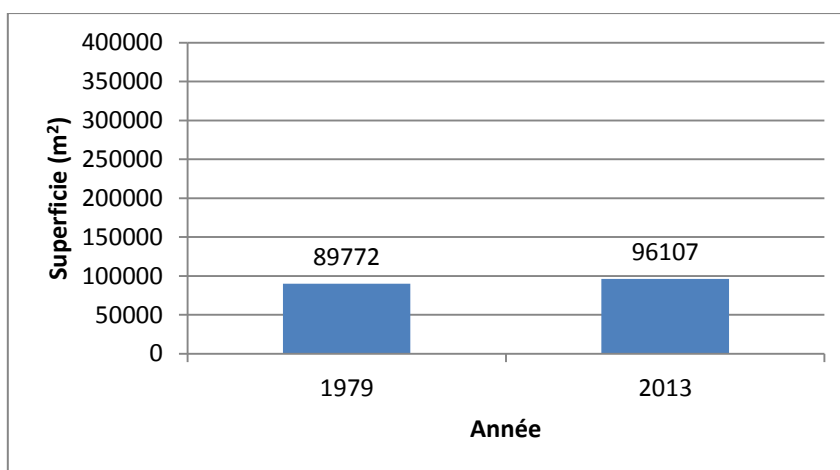


Figure 29 : Évolution de superficie totale du marais du secteur Est de la rivière Charland, pour les années 1973 et 2013, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures

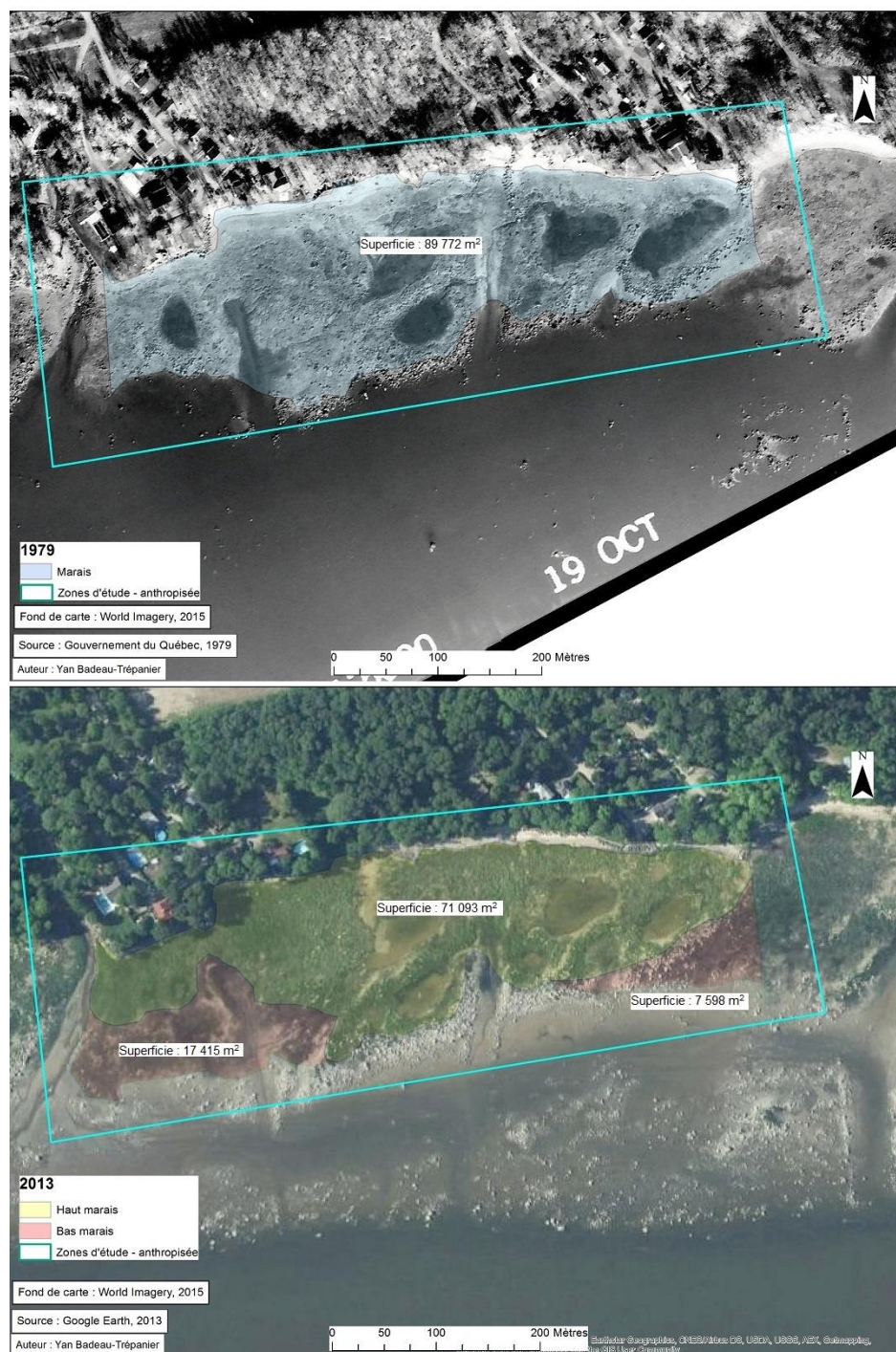


Figure 30 : Évolution de la superficie du marais dans le secteur Est de la rivière Charland, entre 1973 (en haut) et 2013 (en bas), battures de Saint-Augustin-de-Desmaures

L'évolution de la largeur du marais, pour 1979, et du bas marais, pour 2013, a été mesurée à 3 endroits (Figure 31) (Tableau 7). Au niveau du transect 1, celui à l'ouest, et du transect 3, à l'est, les analyses montrent un recul de l'ordre de 20 m (0,59 m/an) et de 5 m (0,14 m/an) sont visible entre 1979 et 2013. Pour le transect 2, un gain de l'ordre de 7,08 m par rapport à la limite du littoral a été calculé, pour une moyenne de 0,20 m/an, sur l'espace de 34 ans.



Figure 31 : Position des transects pour calculer la largeur du marais dans le secteur Est de la rivière Charland, battures de Saint-Augustin-de-Desmaures

Tableau 7 : Évolution de la largeur du schorre supérieur et du schorre inférieur entre 1973 et 2013, secteur la rivière Charland Est, d'ouest en est (mètre)

	1979	2013
Numéro du transect	Schorre	Schorre
1	112,67	132,72
2	184,15	177,07
3	122,33	127,12

Chapitre 4 : Discussion

4.1 Évolution de la superficie des plages

La superficie des plages dans les 3 secteurs a évolué différemment. Tout d'abord, la plage de la zone témoin a connu une progression de l'ordre de 15,7% de sa superficie, entre 1965 et 2013. Il faut cependant noter que depuis 1973, la superficie de la plage de l'Université Laval (étant de 21 834,17 m²) est en diminution : une perte de 1 976,78 m², soit 9,05%. Les pertes de superficies sont mesurées principalement dans la partie Est de ce secteur, endroit où la plage était initialement présente, mais qui semble avoir disparu au fil des années. Cependant, une validation de terrain serait requise afin de confirmer l'absence de la plage dans le secteur, qui pourrait être possiblement dû à l'ombrage de l'image satellitaire qui empêche de voir convenablement l'entièreté de ce secteur. La configuration sud-ouest – nord-est du secteur est plus prononcée que le reste de la zone d'étude. On peut supposer que les processus d'érosion et de transport ont été plus actifs dans cette partie de la plage due à cette configuration. Ce même constat est fait par Bhiry et al. (2013) au marais du parc du Haut-fond.

Pour la même période de temps (1965 et 2013), la superficie de la plage des deux autres secteurs, celui de la rue Moisan ainsi que celle du secteur Est de la rivière Charland, a diminué de 46,95% et de 20,7%, respectivement. En comparant ces résultats avec ceux de la zone témoin, on peut supposer que les aménagements anthropiques exercent un effet négatif sur la plage. Aucun effet de bout des aménagements anthropiques n'est observé dans le secteur de la rue Moisan, mais ce phénomène peut être explicable par l'implantation d'aménagements supplémentaires entre 1965 et 1973 qui sont venus combler presque l'entièreté des rives du littoral étant anciennement naturelles, réduisant les possibilités de l'effet de bout. De 1979 à 2013, la plage du secteur de la rue Moisan a connu un gain de superficie de l'ordre de 43,92%.

Par contre, l'effet de bout est notable pour la plage du secteur Est de la rivière Charland où l'érosion se fait plus rapidement aux extrémités des aménagements anthropiques que sur le reste de la zone (-0,11m/an en moyenne sur 34 ans de recul de la plage contre -0,06m/an sur 34 ans pour le reste de la zone). Il faut cependant noter qu'une carrière de sable est

localisée à proximité du secteur Est de la rivière Charland. Lors des périodes de fortes pluies et de tempêtes, les sédiments de la carrière de sable sont transportés et, possiblement, peuvent être redistribués sur les rives du littoral. Il est possible que cet apport additionnel de sédiments vienne diminuer l'érosion de ce secteur. Au niveau des transects 20 à 22 de ce secteur, qui sont voisins de la carrière de sable, il est possible de remarquer que les données sont sensiblement identiques pour 1979 et 2013 (tableau 6).

Avec l'intensification des changements climatiques prévus pour le prochain siècle, notamment l'augmentation de l'intensité et de la fréquence des tempêtes (IPCC, 2007), les plages se retrouvent en situation précaire. Au rythme actuel de diminution des superficies calculées pour les secteurs de la rue Moisan ainsi que le secteur Est de la rivière Charland (-0,19 m/an et -0,07 m/an, respectivement), on peut supposer que d'ici 100 ans, la plage du secteur de la rue Moisan soit complètement disparue, tandis que celle du secteur Est de la rivière Charland montre une diminution de superficie de l'ordre d'environ 60%.

4.2 Évolution de la superficie des marais

Les résultats n'ont pas démontré de différences significatives dans l'évolution de la superficie des marais entre la zone témoin (le secteur de l'Université Laval), le secteur de la rue Moisan et celui de la rivière Charland Est.

Le marais du secteur de l'Université Laval, notre zone témoin, comporte une légère baisse de superficie totale (337 026 m² contre 326 728 km²), qui peut être explicable par la marge d'erreur cartographique (de l'ordre de 7,8 m), suggérant une stabilité de la superficie totale du marais. Toutefois, entre 1973 et 2013, le haut marais gagne en superficie tandis que le bas marais est en diminution. Cette transition suggère une diminution de l'érosion sur ce secteur. L'implantation d'espèces végétales sur le haut marais vient stabiliser les sédiments, faisant diminuer la superficie du bas marais.

Pour le secteur de la rue Moisan, caractérisé par la présence de murets, les résultats montrent une diminution de la superficie totale du marais. Toutefois, cette diminution n'est que de 7,95% (perte de 24 611 m²). Lors du calcul relatif aux 3 transects tracés par rapport à la largeur du marais, 2 des 3 résultats notaient une diminution de la largeur de celui-ci.

Cette différence peut être expliquée par la marge d'erreur cartographique du jeu de données qui est de l'ordre de 11,2 m.

Pour le secteur Est de la rivière Charland, à dominance d'énrochements le long de la côte, on note un gain de superficie globale (haut et bas marais) de 6,25% entre 1979 et 2013. Cette différence peut être explicable par la marge d'erreur cartographique de l'ordre de 10 m. De plus, il est impossible pour ce secteur de déterminer si le haut marais et le bas marais sont en augmentation ou en diminution de superficie due à la limitation relative aux photographies aériennes et satellitaires. Cependant, il est possible que l'augmentation de la superficie totale du marais soit attribuable à la revégétalisation des marelles présentes sur ce secteur. D'autres facteurs externes, notamment le positionnement de ce territoire limitant l'effet des vagues sur certaines parties, peuvent avoir influencé positivement l'évolution de la superficie de ce marais.

4.3 Constats généraux

Les résultats des analyses de la superficie du marais de la réserve naturelle des battures de Saint-Augustin-de-Desmaures concordent avec ceux de l'étude faite par Bhiry et al. (2013) pour le marais du parc du Haut-Fond et le marais de Beaumont. La diminution du haut marais y est faible pour les deux marais étudiés par Bhiry et al. (2013), voire même qu'il y a « progradation » de ces derniers à quelques endroits. Les résultats de la présente étude tendent vers la stabilité de la superficie du marais pour les 3 secteurs à l'étude. La diminution des superficies du marais pour les secteurs de l'Université Laval et de la rue Moisan (3% entre et 7,98%, respectivement) et l'augmentation de la superficie du marais du secteur Est de la rivière Charland (6,25%) pouvant être expliquées par les marges d'erreur cartographiques de chaque secteur respectif.

Pour ce qui est de l'ensemble de l'estuaire du Saint-Laurent, un bon nombre d'études démontre une érosion omniprésente au niveau du schorre supérieur des marais. Par exemple, Dionne (1986) a calculé des taux de reculs de 1,5 m/an à 3,5 m/an en 20 ans au niveau du schorre supérieur le long du littoral de la ville de Montmagny. Une étude réalisée par Bernatchez et Dubois (2004) fait le bilan des études réalisées pour les côtes du Québec

maritime laurentien. Les données indiquent que le recul du littoral dans les formations meubles y est très important, allant de 0,5 à 2 m/an.

Dans les 3 secteurs à l'étude, la plage a été mesurée sur l'ensemble des jeux de photographies disponibles, de même que sur les photographies satellitaires. Pour les secteurs possédant des aménagements, la superficie des plages a diminué considérablement (46,95% pour le secteur de la rue Moisan et 20,7% pour le secteur Est de la rivière Charland), contrairement à celle de la zone témoin où la superficie de la plage a augmenté de 15,7% entre 1965 et 2013. Malgré ces résultats, la superficie du marais est relativement stable pour l'ensemble des secteurs, ce qui laisse suggérer que la plage pourrait jouer un rôle de zone tampon entre le marais et les aménagements, diminuant du coup l'impact du « coastal squeeze » sur le marais. Il est possible pour le marais de migrer vers les terres en utilisant la superficie des plages, avant d'être ultimement compressé par les aménagements anthropiques et le littoral. La diminution de la superficie des plages des zones aménagées jumelées à la stabilité de la superficie totale du marais semble pencher pour cette hypothèse. Advenant la disparition complète des plages dans le prochain siècle par le biais des changements climatiques attendus, il pourrait être possible de voir le « coastal squeeze » avoir des impacts négatifs sur le marais.

D'autres facteurs externes peuvent jouer un rôle sur le maintien des marais. Par exemple, l'action des vagues, du batillage, du couvert de glace ainsi que des tempêtes sont à prendre en considération dans le cycle évolutif des marais littoraux. L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des tempêtes est un facteur externe naturel qui peut venir influencer positivement ou négativement un marais. L'ouragan Irène, qui est passé en 2011 au Québec, a laissé d'importantes conséquences sur le paysage québécois (Gervais, 2014). La hausse du niveau marin est un autre facteur externe pouvant venir modifier le cycle naturel du marais. Depuis le début du siècle, le niveau marin a augmenté de 1 mm/an, et depuis 1993, de 3 mm/an (IPCC, 2007). L'analyse du marais de la réserve naturelle des battures de Saint-Augustin-de-Desmaures est d'autant plus complexe par l'absence de données et de photographies aériennes entre 1987 et 2002, et même de 1987 et 2013 pour le secteur de la rue Moisan.

Afin d'avoir une meilleure précision dans les données, de même que pour valider les résultats, des suivis annuels ainsi qu'à long terme devraient être effectués. Les photographies aériennes donnent une bonne idée de l'impact des aménagements anthropiques sur le marais, mais beaucoup d'informations sont manquantes par l'absence de photographies aériennes, de la clarté de celles-ci, du moment de la prise de vue, etc. Pour les 2 secteurs anthropisés, les photographies aériennes ne permettent pas d'effectuer des analyses temporelles datant d'avant 1965. Or, certains aménagements étaient déjà présents sur le territoire lors de la prise de ces photos, ce qui empêche d'avoir un portrait plus réaliste de la situation avant et après de ces secteurs.

À la vue des résultats de l'analyse spatio-temporelle effectuée sur les 3 secteurs à l'étude, il est possible de répondre en partie à l'objectif principal de l'essai qui est de déterminer les impacts des aménagements anthropiques sur le marais. La diminution de la superficie des plages des secteurs aménagés comparativement à la zone témoin semble indiquer que les aménagements ont un impact sur les plages présentes dans le marais. Toutefois, à la vue des superficies relativement stables du marais dans les 3 secteurs d'études, les aménagements ne semblent pas avoir d'impacts importants sur la superficie du marais, laissant présager que ceux-ci ne jouent qu'un rôle mineur, voire nul, sur le marais.

Conclusion

Cet essai avait comme objectif principal de déterminer les impacts des aménagements anthropiques sur le marais intertidal présent sur les battures de Saint-Augustin-de-Desmaures. Les patrons d'évolutions des superficies du marais dans les différents secteurs ne semblent pas être affectés par la présence ou l'absence d'aménagements anthropiques. En effet, la zone témoin, le secteur de l'Université Laval, ainsi que le secteur de la rue Moisan ont tous deux connu des faibles diminutions par rapport à la superficie initiale de leur marais de l'ordre de 10 298 m² et 24 661 m², respectivement. Pour le secteur Est de la rivière Charland, on note un gain de superficie du marais pendant la période analysée (augmentation de 6 335 m²). La superficie des plages des secteurs aménagés a diminué, contrairement au secteur naturel qui montre une hausse de superficie, ce qui serait l'un des seuls impacts de la présence de ces aménagements. Les projections climatiques du GIEC

indiquent une hausse du niveau marin d'entre 0,45 m et 0,82 m, de même que l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des tempêtes d'ici la fin du XXI^e siècle (IPCC, 2007). Dans ce contexte, la présence des aménagements anthropiques (murets et enrochements) pourrait alors exacerber l'effet de compression (coastal squeeze) sur le marais de ce secteur et conséquemment favoriser leur recul.

Des études de terrain dans le secteur des battures de Saint-Augustin-de-Desmaures visant à mieux documenter l'effet des aménagements anthropiques sur l'évolution de ce milieu sont recommandées. Une des premières étapes consisterait à positionner et cartographier l'emplacement exact des aménagements à l'aide d'un DGPS et à effectuer un suivi de l'évolution des différentes composantes du marais (plages, haut marais et bas marais), dans les mêmes secteurs étudiés. Ceci permettrait à la FQPPN de pouvoir intervenir au besoin dans des secteurs problématiques et d'obtenir un suivi adéquat et ainsi assurer la préservation des marais littoraux sur le long terme.

Bibliographie

- Adam, P. 1990. Saltmarsh ecology. Cambridge University Press, Cambridge, Uk. 461 p.
- Allard, M. 1981. L'Anse aux Canards, Île d'Orléans, Québec: évolution holocène et dynamique actuelle. *Géographie physique et Quaternaire* 35 (2): 133–54.
- Allen, J.R.L., 1990. Salt marsh grow and stratification : a numerical model with special reference to the Severn Estuary, southwest Britain. *Marine Geology*, 95 : 77-96.
- Bernatchez, P. 1998. Le recul rapide de la frange côtière de la région de Manicouagan : problèmes de gestion et impacts environnementaux, p. 29. In Programme et résumés : 19e Colloque du Centre d'études nordiques (Université Laval, Québec, 11 et 12 décembre 1998).
- Bernatchez, P. 2003a. Évolution littorale holocène et actuelle des complexes deltaïques de Betsiamites et de Manicouagan-Outardes : synthèse, processus, causes et perspectives. Thèse de doctorat, Université Laval, 460 p.
- Bernatchez, P., 2003b. Les impacts des changements climatiques sur les littoraux de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. *Bulletin de l'AQQUA (Association québécoise pour l'Étude du Quaternaire)*, 29 : p. 8-9.
- 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* 58 (1) : 45-71
- Bhiry, N., Cloutier, D., Gervais, A, Couillard, L, Lamarre, P et Normandeau, M., 2013. Impact des changements climatiques sur l'évolution des hauts marais de l'estuaire d'eau douce du Saint-Laurent et stratégies de protection des espèces en situation précaire. Rapport de recherche # 554016-111 remis au Consortium Ouranos. 31 mars 2013, 132 p. + annexes
- Cayer, D. 2013. L'évolution des marais littoraux du Saint-Laurent: entre la croyance de linéarité et l'hypothèse de cyclicité. Documents présentés à la Conférence Internationale du Groupe d'Histoire des Zones Humides, Québec, Canada.
- Chmura G., Helmer L., Beecher B. et Sunderland E., 2001. Historical rates of salt marsh accretion on the outer Bay of Fundy. *Canadian Journal of Earth Science*, 38 : 1081- 1092
- Craft, C.B., Seneca, E.D. et Broome, S.W., 1993. Vertical accretion in microtidal regulary and irregularly flooded estuarine marshes. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 37: 371-386.
- Dionne, J-C. 1986. Érosion récente des marais intertidaux de l'estuaire du Saint-Laurent, Québec. *Géographie physique et Quaternaire* 40 (3): 307–323.

- Dionne, J.-C., 2000. Érosion récente du schorre supérieur à Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 54 (1) : 208-218.
- Dionne, J-C et Bouchard, M-C. 2000. Nouvelles données sur l'érosion du schorre supérieur à Montmagny, moyen estuaire du Saint-Laurent. *Géographie physique et Quaternaire* 54 (2): 219-230.
- Drapeau, G. 1992. Dynamique sédimentaire des littoraux de l'estuaire du Saint-Laurent. *Géographie physique et Quaternaire* 46 (2): 233-242.
- Drolet, M.-C. 2013. Évolution récente du marais intertidal de l'Ile-aux-Coudres, Moyen estuaire du Saint-Laurent. Documents présentés à la Conférence Internationale du Groupe d'Histoire des Zones Humides, Québec, Canada.
- Dubois, J-M.M., 1979. Photographie aérienne panchromatique et dynamique littorale, p. 121-140. In *Comptes rendus : Atelier sur les appareils de mesure des courants et sédiments de la zone littorale* (Ottawa, 24 et 25 octobre 1979), Conseil national de recherches du Canada, 194 p.
- Dubois, J-M.M., 1980b. Télédétection et études d'impact sur le littoral des barrages hydroélectriques (Québec). *Bulletin de l'Association internationale de géologie de l'ingénieur*, 22 : 87-90.
- Dubois, J-M.M., 1999. Dynamique de l'érosion littorale sur la Côte-Nord du Saint-Laurent, p. 20-52. In *Actes : Colloque régional sur l'érosion des berges : vers une gestion intégrée des interventions en milieu marin* (Baie-Comeau, 19 au 21 février 1999). Municipalité régionale de comté (MRC) de Manicouagan et Comité de la Zone d'intervention prioritaire (ZIP) de la rive nord de l'estuaire, Baie-Comeau, 207 p.
- Dubois, J.-M.M., Desmarais, G. et Robertson, M., 1981. Géomorphologie, télédétection et aménagement hydroélectrique de type ligne, poste et barrage au Québec, p. 74-88 In J.-M.M. Dubois, édit., *Le géographe et l'aménagement au Québec II : ressources et société*. Département de géographie, Université de Sherbrooke, *Bulletin de recherche* no 57-58, 91 p.
- Génivar, 2009. Étude de préfaisabilité pour des travaux de restauration des berges le long du fleuve à Saint-Augustin-de-Desmaures. Rapport final de GENIVAR société en commandite présenté à la Fondation québécoise pour la protection du patrimoine naturel. 60 p. et annexes.
- Gerardin, V. et Mckenney, D. 2001. Une classification climatique du Québec à partir de modèles de distribution spatiale de données climatiques mensuelles : Vers une définition des bioclimats du Québec. Rapport préparé pour le Gouvernement du Québec, Ministère

- de l'environnement, Direction du patrimoine écologique et du développement durable, Québec, 48 p.
- Gervais, A., 2014. Érosion des berges de l'estuaire d'eau douce du Saint-Laurent et son impact sur la biodiversité végétale. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, 129 p. + annexes
- Hardy, L., Savard, J.P. et Lalumière, R., 1998. Mesures de protection des berges en milieux estuarien et marin. Poly-Géo Longueuil inc., Longueuil, Rapport présenté à la Direction Expertise et Support technique de Production d'Hydro-Québec, 104 p.
- Hart, B.S. et Long, B.F., 1990. Recent evolution of the Outardes estuary, Quebec, Canada: Consequences of dam construction on the river. *Sedimentology*, 37 : 495-507.
- Hatvany, M., 2008. À la base de la chaîne alimentaire : Les marais intertidaux menacés par l'activité humaine, FrancVert, Vol. 5, Numéro 2, printemps 2008, Paris, 74 p.
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Leblanc, S. et Bernatchez, P., 1999. Système de gestion intégrée en milieu côtier : application aux urgences environnementales en cas de déversements et à la planification et à l'aménagement du territoire, p. 142-152. In Actes : Colloque régional sur l'érosion des berges : vers une gestion intégrée des interventions en milieu marin (Baie-Comeau, 19 au 21 février 1999). Comité de la Zone d'intervention prioritaire (ZIP) de la rive nord de l'estuaire et Municipalité régionale de comté (MRC) de Manicouagan, Baie-Comeau, 207 p.
- Lessard, G.L., Dubois, J.-M.M., Nadeau, L. et Lambert, M., 1989. Flèches transversales de plate-forme rocheuse de l'île d'Anticosti, Québec. *Le géographe canadien*, 33 : 98-107.
- Matthew, H. 2014. Growth and erosion: A reflection on salt marsh evolution in the St. Lawrence estuary using HGIS. In *Historical GIS in Canada*, ed. J. Bonnell and M. Fortin, 181–95. Calgary, Canada: University of Calgary Press.
- Moran, C.A.A., 2003. Spatio-temporal analysis of Texas shoreline changes using GIS technique. Thèse de maîtrise, Texas A&M University, 106p.

- Orson, R., Warren, R.S. et Niering, W.A., 1998. Interpreting sea level rise and rates of vertical marsh accretion in a southern New England tidal salt marsh. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 47 : 419-429.
- Pethick, J. 1984. *An introduction to coastal geomorphology*, London. 260 p.
- Pontee, N. 2013. Defining coastal squeeze: A discussion ». *Ocean & Coastal Management* 84 (2013): 204-207.
- Quintin, C. 2010. Effet des facteurs environnementaux dans l'évolution des marais intertidaux du barachois de la rivière Nouvelle, Baie des Chaleurs, Québec. Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Rimouski, Québec, 93 p. + annexes
- Quintin, C. , Bernatchez, P., Jolicoeur, S., Garneau, S., Savard, J-P., Morneau, F., Castonguay-Bélanger, J-P., Bérubé, D. (2015). Des écosystèmes coincés entre la mer et la terre : Quelle mesures de gestion à privilégier afin d'augmenter leur résilience et celle des communautés côtières d'ici 2060?, 10^e colloque sur les risques naturels au Québec, ACFAS, Rimouski. 22 p.
- Roman, C.T., Peck, J.A., Allen, J.R., King, J.W. et Appleby, P.G., 1997. Accretion of a New England (U.S.A) salt marsh in response to inlet migration, storms, and sea-level rise. *Estuarine, coastal and Shelf Science*, 45 : 717-727.
- Sauvageau, P.-O. 2014. Caractérisation de l'Anse-aux-Canards: Réflexion sur le paradigme de l'érosion généralisé des berges du Saint-Laurent. Thèse de maîtrise, Université Laval, Québec, Canada.
- Simas, T., Nunes, J.P. et Ferreira, J.G., 2001. Effects of global climate change on coastal salt marshes. *Ecological Modelling*, 139 : 1-15.
- Stevenson, J., Ward, L. et Kearney, M.S., 1986. Vertical accretion in marshes with varying rates of sea level rise. *Estuarine variability*, 241-259.
- Temmerman, S., Govers, G., Wartel, S. et Meire, P., 2004. Modelling estuarine variations in tidal marsh sedimentation: response to changing sea level and suspended sediment concentrations. *Marine Geology*, 212 : 1-19.
- Troude, J.P. et Sérodes, J.B., 1985. Régime morpho-sédimentologique d'un estran à forte sédimentation dans l'estuaire du Saint-Laurent, p. 105-119. In D.L. Forbes, édit., *Comptes-rendus : Conférence canadienne sur le littoral 1985* (Memorial University of Newfoundland, St. John's, 13 au 16 août 1985), Sous-comité associé de la recherche sur l'érosion et la sédimentation littorales, 605 p.

Van Proosdij, D. Ollerhead, J. et Davidson-Arnott, R.G.D., 2006. Seasonal and annual variations in the volumetric sediment balance of a macro-tidal salt marsh. *Marine Geology*, 225 : 103-127

Ward, L.G., Kearney, M.S. et Stevenson, le., 1998. Variations in sedimentary environments and accretionary patterns in estuarine marshes undergoing rapid submergence, Chesapeake Bay. *Marine Geology*, 151 : 111-134.

Site Internet

Fondation québécoise pour la protection du patrimoine naturelle (2015). Territoire. [En ligne]. Disponible à l'adresse suivante : <http://www.fqppn.org/territoire> (Site consulté le 23 novembre 2015)

IPCC (2016), Climante Change 2014 : Synthesis Report. [En ligne. Disponible à l'adresse suivante : <http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/> (Site consulté le 3 mars 2016).

Environnement et Changement Climatique Canada (2013). Hydrographie du Saint-Laurent [En ligne]. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.ec.gc.ca/stl/default.asp?lang=Fr&n=59C4915D-1> (Site consulté le 12 novembre 2015).

Environnement et Changement Climatique Canada (2014). Fleuve Saint-Laurent [En ligne]. Disponible à l'adresse suivante : <http://www.ec.gc.ca/stl/default.asp?Lang=Fr&n=F46CF5F8-1> (Site consulté le 12 novembre 2015).

Sécurité Publique Québec (2011) La prise en compte de l'érosion littorale dans l'aménagement du territoire : Application des cartes des types de côtes associés aux microfalaises et du cadre normatif visant le contrôle de l'utilisation du sol. [En ligne]. Disponible à l'adresse suivante : http://www.notredamedesneiges.qc.ca/pages/Marees/Document_dinformation_Cadre_Normatif_BSL-GIM_version_1.pdf (Site consulté le 20 juillet 2016).

Sécurité Publique Gouvernement du Québec (2016) Les solutions possibles pour contrer l'érosion des berges [En ligne]. Disponible à l'adresse suivante : <http://www.securitepublique.gouv.qc.ca/securite-civile/surveillance-territoriale/erosion-berges/solutions.html> (Site consulté le 18 mars 2016).

Ville de Saint-Augustin-de-Desmaures (2015). Historique [En ligne]. Disponible à l'adresse suivante : <http://www.ville.st-augustin.qc.ca/ville/historique> (Site consulté le 27 novembre 2015).

Annexe A : Classification climatique

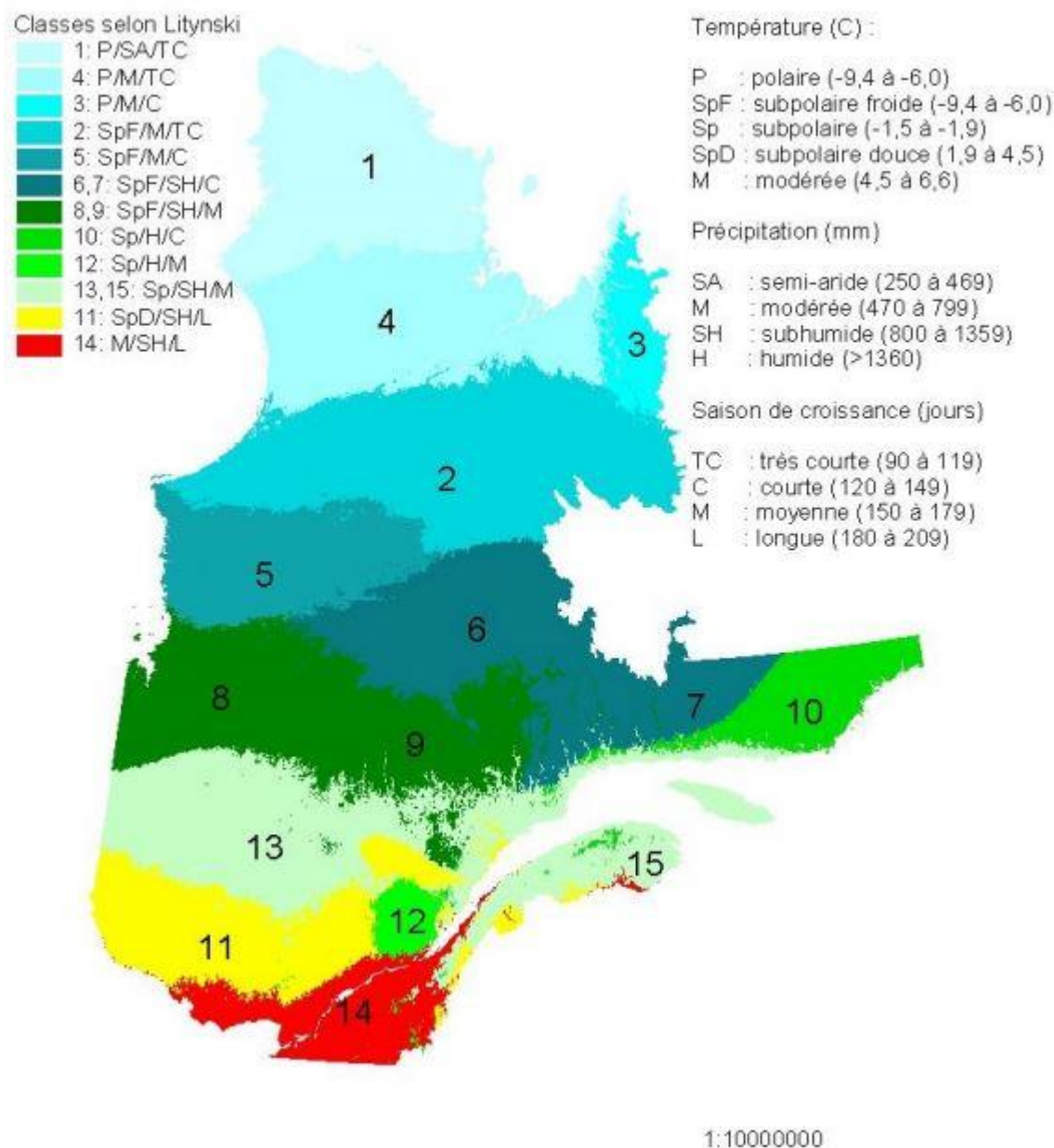


Figure 32 : Classification climatique du Québec selon Litynski

Annexe B : Les zones de végétations et les domaines bioclimatiques

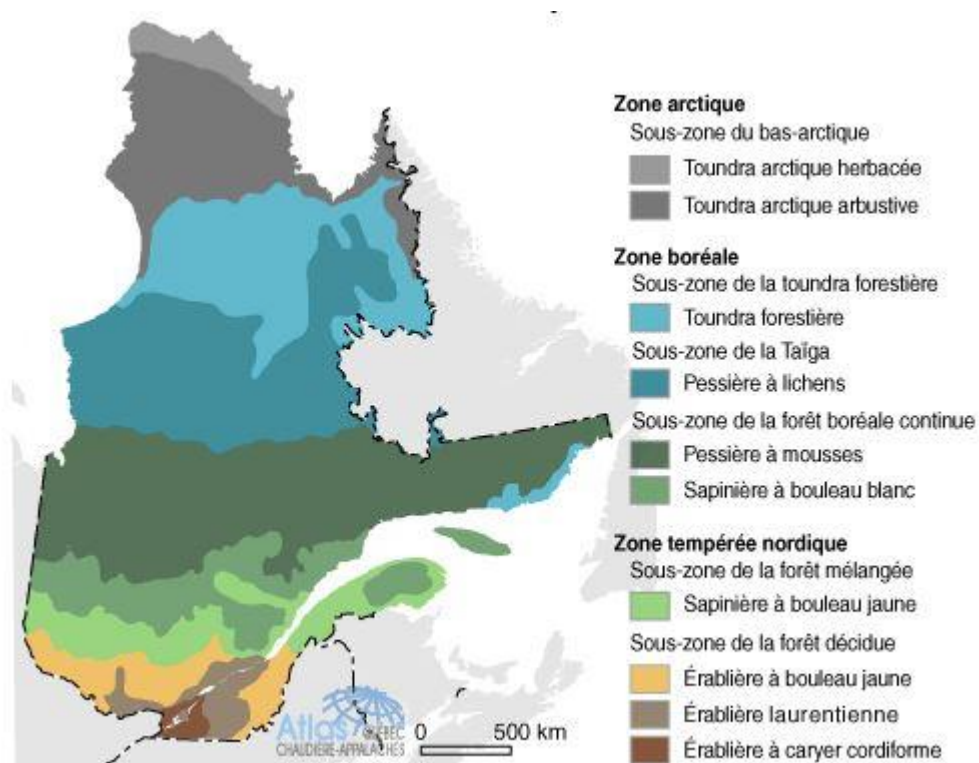


Figure 33 : Les zones de végétation et les domaines bioclimatiques du Québec

Annexe C : Inventaire des photographies aériennes récupérées sur le site de GéoPhoto+

Rouleau	Photo	Année	Échelle
Q02707	29	2002	1:15000
Q02711	3	2002	1:15000
Q02711	4	2002	1:15000
Q02711	5	2002	1:15000
Q02711	6	2002	1:15000
Q02711	7	2002	1:15000
HMQ98101	31	1998	1:15000
HMQ98101	32	1998	1:15000
HMQ98100	166	1998	1:15000
HMQ98100	167	1998	1:15000
HMQ93104	261	1993	1:15000
HMQ93104	110	1993	1:15000
HMQ93104	111	1993	1:15000
HMQ93104	261	1993	1:15000
HMQ93104	262	1993	1:15000
CUQ92-01	14	1992	1:15000
CUQ87	6	1987	1:20000
CUQ87	7	1987	1:20000
CUQ87	8	1987	1:20000
CUQ86-01	49	1986	1:5000
CUQ86-01	50	1986	1:5000
CUQ86-01	51	1986	1:5000
CUQ86-01	52	1986	1:5000
CUQ86-01	53	1986	1:5000
CUQ86-01	54	1986	1:5000
Q79131	28	1979	1:5000
Q79131	29	1979	1:5000
Q79131	31	1979	1:5000
Q79131	32	1979	1:5000
Q79131	33	1979	1:5000

Q79131	34	1979	1:5000
Q79131	35	1979	1:5000
Q79131	111	1979	1:5000
Q79131	112	1979	1:5000
Q79131	113	1979	1:5000
Q79131	114	1979	1:5000
Q79131	115	1979	1:5000
Q79131	135	1979	1:5000
Q79131	136	1979	1:5000
Q79131	137	1979	1:5000
Q79131	138	1979	1:5000
Q79131	139	1979	1:5000
Q79131	140	1979	1:5000
Q79131	141	1979	1:5000
Q79131	142	1979	1:5000
Q79131	143	1979	1:5000
Q79131	144	1979	1:5000
Q79131	145	1979	1:5000
Q79132	75	1979	1:5000
Q79133	1	1979	1:5000
Q79133	5	1979	1:5000
Q79133	6	1979	1:5000
Q77330	82	1977	1:10000
Q77330	142	1977	1:10000
Q77340	1	1977	1:10000
Q77340	2	1977	1:10000
Q77861	142	1977	1:10000
Q73105	4	1973	1:15000
Q73105	56	1973	1:15000
Q73105	63	1973	1:15000
Q73106	4	1973	1:15000
Q73106	53	1973	1:15000
Q69306	107	1969	1:15840
Q69306	108	1969	1:15840
Q69306	109	1969	1:15840
Q69306	110	1969	1:15840
Q69306	111	1969	1:15840
Q65355	142	1965	1:15840
Q65355	143	1965	1:15840