

Table des matières

Résumé.....	iii
Liste des figures	vii
Liste des tableaux.....	ix
Remerciements.....	xi
Chapitre 1 : Mise en contexte	1
Introduction.....	1
Justification de l'étude	2
Localisation.....	3
Problématique	4
L'incertitude.....	6
Objectifs.....	6
Revue de littérature	6
Organisation du mémoire.....	11
Chapitre 2 : Les outils et les moyens d'analyse.....	13
Revue de littérature	13
Transects biogéographiques.....	13
Cartes anciennes.....	17
Photographies aériennes.....	18
Chapitre 3 : Le milieu naturel et culturel.....	19
3.1 Le milieu physique.....	19
3.1.1 La dynamique sédimentaire	22
3.1.2 La dynamique de succession de la végétation	27
3.1.3 L'effet de coincement	32
3.2 Le milieu culturel.....	34
Chapitre 4 – L'évolution du marais	37
4.1 Le marais en 1781	38
4.2 Le marais en 1826.....	40
4.3 Le marais en 1929	42
4.4 Le marais en 1948.....	46
4.5 Le marais en 1974.....	51
4.6 Le marais en 1980	56
4.7 Le marais en 1985	60

4.8 Le marais en 2009	63
4.9 Le marais aujourd'hui	66
4.10 Retour sur les résultats	69
Chapitre 5 – Discussion	71
5.1 Les marais intertidaux et le développement durable.....	76
5.1.1 L'environnement.....	78
5.1.2 L'économie	79
5.1.3 La société	80
5.2 Kamouraska : une question de renaturalisation	80
Conclusion	87
Bibliographie.....	89

Liste des figures

Figure 1 Localisation du site d'étude, estuaire du fleuve Saint-Laurent	3
Figure 2 Localisation de la baie de Kamouraska, moyen estuaire du Saint-Laurent, Québec	4
Figure 3 Transects biogéographiques du marais de la baie de Kamouraska effectués en 2008.....	15
Figure 4 Point de contrôle de la végétation transposés sur carte de zone de végétation de 2009.....	16
Figure 5 Photographie thermique du moyen estuaire du Saint-Laurent	20
Figure 6 Profil d'un marais intertidal.....	21
Figure 7 Niveau relatif à long terme de la mer basé sur les données marégraphiques pour sept sites dans l'estuaire moyen et maritime du Saint-Laurent.....	25
Figure 8 Schéma de zonation des marais salés de Kamouraska	27
Figure 9 Les trois principales plantes retrouvées sur les marais salés de Kamouraska ...	28
Figure 10 Gradients de stress biologique et physique sur les plantes halophytes.....	31
Figure 11 Photographie aérienne de la baie de Kamouraska, 1929.....	33
Figure 12 L'effet de coincement sur l'évolution d'un marais.	34
Figure 13 Carte de la baie de Kamouraska en 1781 par J. McCarthy.....	38
Figure 14 Limites de marées de 1781 transposées sur photographie aérienne de 2001 ..	39
Figure 15 Marais de la baie de Kamouraska en 1826 par J. Hamel.....	40
Figure 16 Limites de marées de 1826 transposées sur photographie aérienne de 2001 ..	41
Figure 17 Photographie aérienne de la baie de Kamouraska, 1929	42
Figure 18 Zones de végétation du marais en 1929.....	44
Figure 19 Mosaïque de photographies aériennes, baie de Kamouraska de 1948	46
Figure 20 Zones de végétation du marais en 1948.....	48
Figure 21 Zonation du marais en 1929	50
Figure 22 Aboiteau endommagé par une tempête en 1941, baie de Kamouraska	51
Figure 23 Mosaïque de photographies aériennes de la baie de Kamouraska en 1974.....	52
Figure 24 Zones de végétation du marais en 1974.....	53
Figure 25 Mosaïque de photographies aériennes, baie de Kamouraska de 1980	56
Figure 26 Reconstruction de l'aboteau, baie de Kamouraska, 1980	57
Figure 27 Zones de végétation du marais en 1980.....	58
Figure 28 Photographie aérienne infrarouge de la baie de Kamouraska de 1985.....	60
Figure 29 Zones de végétation du marais en 1985.....	61
Figure 30 La baie de Kamouraska en 2009.....	63
Figure 31 Zones de végétation du marais en 2009.....	65
Figure 32 Colonie de salicorne dans une marelle, baie de Kamouraska.....	67
Figure 33 Effet de coincement de débris marins dans la zone d'herbaciaie salée	68
Figure 34 Évolution de la superficie des zones de végétation sur le marais de la baie de Kamouraska de 1929 à 2009.....	69
Figure 35 Évolution de la superficie des zones de végétation principale sur le marais de la baie de Kamouraska entre 1929 et 2009	70
Figure 36 Les piliers du développement durable	77
Figure 37 Limites de marées de 1826 transposées sur une photographie aérienne de 2001 de la baie de Kamouraska	82

Liste des tableaux

Tableau 1 Espèces de plantes par zones de végétation	17
Tableau 2 Superficie des zones de végétation du marais en hectares et en pourcentage en 1929.....	45
Tableau 3 Aire des zones de végétation du marais en hectares et en pourcentage en 1948	49
Tableau 4 Aire des zones de végétation du marais en hectares et en pourcentages en 1974	54
Tableau 5 Aire des zones de végétation du marais en hectares et en pourcentage en 1980	59
Tableau 6 Aire des zones de végétation du marais en hectare et en pourcentage en 1985	62
Tableau 7 Aire des zones de végétation du marais en hectares et en pourcentage en 2009	66
Tableau 8 Superficie des zones de végétation halophytique en hectares et en pourcentage	74

Remerciements

Mes remerciements vont d'abord au directeur de recherche de ce mémoire, monsieur Matthew Hatvany, qui a toujours cru en mon potentiel et m'a apporté son soutien tout au long du processus de rédaction de ce mémoire. De plus, sa grande compréhension de ma situation familiale m'a enlevé une pression supplémentaire. Par son approche multidisciplinaire, sa passion pour les marais et sa rigueur intellectuelle, il a été un exemple pour moi.

Je remercie tout spécialement Donald Cayer pour sa grande disponibilité, sa patience et ses connaissances en interprétation des photographies aériennes et d'ArcGIS. Merci à Karine Tessier pour tous les précieux coups de main donnés avec ArcGIS qui m'a donné tant de difficultés.

Enfin je tiens à remercier celui qui partage ma vie, Guillaume Couture, pour son soutien, sa patience, son intérêt pour mon projet et son amour. Merci à mes parents d'avoir cru en moi. Finalement, les deux amours de ma vie, Félix et Éléonie, maman vous aime.

Chapitre 1 : Mise en contexte

Introduction

Au fil du temps, les marais salés de l'Amérique du Nord ont été l'objet de multiples perceptions. Tantôt lieux de chasse, tantôt lieux de fourrage pour le bétail, puis zones de drainage et de transformation et, plus récemment, lieux de renaturalisation (Hatvany, 2009b). Au Québec, et plus spécifiquement la région d'étude de cette recherche, les marais salés (ou marais intertidaux) ont eu différentes fonctions socioéconomiques selon les différents contextes de civilisation. Lorsque les Autochtones étaient les principaux occupants de la région de Kamouraska, ils les utilisaient comme zone de chasse à la sauvagine et de pêche à l'anguille. Selon la toponymie algonquienne, Kamouraska signifie « là où il y a de l'herbe au bord de l'eau » (Hatvany, 1997 : 64). Quand les Français commencèrent à coloniser la Côte-du-Sud dans le XVIIe siècle, ils utilisèrent eux aussi les marais pour la chasse et la pêche, mais ils se servirent également du foin de mer (*Spartina* sp.) pour nourrir le bétail, faire du cordage ou encore tresser des objets usuels pour la maisonnée. Depuis le début de l'ère industrielle (vers 1850), de nouvelles circonstances socioéconomiques et démographiques se sont présentées à la société, demandant de nouvelles méthodes de gestion des terres plus intensives afin de générer des profits. De plus, « un mouvement d'émigration a été organisé à la grandeur de la colonie, alimenté par la croissance démographique et le désir d'accroître les revenus » (Hatvany, 2009 : 83). Afin de répondre aux exigences de la nouvelle économie de marché et de s'ajuster aux nouvelles lois qui s'y rattachent, les agriculteurs de la Côte-du-Sud ont tenté de maximiser la superficie et la rentabilité de leurs terres en construisant des aboiteaux (mot acadien pour un système d'endiguement composé d'une digue et d'un clapet) le long des anses de la côte de Kamouraska (Schmouth, 1874).

Les aboiteaux n'ont pas toujours tenu en place : à l'occasion, de violentes tempêtes ont détruit les constructions (Hatvany, 2009 : 129-138), incluant celle de la baie de Kamouraska en 1941. En 1979-1980, les fermiers de la baie de Kamouraska reconstruisirent l'ancien aboiteau de manière plus stable afin qu'il reste en place jusqu'à aujourd'hui. Au moment de la reconstruction

de l'aboteau de la baie de Kamouraska, peu de scientifiques (agronomes et écologistes) avaient reconnu la valeur écologique des marais de l'estuaire du Saint-Laurent. La première étude du genre date de 1971 lorsque Reed et Moisan ont écrit leur texte « The Spartina tidal marsh of the St. Lawrence Estuary and their importance to the aquatic birds ». Suivant la reconstruction de l'aboteau en 1981, Gauthier, Lehoux et Rosa ont rédigé «Les marécages intertidaux dans l'estuaire du Saint-Laurent» (1981), première étude exhaustive portant sur l'écologie des marais salés au Québec et spécifiquement à Kamouraska. Les auteurs ont terminé leur étude avec la conclusion que les marais intertidaux devraient être protégés, puisqu'il s'agit d'un écosystème d'une grande productivité jouant un rôle essentiel pour les milieux aquatique et terrestre. Étant donné l'importance de ce message de préservation, on note que depuis 1980 aucun suivi d'impact environnemental n'a été effectué sur les marais la baie de Kamouraska ni ailleurs dans la MRC. Plus de trente ans après l'endiguement de la baie, dans un contexte postindustriel de surproduction agricole, la MRC de Kamouraska s'interroge sur la pertinence de renaturaliser la baie de Kamouraska (Joubert et Bachand, 2012).

Justification de l'étude

Le manque de données sur l'évolution biogéographique (c'est-à-dire des zones de végétation) du marais salé de la baie de Kamouraska depuis 1980 nécessite une étude qui prend en compte l'évolution naturelle et culturelle du lieu. Dans cette optique, la biogéographie du marais a été étudiée sous l'angle de son évolution avant son endiguement initial en 1937-1938 et après son réendiguement en 1979-1980. Afin de pouvoir déterminer si une renaturalisation du site est souhaitable et possible, la recherche a établi les circonstances de base (*base line data*) en ce qui concerne les limites biogéographiques du marais original et l'emplacement des multiples digues sur le marais entre le début du XXe siècle jusqu'à aujourd'hui. De plus, on a essayé de déterminer l'évolution des différentes zones de végétation du marais par rapport à son endiguement au cours des années. Ceci a permis de mieux comprendre l'évolution naturelle du marais avant et après son endiguement.

Localisation

Le marais qui fait l'objet de cette étude est situé dans la région de Kamouraska, sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent (Figure 1). Plus précisément, la zone ciblée se trouve dans la baie de Kamouraska, entre les villages de Saint-Denis-de-Kamouraska et de Kamouraska (Figure 2). Ce marais se trouve dans le moyen estuaire du fleuve Saint-Laurent, zone à eau salée qui est comprise entre l'île d'Orléans et l'embouchure du fjord du Saguenay (Environnement Canada, 2012). L'estuaire moyen est une zone où la turbidité de l'eau est élevée, puisqu'il est le point de rencontre entre les eaux douces du fleuve et l'eau salée de l'océan Atlantique. La quantité élevée de particules en suspension favorise la sédimentation. La salinité de l'eau fait en sorte que les plantes répertoriées sur le terrain sont des halophytes, c'est-à-dire qu'elles sont tolérantes à la submersion par l'eau salée.

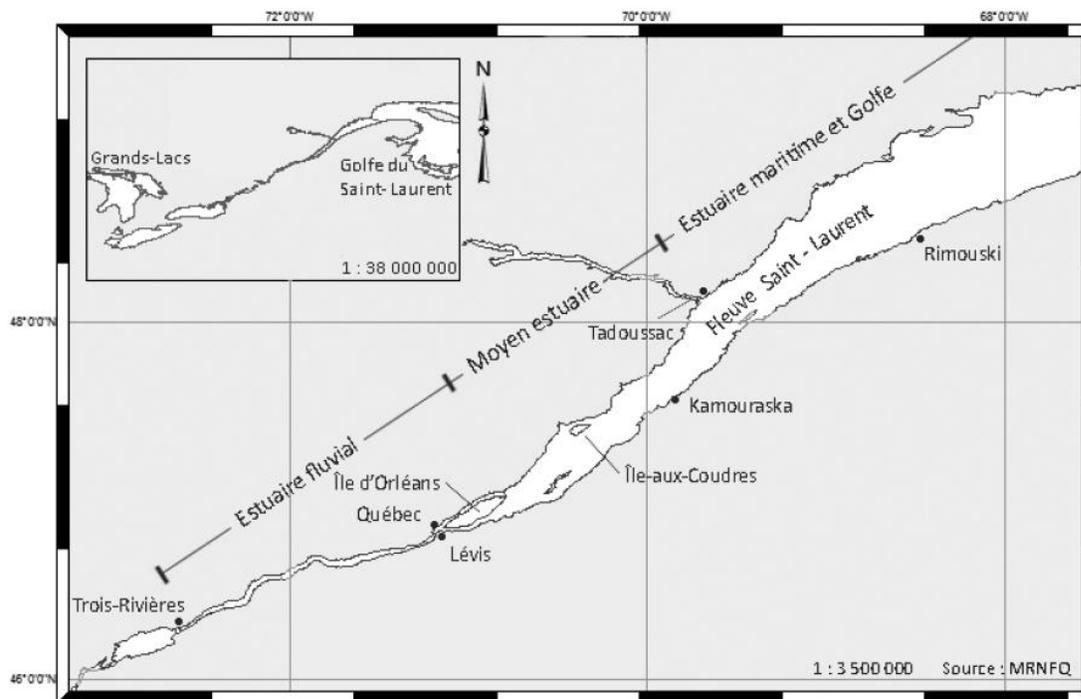


Figure 1 Localisation du site d'étude, estuaire du fleuve Saint-Laurent
Source : tiré de Gauthier, 2011 : 3.

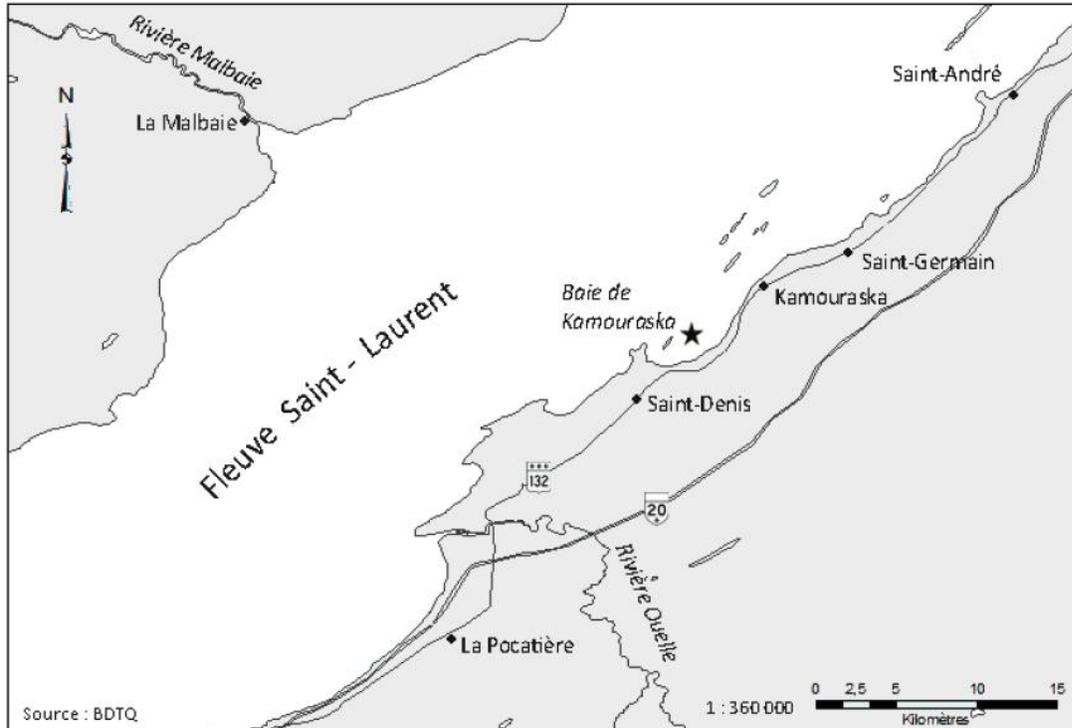


Figure 2 Localisation de la baie de Kamouraska, moyen estuaire du Saint-Laurent, Québec
 Source : tiré de Gauthier, 2011 : 3.

Problématique

On est souvent porté à croire que la nature cherche un certain équilibre, soit l'état final d'une succession écologique, le climax, et le maintien de cet équilibre lorsqu'il est atteint. Il y a une évolution sans revenir à l'état initial, puisque des facteurs externes (naturels ou anthropiques) peuvent créer une perturbation qui fera en sorte que l'état d'équilibre initial n'est plus possible (Johnson et Miyanishi, 2008). Les marais salés sont des écosystèmes très dynamiques, soumis aux aléas de cycles de sédimentation et d'érosion, à des marées diurnes de six mètres, à de l'eau salée de 5 à 17 parties par mille, de soleil fort en été et de mouvements de glaces en hiver ainsi qu'à des événements plus ponctuels, comme les tempêtes. Cela en fait un milieu relativement rude où la faune et la flore doivent s'adapter aux changements constants de leur environnement. Dans le cas de la baie de Kamouraska, on peut observer des changements de superficie et de distribution des espèces végétales liés, entre autres, à des circonstances naturelles et anthropiques. Le principal impact anthropique sur le marais, celui de l'endiguement, a réduit de 72 % la superficie originale du marais (Hatvany, 2014 : 193).

Aujourd'hui, la MRC de Kamouraska, qui est responsable de l'entretien des aboiteaux, songe à la renaturalisation des marais comme solution aux inquiétudes scientifiques à la suite de l'annonce répétée de l'impact des changements climatiques, d'une hausse importante du niveau marin, de la submersion côtière, de l'érosion des côtes et des digues, ainsi que du coincement des marais dans un avenir proche (Bernatchez : 2015 *in* Hatvany *et coll.*, 2015 : 26; Joubert et Bachard, 2012; Bernatchez et Dubois, 2004 : 64-67; Quintin, Lajoie et Plante, 2009 : 2-23). Bien que les auteurs insistent sur les risques liés aux changements climatiques, aucune démonstration de la preuve (une analyse des données marégraphiques de la région, par exemple) n'a été faite dans ces études. En effet, des analyses historiques et actuelles démontrent que l'ensemble du marais de Kamouraska est plus ou moins en équilibre, malgré que le secteur ouest soit en érosion (Sérodes et Dubé, 1983; Champagne *et coll.*, 1983; Hatvany, 2013; Hatvany, Cayer et Parent, 2015). Également, des données marégraphiques de l'estuaire moyen et maritime du fleuve Saint-Laurent en 1986 (Dubois et Lessard), en 1992 (Ancil et Troude), en 2006 (Xu, Saucier, et Lefaiivre) et en 2013 (Cayer) démontrent que le niveau relatif de la mer dans l'estuaire semble assez stable ou même en baisse malgré le discours alarmiste relié aux changements climatiques (pour plus de détails sur ce problème de discours alarmiste, voir Hatany, 2013 et Hatvany *et coll.*, 2015).



En ce qui concerne la question de l'évolution biogéographique du marais de la baie de Kamouraska aux XXe et XXIe siècles, la littérature scientifique indique qu'il est relativement récent qu'un discours biocentrique et pessimiste, portant sur l'érosion et l'impact des changements climatiques fasse son apparition, soit au cours des années 1980 selon les analyses de Hatvany, Cayer et Parent (2015). Ceux-ci notent que, pendant plus de 130 ans (c. 1850-1980), le discours anthropique portait surtout sur la croissance des marais grâce à la sédimentation et la succession biologique. Par exemple, on comprend en lisant le texte d'Hamel, « La récupération et la mise en valeur des alluvions maritimes du St-Laurent » (1963), que l'on croyait à l'époque que si on construisait des aboiteaux, les marais gagneraient du terrain sur le fleuve Saint-Laurent, comme en Europe (la baie de Mont-Saint-Michel par exemple).

L'incertitude

Si l'on considère que le risque de submersion des marais est loin d'être certain et que, si on renaturalise l'ancien marais salé, les agriculteurs possédant des polders (terres endiguées) perdront une importante source de revenus, alors quelle raison, en fin de compte, justifie une telle procédure? De plus, si l'on renaturalise les marais, que renaturalise-t-on, au juste? Afin de le savoir, il faut mieux comprendre l'évolution naturelle et culturelle du marais dans le passé récent (les derniers 200 ans) afin de savoir ce que l'on veut réellement renaturaliser. De plus, la connaissance globale du fonctionnement de cet écosystème aidera à comprendre dans quelle mesure la renaturalisation des marais salés de la baie pourrait être souhaitable.

Objectifs

Les objectifs de cette recherche sont de :

- mieux comprendre l'évolution naturelle et culturelle du marais de la baie de Kamouraska en quantifiant les changements de superficie et de végétation du marais entre 1781 et 2009;
- identifier les limites de marées moyennes et de marées d'équinoxe avant et après les endiguements;
- évaluer les différentes options de renaturalisation du marais, et ce, dans une vision de développement durable.

Revue de littérature

Actuellement, dans la littérature géomorphologique côtière au Québec, le discours dominant depuis les années 1980 souligne que les marais salés sont dans un état d'érosion généralisé et sont voués à disparaître dans un avenir proche à cause des changements climatiques, de la hausse de niveau de la mer, de la submersion des côtes, de l'impact des oies, etc. On peut noter les textes de Bernatchez et Dubois (2004) « Bilan des connaissances de la dynamique de l'érosion des côtes du Québec maritime laurentien » et de Dionne (1988) « Érosion récente des marais

intertidaux de l'estuaire du Saint-Laurent, Québec » pour comprendre leurs propos et le phénomène d'érosion. Aussi, trois articles permettent de comprendre la dynamique sédimentaire dans les milieux que sont les marais : celui de Dionne (2004) « Âge et taux moyen d'accrétion verticale des schorres du Saint-Laurent estuarien, en particulier ceux de Montmagny et de Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec », celui de Sérodes et Dubé (1983) « Dynamique sédimentaire d'un estran à spartines (Kamouraska, Québec) » et enfin celui de Champagne *et coll.* (1983) « Établissement de modèles caractérisant l'équilibre dynamique des estrans de la rive sud du moyen estuaire du St-Laurent ».

Ironiquement, la littérature historique et plutôt biologique portant sur les marais a toujours souligné que les marais sont normalement en progression lorsque les conditions sont optimales. Telle est la vision promue d'abord par des agronomes jusqu'aux années 1980 (Hamel, 1963 : 82; Gourde, 1980 : 21-30) et plus récemment par Bertness dans son livre *The Ecology of Atlantic Shorelines* (1998). Une analyse de la littérature sensible au passage de temps démontre que le contexte de civilisation dans lequel la littérature a été produite change assurément la perception de l'auteur face aux marais. De plus, la vision et la perspective que l'observateur privilégie pour analyser les marais sont dépendent de l'ontologie et l'épistémologie propre à chaque auteur (Hatvany *et coll.*, 2015).

La littérature géohistorique portant sur le marais de la baie de Kamouraska illustre qu'en 1980, les agriculteurs de Kamouraska et le ministère de l'Agriculture du Québec s'associent afin de reconstruire l'aboteau de la baie de Kamouraska afin d'augmenter la production agricole dans la région. D'après les certitudes exprimées par l'ingénieur agronomique Gaétan Gourde dans *Les aboteaux, Comté de Kamouraska* (1980 : 21-30), il y aurait apparition d'un nouveau marais suite à la reconstruction des digues grâce à la croissance continue des marais. Ceci explique, entre autres, la décision du ministère de reconstruire la digue. Cependant, « la situation vira rapidement au scandale lorsque l'on découvre que le ministère de l'Agriculture avait entrepris les travaux de construction sans avoir réalisé une étude d'impact environnemental » (Hatvany, 2009 : 150). Ainsi, la reconstruction de l'aboteau fit éclater un affrontement entre les agriculteurs qui voulaient augmenter leurs revenus à l'aide de l'endiguement et les écologistes qui défendaient la protection de la baie de Kamouraska. C'était le choc des idées qui se vivait

directement sur le terrain (Hatvany, 2009 : 143-158). Il faut savoir qu'à l'époque, les études d'impact étaient très peu connues. Le concept est né durant les années 1960 grâce, entre autres, à l'essor du mouvement populaire environnemental suivant la publication du livre *Silent Spring* de Rachel Carson (1962). C'est à partir de ce moment que la plupart des citoyens comprirent que l'Homme pouvait non seulement avoir des impacts sur l'environnement, mais que ses actions pouvaient aussi avoir des incidences sur son propre milieu de vie. En 1980, lorsque le ministère de l'Agriculture décida de soutenir la reconstruction de l'aboteau sur le marais de la baie de Kamouraska, il y avait à peine vingt ans que le mouvement écologiste était amorcé et les études d'impact environnemental commençaient à démontrer l'importance écologique des marais (Teal et Teal, 1969; Reed et Moisan, 1971). Le livre d'Hatvany (2003) *Marshlands : Four centuries of environmental change on the shores of the St. Lawrence* est à ce sujet essentiel afin de comprendre la chronologie des événements relatifs aux activités anthropiques et à la construction des aboteaux.

Ainsi, la seule étude environnementale réalisée sur la baie de Kamouraska fut commandée par Environnement Canada et le Service canadien de la Faune. Cette étude, « Les marécages intertidaux dans l'estuaire du Saint-Laurent », rédigée par Gauthier *et coll.* en 1980, détaillait l'état général du marais, mais elle fût réalisée parallèlement à la reconstruction de l'aboteau, et non avant que des changements soient apportés au marais. Pourtant il reste un ouvrage essentiel pour l'étude des marais salés de Kamouraska afin de comprendre l'état naturel du marais de la baie de Kamouraska à l'époque de la reconstruction des aboteaux. L'étude décrivait les aspects biophysiques et écologiques du marais ainsi que les activités économiques pratiquées dans ce milieu. La conclusion de l'étude appelait à la protection du milieu et même, plus radicale, à l'enlèvement des digues mises en place sans l'autorisation du ministère de l'Environnement. Mais il était déjà trop tard, puisque les travaux étaient déjà en cours de finalisation. Il est donc difficile de dire à quel point la reconstruction de l'aboteau avait déjà eu un impact sur la biogéographie du marais. En 1982, le ministère de l'Environnement du Québec publia un rapport du Conseil consultatif de l'environnement intitulé *Mémoire sur la conservation, la protection ou l'utilisation des battures du Québec*, qui soutenait les conclusions de Gauthier *et coll.* (1980). Il recommandait la protection globale des milieux intertidaux au Québec (Fillion, 1982; Conseil consultatif en environnement, 1982). Après quoi, on y reconnaissait de plus en plus le rôle

essentiel que jouent les marais salés, entre autres, en termes de diversité biologique. Depuis, à l'exception d'une étude paléoécologique par Hatvany (2003 : 139-157) et d'un mémoire par Mathieu (2008), aucun suivi n'a été réalisé sur la baie de Kamouraska ni ailleurs où l'on a endigué des marais dans la région. Il est donc difficile de savoir de manière exacte l'influence des aboiteaux sur l'évolution de la biogéographie des marais salés.

La différence de vision des marais dans la littérature entre les valeurs économiques (les agriculteurs) et écologiques (biologistes, écologistes) résulte d'une réflexion amorcée quelques décennies plus tôt. Elle souligne aussi la transition entre l'ère industrielle et l'ère postindustrielle au Québec. En effet, comme Hatvany l'explique dans son texte « Growth and erosion : a reflexion on salt marsh evolution in the St. Lawrence Estuary using HGIS » (2014), durant l'ère industrielle, l'Homme avait plutôt tendance à vouloir contrôler la nature et la modeler selon ses besoins. En 1874 l'agronome Schmouth, dans son texte « Mise en culture des terrains envahis par les eaux salées » fait bien ressortir cet esprit : « L'étendue de terrain que l'on pourrait conquérir sur le fleuve depuis Saint-Jean-Port-Joli jusqu'à la limite orientale de cette province est immense » (154). Un siècle après, les conclusions d'un autre agronome, Hamel, dans son texte « La récupération et la mise en valeur des alluvions maritimes du St-Laurent » (1963) reflètent aussi ce genre de pensée : « Les rivages vaseux des anses de la Côte-du-Sud n'offrent aucun intérêt touristique, mais leurs longues battures, envahies par des herbes marines, présentent un grand intérêt agronomique » (Hamel, 1963 : 82). Mais dans les mêmes années, John et Mildred Teal écrivent le premier livre populaire sur les marais avec une approche écosystémique (*Life and Death of the Salt Marsh*, 1962). Ce livre permet une meilleure compréhension des écoservices du marais. Au Québec, cette notion des valeurs écologiques du marais ne commença à être comprise que durant les années 1970 avec, par exemple, le texte « The Spartina Tidal Marsh of the St. Lawrence Estuary and their Importance to Aquatic birds » de Reed et Moisan (1971).

Depuis les années 1980, les valeurs écologiques des marais intertidaux sont mentionnées dans pratiquement tous les ouvrages portant sur le sujet (Gosselink *et coll.*, 1973; Gauthier *et coll.*, 1980; Bertness, 1998; Hatvany, 2003, 2009; Dionne, 2004; Bernatchez et Dubois, 2004). Clairement, depuis cette période, on reconnaît de plus en plus que cette zone tampon, entre la

terre ferme et les étendues d'eau, effectue des écoservices, notamment la filtration d'éléments comme le phosphate, qui est recyclé par le marais, évitant ainsi que l'eau en contienne trop (Gosselink *et coll.*, 1973). D'ailleurs, le phosphate est l'un des principaux éléments entrant dans la composition des engrais utilisés par les agriculteurs. Le marais permet ainsi de diminuer la quantité de phosphate rejeté dans l'estuaire. Sa production d'énergie primaire en matière organique lui confère également un rôle de « support à la vie » (Gosselink *et coll.*, 1973 : 19). Dans ce même sens, les marais servent de pouponnière à plusieurs espèces aquatiques, dont la crevette, les poissons, la sauvagine, etc. (Bertness, 1998 : 369; Gauthier *et coll.*, 1980 : 62-63). Aujourd'hui, il est intéressant de souligner qu'il y a un manque de consensus concernant l'évolution biogéographique des marais. D'un côté, certains biologistes continuent de laisser croire que les marais sont en constante croissance : « Over time, however, sediment accretion and binding lead to the vertical growth of marshes, and eventually to the development of high marsh habitats that are flooded daily by tides » (Bertness, 1998 : 316). En revanche, les géomorphologues stipulent plutôt que les marais sont en érosion généralisée dans l'estuaire du Saint-Laurent : « La majorité des schorres des rives du moyen estuaire du Saint-Laurent sont actuellement en phase d'érosion; d'autres sont en équilibre précaire » (Dionne, 2004 : 96), et « l'analyse préliminaire des données existantes montre toutefois que les différents types de côtes composant le littoral du Québec méridional connaissent déjà un recul accéléré et que les marais maritimes – le système côtier le plus riche écologiquement – sont les plus affectés par l'érosion » (Bernatchez et Dubois, 2004 : 67). Cette dernière affirmation serait basée, entre autres, sur le réchauffement climatique et la hausse prédite du niveau moyen des mers mondial comme le soulignent Bernatchez et Dubois (2004 : 46) : « Dans le contexte des changements climatiques, ce phénomène devrait prendre de l'ampleur, notamment en raison de la hausse mondiale du niveau marin et de l'augmentation de l'intensité des tempêtes ». En 2004, Dionne écrira que : « Les études sur la morpho-sédimentologie et la dynamique de ces schorres sont encore trop peu nombreuses et doivent être développées pour que l'on comprenne mieux le fonctionnement de ces milieux humides dont la valeur écologique doit être préservée » (96). Pourtant, plusieurs études ont été effectuées sur le site de la baie de Kamouraska incluant Champagne *et coll.* (1983), et Sérodes et Dubé (1983). Fait intéressant, ils ont noté que le marais de la baie de Kamouraska était dans un état d'équilibre entre les processus d'érosion et de progression. Plus récemment, Drapeau (1992) écrivait que « Contrairement à l'interprétation souvent fournie selon

laquelle les schorres croissent à mesure que change le niveau marin, la présente interprétation implique que le schorre n'est pas simplement colonisé par la végétation à mesure que la sédimentation progresse; c'est au contraire la végétation qui provoque la sédimentation » (Drapeau, 1992 : 240) – il s'agit d'une piste intéressante, qui pourrait favoriser la renaturalisation du marais afin d'éviter l'érosion des berges. Il faut aussi souligner que la plupart des études effectuées sur la dynamique de sédimentation et d'érosion des marais proviennent de la côte est américaine (Kirwan *et coll.*, 2011; Hartig *et coll.*, 2002) ou de l'Europe (Bouchard *et coll.*, 1995; Verger, 2009). Cependant, comme Dionne (1968) a noté, ces régions ne sont pas soumises aux mêmes conditions climatiques rudes comme les marais du Québec, où la glace est un facteur important à prendre en compte dans la dynamique des marais.

Finalement, d'autres documents rédigés spécifiquement sur la baie de Kamouraska ont été utilisés dans le cadre de cette étude. Nommons parmi ceux-ci celui de Mathieu (2008), « Évolution du marais de Kamouraska : l'effet de coincement », qui a cartographié la distribution actuelle de la végétation du marais le long de transects, l'étude effectuée par Carreau (2010), « Les marais intertidaux du Saint-Laurent : complexités et dynamiques naturelles et culturelles » sur la géomorphologie de la baie de Kamouraska et la dynamique d'accroissement et d'érosion de son marais. Il faut aussi mentionner les travaux qui traitent de la question de renaturalisation dont ceux d'Hatvany « Wetlands and Reclamation » (2009b : 245) et le livre d'Higgs *Nature by Design* (2003).

Enfin, l'évaluation de l'évolution du marais mènera à poser des questions sur la renaturalisation du site de la baie de Kamouraska dans le but, si les résultats démontrent qu'il en serait ainsi, d'améliorer le potentiel du marais à rendre des services écologiques tout en portant une attention particulière aux effets qui pourraient se répercuter sur les agriculteurs.

Organisation du mémoire

Dans le deuxième chapitre, il sera question de la méthodologie utilisée afin de pouvoir mener à bien cette recherche, de la revue de littérature, des transects, des méthodes d'analyse des cartes anciennes et des photographies aériennes et enfin de l'utilisation d'ArcGIS dans le but de

produire de nouvelles cartes. Dans le chapitre 3, les milieux naturels et culturels seront abordés afin de mieux comprendre la dynamique englobant la sédimentation et la succession des plantes. Dans le chapitre 4 figurera l'analyse de chacune des photographies aériennes qui ont été effectuées sur ce terrain ainsi que l'interprétation qui en découle, pour en arriver à une succession de cartes qui démontrent l'évolution de chacune des zones de végétation. Enfin dans le cinquième chapitre, la discussion portera sur les marais intertidaux dans un contexte de développement durable et dans une optique de renaturalisation. Le mémoire se terminera avec une recommandation concernant la renaturalisation ou non du marais.

Chapitre 2 : Les outils et les moyens d'analyse

Revue de littérature

Une revue de la littérature a été effectuée sur des sujets tels la dynamique sédimentaire des marais salés, la succession des plantes, les aboiteaux et la renaturalisation des marais. On signale ici certains ouvrages principaux utilisés pour la rédaction ce mémoire. L'étude de Gauthier *et coll.*, «Les marécages intertidaux dans l'estuaire du Saint-Laurent» (1980), l'ouvrage de Bertness, *The Ecology of Atlantic Shorelines* (1998) sur la dynamique de succession des plantes, l'ensemble des textes d'Hatvany sur les interactions société-économie-nature concernant les marais de l'estuaire du Saint-Laurent (2009, 2012, 2013) et ces mêmes interactions au niveau mondial (2015), l'article « La récupération et la mise en valeur des alluvions maritimes du Saint-Laurent » d'Hamel (1963) pour l'interprétation des photographies aériennes les plus anciennes, les textes de Dionne (2004), Sérodes et Dubé (1983) et Champagne *et coll.* (1983) pour mieux comprendre la dynamique sédimentaire du marais et enfin le rapport de Joubert et Bachand, « Un marais en changement, caractérisation du marais salé de la baie de Kamouraska » (2012) concernant la question de renaturalisation des marais. Les transects de Kim Mathieu faits en 2008, ont été particulièrement importants afin de pouvoir corréler les données prises sur le terrain par cette dernière concernant les limites de végétation et celles observées sur les photographies aériennes. Le livre de Fleurbec, *Plantes sauvages du bord de mer*(1985) a été l'outil de référence principal en ce qui concerne l'identification des plantes sur le terrain.

Transects biogéographiques

Afin de se familiariser avec le milieu, deux sorties ont été effectuées sur le marais de la baie de Kamouraska afin de connaître les diverses formes spécifiques des marais salés et celles particulières à ce site. La première sortie a eu lieu du 6 au 8 juin 2012 dans le but de repérer les phénomènes observables, la topographie et la forme du terrain pour ensuite les identifier sur les photographies aériennes. Une deuxième sortie sur le terrain a eu lieu en septembre 2012 dans le but de faire deux transects biogéographiques afin d'identifier les différents types et zones de végétation dominante qui sont présents sur la baie de Kamouraska. Le premier transect a été fait

dans le secteur est du marais, à Cap-Blanc, et le deuxième dans le secteur de Cap-au-Diable, à l'ouest. Ces transects ont été effectués afin de déterminer les zones de végétation dans un secteur en accrétion (Cap-Blanc) et dans un secteur en érosion (Cap-au-Diable). Pour effectuer les transects, un GPS Garmin Map 78s en mode différentiel a été utilisé pour relever les données géographiques des zones de végétation. Le niveau de précision du GPS était de cinq mètres pour un intervalle de confiance de 95 %.

Les deux transects biogéographiques effectués dans le cadre de cette recherche en 2012 ont été combinés avec une série de 23 transects effectués sur le marais entier en 2010 par Kim Mathieu dans le cadre de son mémoire « Évolution du marais de Kamouraska : l'effet de coincement ». Les transects effectués par Mathieu étaient positionnés sur l'estran, à tous les 300 m environ. Ces relevés consistaient à noter les limites de chacune des trois zones caractéristiques de végétation avec un GPS pour ensuite les reporter sur une photographie aérienne de 2001 (figure 3). Plus spécifiquement, les données biogéographiques ont été prises de la limite entre le schorre et la slikke en ligne jusqu'au pied de l'aboteau. Selon les méthodes utilisées par Mathieu, « Toutes les espèces végétales se situant sur cette ligne et aux abords (10 m de chaque côté du transect) ont été notées et toute anomalie signalée (ex : présence de laisses de mer ou de marelles qui peuvent altérer la distribution des plantes) » (2008 : 14). Les transects de Mathieu ont également permis de corroborer l'identification des zones de végétation sur les photographies aériennes de 2009 (figure 4).

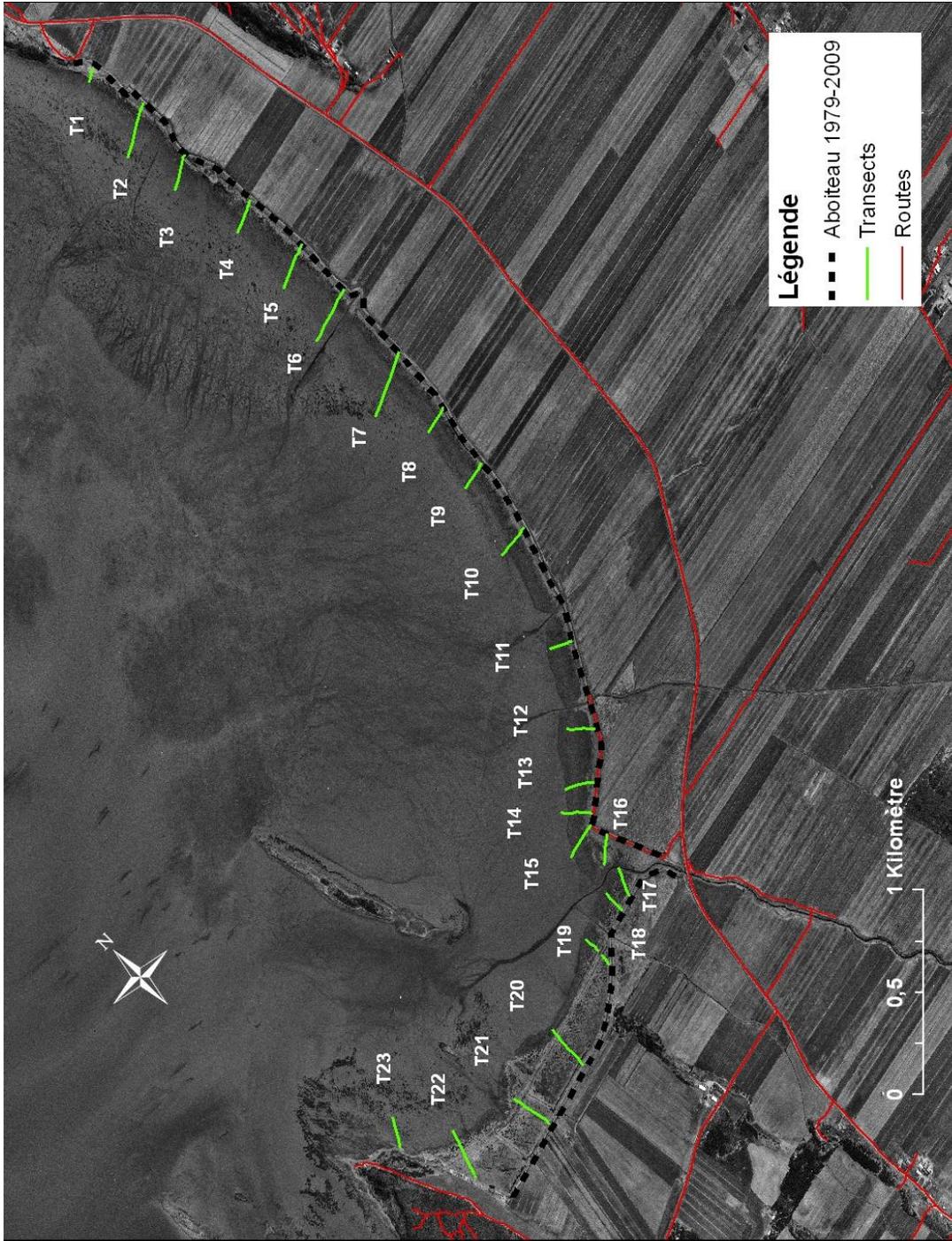


Figure 3 Transects biogéographiques du marais de la baie de Kamouraska effectués en 2008
 Source : Tiré de Mathieu (2008 : 13).

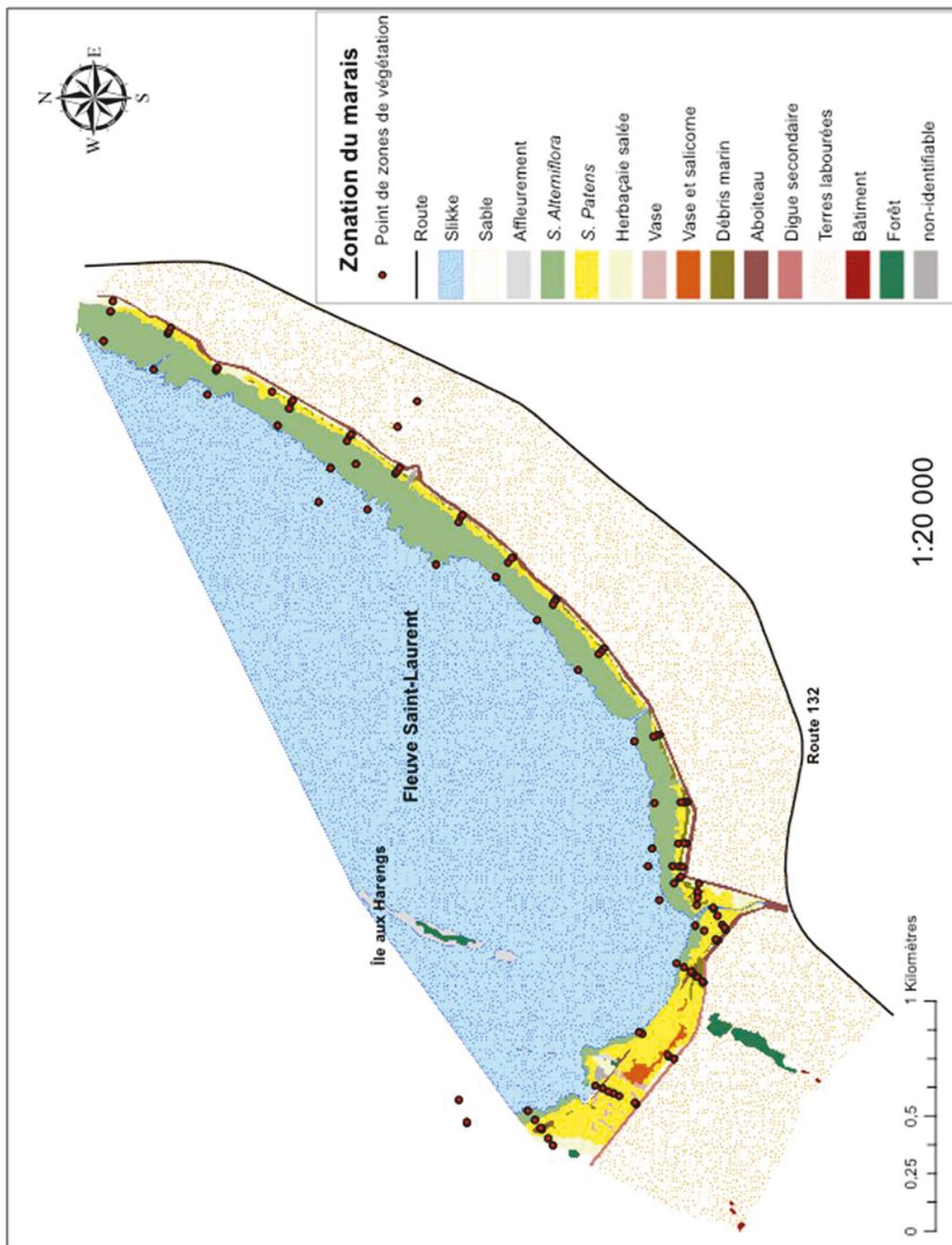


Figure 4 Point de contrôle de la végétation transposés sur carte de zone de végétation de 2009
Source : Tiré de Kim Mathieu (2008).

Des relevés de végétation dans des quadrats d'un périmètre de un mètre par un mètre ont été faits dans chacune des zones de végétation identifiées vis-à-vis les transects. Sur les transects du marais, les changements de végétation sont nettement visibles à l'œil nu. Ensuite, les plants ont été identifiés au laboratoire de paléoécologie pour vérifier l'identification préalablement établie sur le terrain. Le marais se sépare ainsi en trois zones de végétation avec une composition spécifique à chacune des zones (Tableau 1).

Zones de végétation et localisation	Espèces identifiées	Notes
Zone à <i>Spartina alterniflora</i> (Schorre inférieure)	<i>Spartina alterniflora</i> <i>Salicornia europea</i>	La <i>Spartina alterniflora</i> forme un tapis de végétation quasi monospécifique.
Zone à <i>Spartina patens</i> (Schorre supérieur)	<i>Spartina patens</i> <i>Suaeda maritima</i> <i>Salicornia europea</i> <i>Plantago maritima</i> <i>Limonium nashii</i> <i>Atriplex hastata</i> <i>Triglochin maritima</i> <i>Glaux maritima</i>	Zone dominée par la <i>Spartina patens</i> .
Herbaciaie salée (Schorre supérieur)	<i>Carex paleacea</i> <i>Atriplex hastata</i> <i>Scirpus maritimus</i> <i>Hordeum jubatum</i> <i>Juncus gerardi</i> <i>Elymus arenarius</i> <i>Potentilla anserina</i> <i>Solidago sempervirens</i>	La <i>Spartina pectinata</i> domine dans cette zone. Gauthier <i>et coll.</i> (1980) ont dénombré 35 espèces dans cette zone.

Tableau 1
Espèces de plantes par zones de végétation

Cartes anciennes

Dans le but de comprendre l'évolution spatio-temporelle de la baie de Kamouraska le plus loin possible historiquement, des cartes anciennes de la baie de Kamouraska par Jeremiah McCarthy (1781) et par Joseph Hamel (1826) ont été analysées. Ces cartes anciennes ont été numérisées à une résolution de 600 dpi. Le géoréférencement a aussi été fait à partir de l'orthophotographie de 1985 et des points de repère comme les routes, la forme de la baie et le ruisseau du Bras ont été utilisés afin d'établir une fiabilité suffisante du géoréférencement. Par contre, il faut se rappeler que ces cartes, vu leur nature ancienne, n'ont pas la précision des photographies aériennes puisqu'elles ont été faites sans appareils d'arpentage sophistiqués. Elles ont toutefois été géoréférencées de manière à être le plus près possible de la réalité. Afin de réaliser des cartes montrant l'évolution spatio-temporelle du marais de la baie de Kamouraska de 1781 à 2009, le traçage de polygones identifiant les différentes zones de végétation ainsi que les aboiteaux et digues secondaires a été effectué, et ce à l'aide d'ArcGIS.

Photographies aériennes

Afin de pouvoir identifier les changements du marais de la baie de Kamouraska dans les temps modernes, l'obtention des photographies aériennes de la baie a été nécessaire, soit celles de 1929, 1948, 1974, 1980, 1985 et 2009. Les photographies ont été numérisées à une résolution de 1200 dpi afin de conserver tous les détails lors du transfert dans le logiciel ArcGIS. Le géoréférencement des photographies aériennes de 1929, 1948, 1974, 1980 et 2009 s'est fait à partir de l'orthophotographie de 1985, dont la projection cartographique est NAD 83 MTM 7 dans ArcGIS. Ce choix s'est fait en vertu de la facilité à identifier des points de repère, en plus d'avoir une meilleure clarté que la photographie de 2009, prise sur Google Earth. Le géoréférencement s'est fait à partir de points de repère identifiables (routes, bâtiments, affleurement rocheux, etc.) sur chacune des photographies, ce qui le rend fiable. Les différentes zones de végétation ont été identifiées grâce aux couleurs, teintes et formes qui caractérisent chacune d'elles. Entre autres, les mares et marelles qui correspondent à la zone à *Spartina patens*, ou encore la gradation de gris qui indique le niveau de drainage du sol : plus le sol est pâle, mieux le drainage se fait. On peut de cette manière dire que les zones les plus pâles correspondent à l'herbaciaie salée, la zone un peu plus foncée ponctuée de mares et marelles correspond à la zone de *Spartina patens* et enfin, la zone la plus foncée correspond à la *Spartina alterniflora*. De plus, les zones de végétation ont la caractéristique d'être parallèles l'une à l'autre.

Chapitre 3 : Le milieu naturel et culturel

3.1 Le milieu physique

Le marais de la baie de Kamouraska est situé dans le moyen estuaire du Saint-Laurent, soit la zone de mélange des eaux salées du golfe du Saint-Laurent et des eaux douces provenant des Grands Lacs. « L'estuaire est donc caractérisé par des conditions de salinité qui varient selon le brassage des eaux de surface ainsi que par la présence de marées quotidiennes semi-diurnes » (d'Anglejan, 1981 : 85). Le moyen estuaire du Saint-Laurent a la caractéristique d'être un endroit idéal pour la formation d'un « bouchon vaseux ». Ce « bouchon vaseux » est créé par la rencontre d'eaux douces et salées qui entraîne des courants résiduels dont la charge sédimentaire est élevée. Sur une photographie thermique Landsat-5 TM de 2001 (Figure 5), on distingue très bien les eaux fortement chargées en sédiments qui caractérisent le « bouchon vaseux » se mêlant aux eaux plus claires du fleuve Saint-Laurent. On peut facilement identifier la baie de Kamouraska sur cette photographie et constater que le marais est bien situé dans le « bouchon vaseux », ce qui lui assure un apport important en sédiments (Sérodes et Dubé, 1983 : 19).

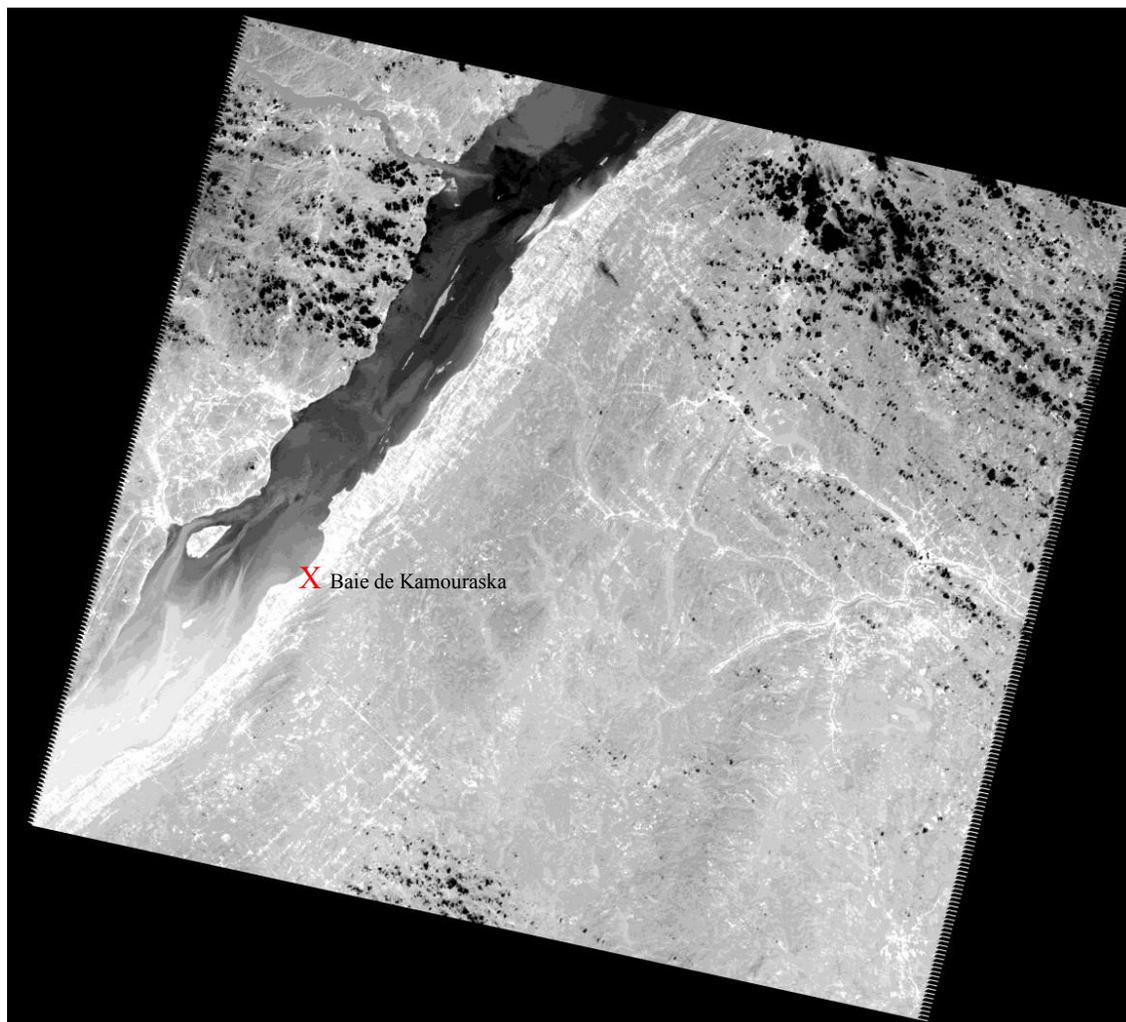


Figure 5 Photographie thermique du moyen estuaire du Saint-Laurent
Source : USGS et NASA, 2011.

Les marais sont des écosystèmes côtiers qui se forment à l'abri des vagues, sur des reliefs relativement peu accidentés dont la pente est faible. Ceci permet aux sédiments contenus dans l'eau de s'accumuler de manière successive, sous l'action des marées. Les plantes halophytes présentes, telle la *Spartina alterniflora*, retiennent les sédiments, ce qui permet leur accumulation. Ce nouvel apport permet ainsi à la *Spartina alterniflora* de se densifier et de s'accroître (Bertness, 1998 : 315). On décrit les marais intertidaux comme la zone de végétation qui est soumise aux inondations des marées. Selon Dionne (2004 : 74), « Il s'agit d'un tapis végétal continu et relativement dense, bien que parfois caractérisé par des mares, des chenaux de marée ou des espaces dénudés ». Mais bien que le marais semble une étendue uniforme, il est au

contraire divisé en deux parties principales selon l'altitude : la slikke et le schorre (Figure 6). Ces deux mots proviennent du néerlandais et ont été adoptés dans la langue française puisque ce sont ceux qui correspondent le mieux aux attributs du terrain (Dionne, 2004 : 75).

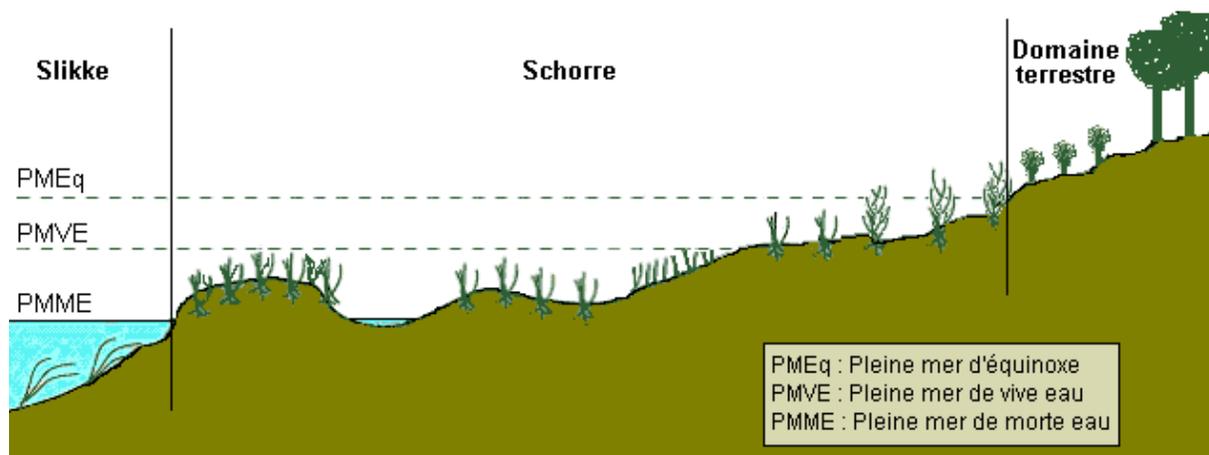


Figure 6 Profil d'un marais intertidal

Source : Observatoire de l'Environnement en Poitou-Charentes, 2015.

La slikke est la partie vaseuse du marais, caractérisée par une quasi-absence de végétation, à l'exception de quelques algues (*Fucus vesiculosus*, *Zostera marina*). Elle compte en plus quelques colonies éparses de *Spartina alterniflora* à sa limite supérieure. Il est à noter que la slikke est située sous le *niveau moyen des mers* (NMM). Elle est donc inondée à toutes les marées hautes, ce qui fait de ce secteur un lieu extrêmement dynamique au niveau sédimentaire (Dionne, 2004 : 75).

Le schorre est le secteur où la végétation se présente sous forme de tapis continu. Il se divise en deux parties distinctes (Figure 6) : le schorre inférieur et le schorre supérieur. C'est le *niveau des hautes mers moyennes* (HMM) qui en détermine la séparation (Dionne, 2004). Le schorre inférieur, régulièrement submergé par les eaux, est l'habitat de *Spartina alterniflora*, qui s'y trouve de manière très dense; la végétation y est monospécifique. Quant au schorre supérieur, il est inondé seulement par les *hautes mers de vives-eaux* (HMVE) (Dionne, 2004). Sa végétation est plus diversifiée, mais dominée par la *Spartina patens* et la *Spartina pectinata*. Fréquemment, on peut observer sur le schorre supérieur une multitude de petites cuvettes ou marelles. Celles-ci

résultent de plusieurs facteurs, incluant les processus glaciels associés aux modalités du déglacement printanier et au gradient d'inondation. Souvent, les glaces arrachent de petits radeaux de végétation qui forment les marelles (Allard, 1981 : 152).

À partir de la ligne des *hautes mers de vives-eaux*, on retrouve la zone d'herbaciaie salée. Elle n'est inondée que de manière exceptionnelle, lors de grandes marées et de tempêtes par exemple. La végétation y est très variée, caractérisée par des plantes de bord de mer. L'élyme des sables (*Elymus arenarius*) est un très bon indicateur pour identifier rapidement le changement de végétation. Selon Fleurbec (1985 : 161), « Il se tient en bordure des eaux salées ou saumâtres (dont la salinité dépasse 0,3 ‰) hors de portée des marées, mais pas toujours des tempêtes ».

3.1.1 La dynamique sédimentaire

La dynamique sédimentaire sur le marais de la baie de Kamouraska est un phénomène complexe régi par plusieurs processus dont les taux de sédimentation disponibles dans l'eau à différentes saisons de l'année, l'amplitude des marées, les vagues, le vent, la glace, la végétation, le climat et les activités anthropiques (d'Anglejan, 1981; Sérodes et Dubé, 1983; Drapeau, 1992). Le processus d'échange de sédiments opéré entre la zone littorale et le large contribuent à la formation d'une zone de turbidité maximale dans le moyen estuaire. Les sédiments disponibles à la fin de l'hiver et au printemps sont retenus sur les marais intertidaux pendant l'été, où la sédimentation est favorisée par la croissance de végétation (Drapeau, 1992 : 235, Lucotte et d'Anglejan, 1986 : 88).

3.1.1.1 Les marées

Les marées sont un des facteurs principaux de l'apport en sédiments sur le marais. La durée moyenne du courant flot est inférieure à celle du courant du jusant, alors les sédiments transportés par le courant flot sur le marais peuvent se déposer pendant l'étale de pleine mer. L'étale de pleine mer est la période la plus favorable à la sédimentation, puisqu'elle correspond à un renversement des courants tidaux pendant lequel les mouvements d'eau restent pratiquement stationnaires, ce qui permet la décantation et la déposition par gravité de sédiments en suspension (Sérodès et Dubé, 1983 : 14). Quant au courant du jusant, sa vitesse est trop faible pour que les sédiments soient repris et retournés à la mer. L'émersion graduelle du marais lors du jusant permet le renforcement de la cohésion des particules restantes et, en limitant le pouvoir érosif des courants tidaux, permettra la progradation du marais à long terme (Paskoff, 2006 *in* Gauthier, 2011 : 11).

3.1.1.2 Le vent et les vagues

La sédimentation intertidale est grandement influencée par le régime des vents qui génèrent les vagues; les forts vents provoquent des vagues de grandes amplitudes qui transportent et remettent les sédiments en suspension. Dans le cas de Kamouraska, ce sont les vents en provenance du nord-est qui sont les plus forts et qui ont une grande influence sur la sédimentation (Sérodès et Dubé, 1983 : 7). Il faut aussi mentionner les vagues de tempêtes : bien que ponctuelles, elles peuvent éroder une quantité importante de matériaux. Mais les vagues n'ont pas un impact homogène sur le marais de la baie de Kamouraska. Selon les observations d'Hatvany (2014 : 185), la partie ouest du marais a subi une érosion importante -- on peut même observer dans ce secteur la formation d'une microfalaise entre le bas et le haut schorre. Cette section du marais reçoit directement les vents du nord-est ainsi que les puissantes vagues qui les accompagnent. Cependant, la même étude a démontré que le schorre inférieur, dans la partie est du marais, est en accrétion; le Cap-Blanc la protège des vents du nord-est, ce qui permet au schorre inférieur de s'y développer et de se stabiliser par un couvert fort de *Spartina alterniflora* qui favorise la sédimentation (Hatvany, 2014 : 185).

3.1.1.3 La glace

Contrairement à la plupart des marais salés méridionaux qui ont été étudiés à travers le monde, les marais situés le long du fleuve Saint-Laurent sont sous l'influence d'une variable additionnelle qui influence de manière importante la géomorphologie des marais : la glace. Les processus glaciels ont une grande influence sur les formes et sur la sédimentation du marais. Ils sont responsables de plusieurs formes observables sur le terrain : mares, marelles, radeaux de végétation, transport de blocs erratiques, etc. La glace est présente sur une période d'environ quatre mois, soit de décembre à avril (Dionne, 1968 :380). À l'aide des marées et des vagues, la glace transporte des sédiments qui peuvent être beaucoup plus gros (blocs erratiques) que ceux transportés par les marées et les vagues durant le reste de l'année.

3.1.1.4 La Hausse du niveau marin

À l'échelle planétaire, des études constatent une hausse du niveau marin de 2 mm par an (CNRS, 2015). Celui-ci peut augmenter entre autres le taux d'érosion des côtes et les risques d'inondations. L'accélération de cette hausse du niveau marin, dans l'histoire récente, est attribuable, selon certaines études, aux conséquences des changements climatiques qui font fondre les glaces des pôles, ce qui augmente l'apport en eau dans les océans. Les changements climatiques entraînent aussi une expansion thermique des couches supérieures des océans (GIEC, 2013 : 60). Toutefois, le niveau marin ne s'élève pas partout. Selon Paskoff (1998 : 13-14) :

[...] l'important pour l'évolution d'une côte est le niveau marin relatif, qui résulte de l'interférence des mouvements des continents (affaissement ou soulèvement) et des variations du niveau général des océans et des mers (hausse ou baisse). Sur les rivages des hautes latitudes qui continuent à se soulever, le niveau marin relatif s'abaisse, comme conséquence de la disparition du poids de la glace qui les recouvrait pendant la dernière époque de refroidissement de la Terre.

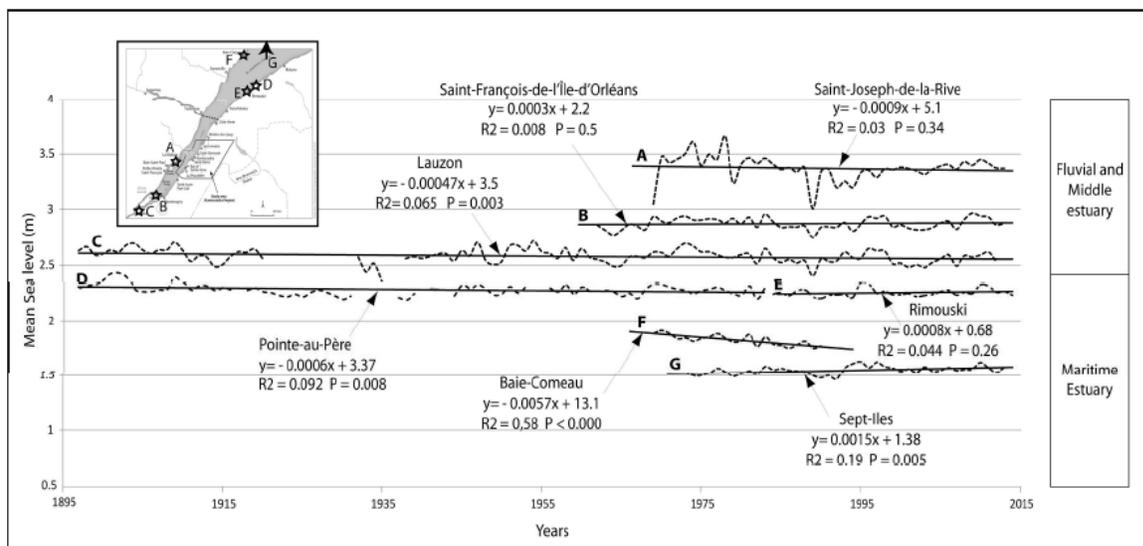


Figure 7 Niveau relatif à long terme de la mer basé sur les données marégraphiques pour sept sites dans l'estuaire moyen et maritime du Saint-Laurent

Source : Tirée de Hatvany, Cayer et Parent, 2015.

Une analyse récente des données marégraphiques du moyen estuaire du Saint-Laurent par Hatvany, Cayer et Parent (2015) démontre que la hausse présumée du niveau marin est plutôt variable et même quelques fois inexistante selon la location. Si les marégraphes à Rimouski démontrent une stabilité depuis les années 1970 (Figure 7), ce n'est pas le cas avec la station marégraphique à Lauzon où les fluctuations sont nulles, voire négatives (Figure 7). Donc, contrairement au discours alarmiste de certains auteurs (Bernachez et Dubois, 2004 : 46), la hausse du niveau marin n'est présentement pas généralisée à toutes les côtes du Saint-Laurent. Clairement, comme Hatvany, Cayer et Parent (2015) notent, il faut prendre en compte l'influence du relèvement isostatique des côtes – ce qui est toujours en vigueur à ces latitudes. Alors, si certains auteurs indiquent qu'il y a une augmentation du taux d'érosion des côtes due à la hausse du niveau marin, c'est peut-être parce qu'ils négligent la cyclicité de la dynamique sédimentaire (Hatvany, Cayer et Parent, 2015).



Il faut aussi prendre en compte un autre phénomène qui a une influence sur le niveau marin, de façon positive et négative, soit les marées de Saros. Le Saros est un terme en astronomie qui est lié à la déclinaison de la lune et qui varie sur un cycle de 18 ans et 10 jours : la lune est plus ou moins haute selon le moment dans le cycle (Le Monde, 2015). Ceci fait augmenter ou baisser le niveau des marées. Actuellement, l'influence de la lune fait augmenter le niveau des marées, et le cycle changera de tendance à partir de 2015 jusqu'en 2024, pour recommencer ensuite (NASA, 2014). Ceci sans parler de tous les autres facteurs qui peuvent entrer en ligne de compte et rendre l'explication encore plus complexe : des phénomènes comme El Nino, le cycle des ouragans, le cycle des tempêtes, etc., ajoutent ainsi plusieurs données à l'ensemble.

3.1.2 La dynamique de succession de la végétation

Les marais intertidaux sont un milieu qui s'autorégule et fonctionne en relation avec le régime des marées, qui apporte des nutriments nécessaires à la croissance de la végétation qui va fixer le sol, créant ainsi une chaîne alimentaire qui servira à nourrir autant les microorganismes que les plus gros prédateurs comme les crabes ou les canards. La végétation est au cœur de cet écosystème que l'on dit être l'un des plus productifs au monde. Il est donc ironique que les marais intertidaux soient reconnus comme milieu difficile pour la végétation qui doit s'y adapter. La salinité de l'eau, l'inondation par les marées, les caractéristiques de chacune des saisons, ainsi que les événements ponctuels comme les tempêtes sont autant des facteurs auxquels doivent s'adapter les espèces végétales, et chacune d'entre elles y trouve sa zone de prédilection (Bertness, 1998 : 344-347).

Schémas de zonation des marais salés du Kamouraska

- Zones 1-2** Haute slikke et bas schorre : zones du marais inondées à chaque marée haute. La slikke est vaseuse et sans végétation sauf pour la *Zostera marina* et des îlots de *Spartina alterniflora* dans la partie supérieure. Le bas schorre est dominé par un tapis de *Spartina alterniflora*; la *Salicornia europaea* est aussi présente.
- Zone 3** Schorre (intermédiaire) : zone inondée environ le quart de l'année et dominée par la *Spartina patens*. On note la présence de :
- | | | | |
|----------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------|
| <i>Suaeda maritima</i> | <i>Limonium nashii</i> | <i>Atriplex hastata</i> | <i>Triglochin maritima</i> |
| <i>Salicornia europaea</i> | <i>Plantago maritima</i> | <i>Glaux maritima</i> | |
- Zone 4** Haut schorre : zone inondée seulement 0 à 3 % de l'année et dominée par la *Spartina pectinata* et d'autres halophytes incluant :
- | | | | |
|--------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|
| <i>Carex paleacea</i> | <i>Atriplex hastata</i> | <i>Solidago sempervirens</i> | <i>Potentilla anserina</i> |
| <i>Scirpus maritimus</i> | <i>Hordeum jubatum</i> | <i>Polygonum convolvulus</i> | <i>Ranunculus cymbalaria</i> |
| <i>Juncus gerardi</i> | <i>Elymus arenarius</i> | <i>Phragmites communis</i> | |

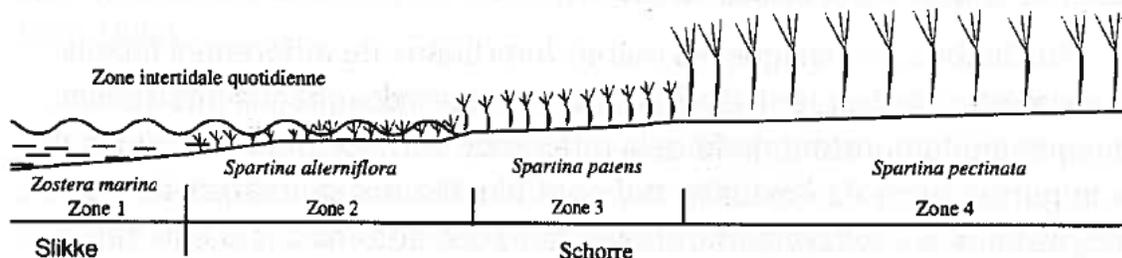


Figure 8 Schéma de zonation des marais salés de Kamouraska

Source : Tirée de Hatvany, 2009 : 21.

Sur le marais de Kamouraska, les zones de végétation sont distribuées de manière parallèle à la côte : cela correspond au gradient d'inondation auquel la végétation est soumise. Le temps de submersion de la végétation imposé par les marées et la salinité de l'eau sont des facteurs majeurs qui expliquent la zonation distincte de la végétation. Sur le marais de la baie de Kamouraska, selon Hatvany (2009 : 21), on peut observer trois grandes zones de végétation bien distinctes (Figure 8).



Spartina alterniflora

Spartina patens

Spartina pectinata

Figure 9 Les trois principales plantes retrouvées sur les marais salés de Kamouraska
Source : Fleurbec, 1985 :151,155,159.

3.1.2.1 La zone à *Spartina alterniflora*

Comme mentionné précédemment, la zone à *Spartina alterniflora* (spartine alterniflore) est celle correspondant au schorre inférieur. Cette halophyte (Figure 9) dite pionnière peut tolérer un gradient d'immersion qui varie de 9 % à 100 % du temps. Sur la baie de Kamouraska, ce gradient varie selon la pente du schorre d'une variation altitudinale d'environ 2 mètres (Lavoie, 1982 : 28). La *S. alterniflora* tolère un taux de salinité dépassant 0,3 % (Fleurbec, 1985 : 154). Cette plante joue un rôle majeur dans la fixation des sédiments : elle freine leur retour à la mer et

permet l'accrétion de ceux-ci (Marie-Victorin, 1935 : 785). Elle résiste aux conditions difficiles et se reproduit par rhizomes et par graines. Toutefois, comme les graines prennent près de deux ans à germer, le clonage par rhizomes reste son principal moyen de reproduction. L'occupation de nouveaux secteurs se fait par le biais des déplacements de radeaux de végétation qui ont été arrachés suite au passage de la glace. Ainsi, la *S. alterniflora* développe ses racines ailleurs sur le marais (Dionne, 2003 : 95-97; McKee et Patrick, 1988 : 149). Les dommages causés par la glace font que le schorre inférieur est en état continu de recouvrement (Bertness, 1998 : 343).

Par contre, la *S. alterniflora* est peu compétitive, ce qui explique son absence marquée lorsque le taux de salinité et le temps de submersion sont réduits au-dessus du niveau moyen des marées (c'est-à-dire 3,16 m) : elle fait place aux espèces plus compétitives. Ainsi, la *S. alterniflora* doit sa dominance sur le schorre inférieur uniquement à sa tolérance aux stress physiques élevés (Figure 10), contrairement aux autres espèces (Bertness, 1998 : 334-335).

3.1.2.2 La zone à *Spartina patens*

Lorsque les conditions physiques et biologiques le permettent, la *S. alterniflora* du schorre inférieur laisse place à *Spartina patens* (spartine étalée) sur le schorre supérieur. Tandis que cette dernière est dominante sur la partie inférieure du schorre supérieur, elle cohabite avec environ une vingtaine d'autres espèces (Gauthier *et coll.*, 1980 : 9; Hatvany, 2009 : 21). La *S. patens* est submergée lors des grandes marées et tolère, selon les auteurs, un gradient de submersion allant de 2 % à 9 % (Gauthier, 1978 *in* Gauthier *et coll.*, 1980 : 9). Donc, la *S. patens* borde la limite supérieure des hautes mers moyennes, soit de 6,2 mètres (Hatvany 2014 : 185). On note que c'est le long de cette limite que les marelles se font les plus nombreuses et les plus variées (Gauthier *et coll.*, 1980 : 9).

La *S. patens*, tout comme la *S. alterniflora*, assure la filtration des eaux. Elle joue un rôle de centre d'épuration sur les côtes, filtrant les éléments chimiques de sources terrestres, donc potentiellement toxiques, contenus dans les eaux usées ou de ruissellement. Les engrais chimiques que répandent les agriculteurs afin de s'assurer d'une bonne récolte s'écoulent par les

digues et la nappe phréatique; ils sont ainsi filtrés en majeure partie par ces espèces, qui assurent une meilleure qualité de l'eau à l'environnement (Gosselink *et coll.*, 1973 : 7).

Parmi les espèces que l'on trouve sur le schorre supérieur, il y a *Limonium nashii* (limonium de nash), *Potentilla anserina* (potentille ansérine), *Glaux maritima* (glauce maritime), *Salicornia europea* (salicorne d'Europe), *Plantago maritima* (plantain maritime) et *Triglochin maritima* (troscart maritime) (Fleurbec, 1985; Gauthier *et coll.*, 1980; Hatvany, 2009 : 21).

3.1.2.3 La zone à *Spartina pectinata* ou herbaçaiie salée

La zone à *Spartina pectinata* s'étend au-delà des pleines mers de vives-eaux, jusqu'aux pleines mers d'équinoxe, c'est-à-dire qu'elle a un temps d'immersion variant entre 5,7 % et moins de 0,1 % (Gauthier *et coll.*, 1980 : 10). Cette zone, située à une hauteur de 4,2 m selon Hatvany (2014 : 185), est très diversifiée en espèces végétales. Elle est souvent dominée par la *Spartina pectinata* (spartine pectinée), mais aussi par la *Scirpus maritimus* (scirpe maritime) et le *Carex paleacea* (carex paléacé) (Gauthier *et coll.*, 1980 : 10). Ces plantes peu tolérantes à l'eau saline sont particulièrement utiles au marais, puisqu'avec leurs réseaux de racines et de rhizomes très denses, elles aident à retenir le sol sur les rives et contribuent à diminuer les pertes causées par l'érosion (Mathieu, 2008 : 20). On retrouve aussi dans cette zone des espèces telles que le *Juncus balticus* (jonc de la Baltique), le *Juncus Gerardii* (jonc de Gérard), l'*Atriplex hastata* (arroches hastées) et le *Solidago sempervirens* (verge d'or toujours verte) (Hatvany, 2009 : 21).

Dans cette zone, les marelles sont moins présentes et rarement causées par les glaces, mais plutôt par la rétention d'eau de mer. En été, pendant les périodes les plus chaudes, l'eau de mer qui reste s'évapore et augmente le taux de salinité du sol, qui, devenu trop salé devient dénudé de toute végétation. Pendant ce processus de salinisation des marelles, certaines plantes se succèdent afin d'occuper l'espace : d'abord la *S. alterniflora*, puis la *Salicornia europea*, qui tolèrent une plus grande salinité, jusqu'à ce que le sol soit rendu trop salé même pour ces deux espèces. Ensuite le sol devient nu, craquelé et susceptible de s'éroder avec de fortes pluies (Gauthier *et coll.*, 1980 : 10).

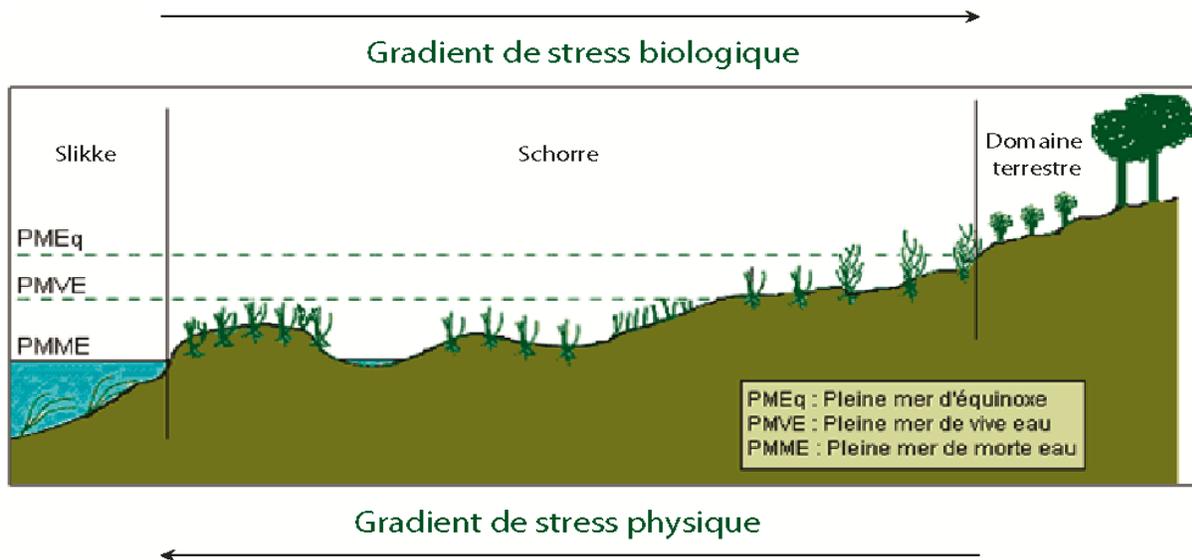


Figure 10 Gradients de stress biologique et physique sur les plantes halophytes
 Source : Observatoire de l'environnement de Poitou-Charentes, 2015.

3.1.2.4 Les espèces opportunistes

Grâce à la dispersion rapide de leurs graines, certaines plantes occupent le marais là où des perturbations environnementales ont eu lieu (Bertness, 1998 : 346). Ces plantes, que l'on qualifie de fugitives ou encore de pionnières, occupent les espaces perturbés pour ensuite laisser place aux espèces plus compétitives. Nommons entre autres la *Salicornia europea*, qui pousse dans les marelles asséchées où la concentration en sel peut atteindre les 10 % (Fleurbec, 1985 : 135). L'*Atriplex* sp., qui occupe les endroits où il y a eu une accumulation de débris marin, est favorisée par la décomposition de ceux-ci (Gauthier, 2010 : 17).

3.1.3 L'effet de coincement

Selon l'étude de Hatvany (2014 : 187), en 1826, le marais de la baie de Kamouraska avait une longueur de 6,7 km, une largeur de 535 m et une aire de 309,8 hectares. Ces mesures représentent la superficie du marais avant les transformations anthropiques qui commencèrent plus tard dans le XIXe siècle. À ce moment le marais avait une pente de 1,6 % sur laquelle se répartissaient les trois zones de végétation principales (Sérodes et Dubé, 1983 : 17). Dans le cas de la baie de Kamouraska, une barrière artificielle, un aboiteau, sera érigée en 1937. Celle-ci vient modifier la dynamique du marais, qui se trouve ainsi coincé entre la digue et la mer, ne pouvant plus s'étendre sur sa pleine largeur. La mobilité du marais vers l'intérieur des terres se retrouve contrôlée de part et d'autre par la présence de la mer et de l'aboiteau (Mathieu, 2008 : 38). Cela entraîne deux principales conséquences : la première est l'accumulation de « laisses de mer » au pied de la digue. Les débris venant de la mer qui sont normalement répandus sur la pleine largeur du marais grâce aux marées n'ont que peu d'impact sur un marais n'ayant pas de barrière naturelle ou anthropique. Mais sur un marais comme celui de Kamouraska, l'aboiteau empêche cet épandage de débris et ceux-ci s'accumulent à son pied. Cette accumulation de débris rend l'endroit anoxique, donc difficile pour les végétaux (Gauthier, 2011 : 17). La décomposition de ces débris émet une forte odeur de soufre. La deuxième conséquence est la disparition de certaines zones de végétation. Les espèces moins tolérantes au temps d'immersion se trouvent ainsi à occuper un espace très restreint puisque, dans le cas de la baie de Kamouraska, l'érection de l'aboiteau s'est fait pratiquement sur la ligne de pleines mers de vives-eaux.

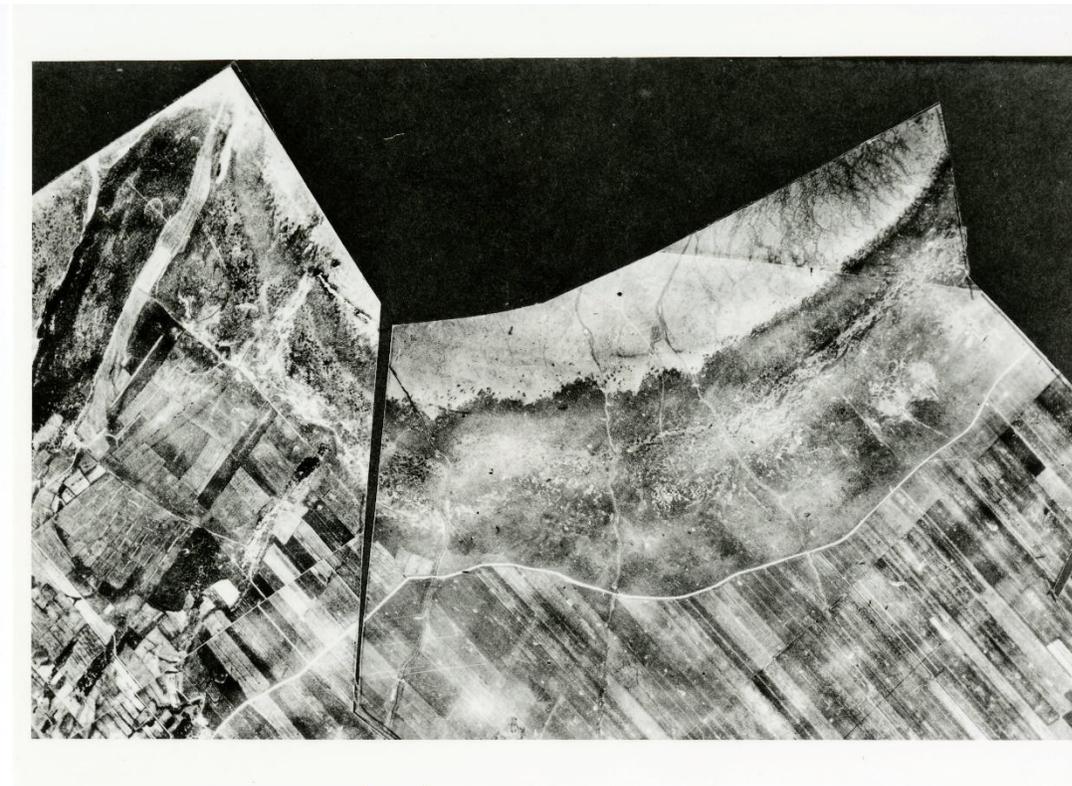


Figure 11 Photographie aérienne de la baie de Kamouraska, 1929.
Source : Centre GéoStat de la bibliothèque de l'Université Laval.

Cela explique sans doute pourquoi il est très difficile, par exemple, de trouver la *Calamagrostis canadensis* (calamagrostis du Canada) qui a, semble-t-il, disparu du haut schorre du marais de la baie de Kamouraska. Cette plante, qui avait été décrite par l'agronome Aubert Hamel (1963 : 79-80) comme s'étendant sur de vastes prairies, n'est aujourd'hui plus que l'ombre d'elle-même. Bref, on ne la trouve plus sur le marais. Si sa longue période de croissance ne jouait pas en sa faveur, « la réduction de la largeur du marais suite à l'endiguement a fait en sorte de comprimer le gradient d'humidité des sols au point de ne plus offrir les conditions optimales de croissance pour cette espèce » (Mathieu, 2008 : 39). Ainsi, qu'elles soient anthropiques ou naturelles, les barrières ont le potentiel de modifier radicalement le cortège floristique local (Figure 12).

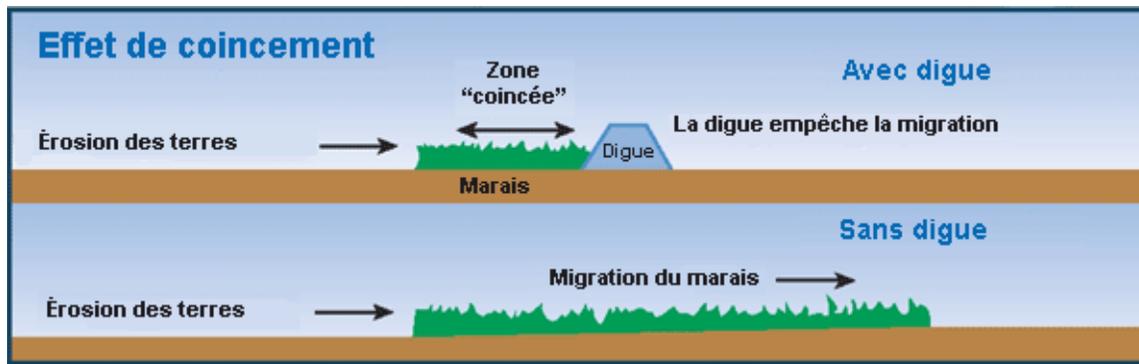


Figure 12 L'effet de coincement sur l'évolution d'un marais.

Source : modifié d'Environment Agency, R.-U., 2008.

3.2 Le milieu culturel

Aujourd'hui le marais de la baie de Kamouraska semble un lieu oublié, caché derrière l'aboiteau, sans intérêt. Pourtant, les gens qui y habitent n'ont pas toujours tourné le dos au marais. À l'origine, lorsque le territoire de Kamouraska était occupé par les Autochtones, le marais était exploité de manière saisonnière, l'été, par ceux-ci. « À l'intérieur des terres, les Amérindiens chassaient des animaux de toutes tailles (porcs-épics, castors, chevreuils, orignaux), tandis que les marais et les eaux de l'estuaire du Saint-Laurent leur apportaient poissons, coquillages, sauvagine et mammifères marins.» (Hatvany, 2009 : 56)

Lors de la colonisation européenne, les Français qui s'installèrent à Kamouraska firent relativement la même exploitation du marais que ce qu'en faisaient déjà les Autochtones. Comme ces derniers, les Français pêchaient les anguilles à l'aide de fascines, chassaient la sauvagine et les mammifères marins. Les premiers colons comptaient particulièrement sur les marais pour subvenir à leurs besoins : en plus de donner de quoi manger, le marais fournissait le foin de mer. Sans compter son utilisation dans la fabrication d'objets usuels pour la maisonnée, le foin de mer (*Spartina* sp.) était un élément essentiel de la colonisation. Il servait à nourrir le bétail, ainsi que les animaux de trait utilisés pour défricher la terre (Hatvany, 2009 : 65). Plus tard, cela deviendra l'aliment donné aux animaux en supplément. Ayant une bonne valeur nutritive, le foin de mer venait pallier une mauvaise récolte, assurant ainsi un apport nutritionnel suffisant au bétail.

Pendant le XIXe siècle, des changements démographiques et économiques s'opèrent sur la Côte-du-Sud. «En effet, dans les années 1840, un mouvement d'émigration a été organisé à la grandeur de la colonie, alimenté par la croissance démographique le long des berges de la région de Kamouraska et les désirs d'accroître les revenus» (Hatvany, 2009 : 83). De plus, l'industrialisation a apporté des changements majeurs dans l'économie de marché; les agriculteurs sont passés rapidement d'un système de subsistance à un système de rentabilité. Les fermes devaient non seulement rapporter un revenu, mais les cultures qui y étaient faites devaient être adaptées au jeu d'offre et de demande. Si l'émigration vers les États-Unis, entre autres, a permis de baisser la pression sur le rendement agricole, il n'en reste pas moins que ceux qui sont restés devaient pouvoir continuer à vivre dans de bonnes conditions. C'est alors que, pendant les années 1937-1938, les agriculteurs de Kamouraska et les ministères de l'Agriculture et de la Colonisation du Québec se sont entendus pour partager les coûts pour la construction d'un aboiteau sur la baie de Kamouraska (Hatvany, 2009 : 136). Cette construction, qui s'apparente aux polders d'Europe, est en fait une digue avec un système de clapets qui servent à retenir l'eau de mer à l'extérieur de la digue, mais permet à l'eau de l'intérieur de s'écouler vers la mer. L'expression «aboiteau» est un mot acadien qui désigne l'ensemble, la digue et le clapet. Cette technique a donc servi à répondre aux besoins des agriculteurs et de pouvoir augmenter les rendements de leurs terres. En fait, la technique est bien simple; on construit l'aboiteau qui permet à la terre n'étant plus noyée par les marées de s'assécher. Après quelques années, quand le sol a été suffisamment nettoyé de son sel par les pluies, il est labouré et cultivé. Comme les marais sont des écosystèmes très productifs, les terres ainsi transformées sont très fertiles. C'est ainsi que les agriculteurs se sont tranquillement détournés de la mer, qui les avaient si bien servis jusque-là.

Si les premiers aboiteaux n'ont pas tenu à cause de tempêtes, ils ont toutefois été reconstruits de manière plutôt définitive en 1980. C'est dans la tourmente que l'aboiteau que l'on peut encore voir aujourd'hui a été reconstruit, à l'aide notamment du ministère de l'Agriculture. En effet, un mouvement de protestation d'environnementalistes qui souhaitaient la protection du marais s'est levé contre les agriculteurs qui souhaitaient seulement poursuivre le projet entamé quelques années plus tôt, afin de pouvoir rentabiliser leurs cultures. Comme on peut le constater, la construction a finalement eu lieu, mais l'étude de Gauthier *et coll.* (1980) pour le compte

d'Environnement Canada recommandait la préservation du milieu. Finalement, en 1982, un rapport du ministère de l'Environnement du Québec recommandait une protection globale des milieux intertidaux (Fillion, 1982; Conseil consultatif sur l'environnement, 1982). Malheureusement, il était déjà trop tard pour la baie de Kamouraska. Depuis peu de temps, la population de la région a recommencé à s'intéresser aux marais et se demande si elle ne devrait pas le renaturaliser. Le processus de réflexion est actuellement en cours.

Chapitre 4 – L'évolution du marais

Afin de mieux comprendre l'évolution du marais de la baie de Kamouraska à la suite des changements naturels et anthropiques qu'il a subis, nous avons analysé des cartes anciennes de 1781 et de 1826 ainsi que des photographies aériennes prises à travers le temps, soit celles de 1929, 1948, 1974, 1980, 1985 et 2009. En ce qui concerne les cartes anciennes, il est possible de noter qu'elles ont été produites sans les instruments technologiques de grande précision disponibles aujourd'hui. Par contre, suite à leur géoréférencement à l'aide d'ArcGIS, elles s'avèrent assez précises et donnent une idée générale du portrait du marais à chacune des époques concernées. Elles permettent également de déterminer les limites supérieure et inférieure du marais avant les perturbations radicales causées par l'endiguement et l'assèchement du marais dans le XIX^e siècle.

Pour chaque photographie aérienne, les trois zones principales de végétation ont été délimitées, soit la zone à *Spartina alterniflora*, celle à *Spartina patens* et celle à herbaçae salée. De plus, des éléments comme la vase, la salicorne, ainsi que les accumulations de débris marins ont été identifiés lorsqu'il était possible de le faire. Les aires occupées par chacune des zones principales de végétation ont été calculées en hectares afin de fournir une idée de l'évolution du paysage avant et après les changements anthropiques et naturels.

4.1 Le marais en 1781

À la Bibliothèque et Archives nationales du Québec (BANQ), il existe une carte ancienne d'une partie de la baie de Kamouraska datant de 1781 (Figure 13). Réalisée par l'arpenteur Jeremiah McCarthy, cette carte cadastrale servait à délimiter les lots de terre (censives) dans la Seigneurie de Kamouraska. Un élément très intéressant pour cette recherche est le fait que l'arpenteur a bien noté sur la carte les limites de marées et les limites supérieure et inférieure du marais.

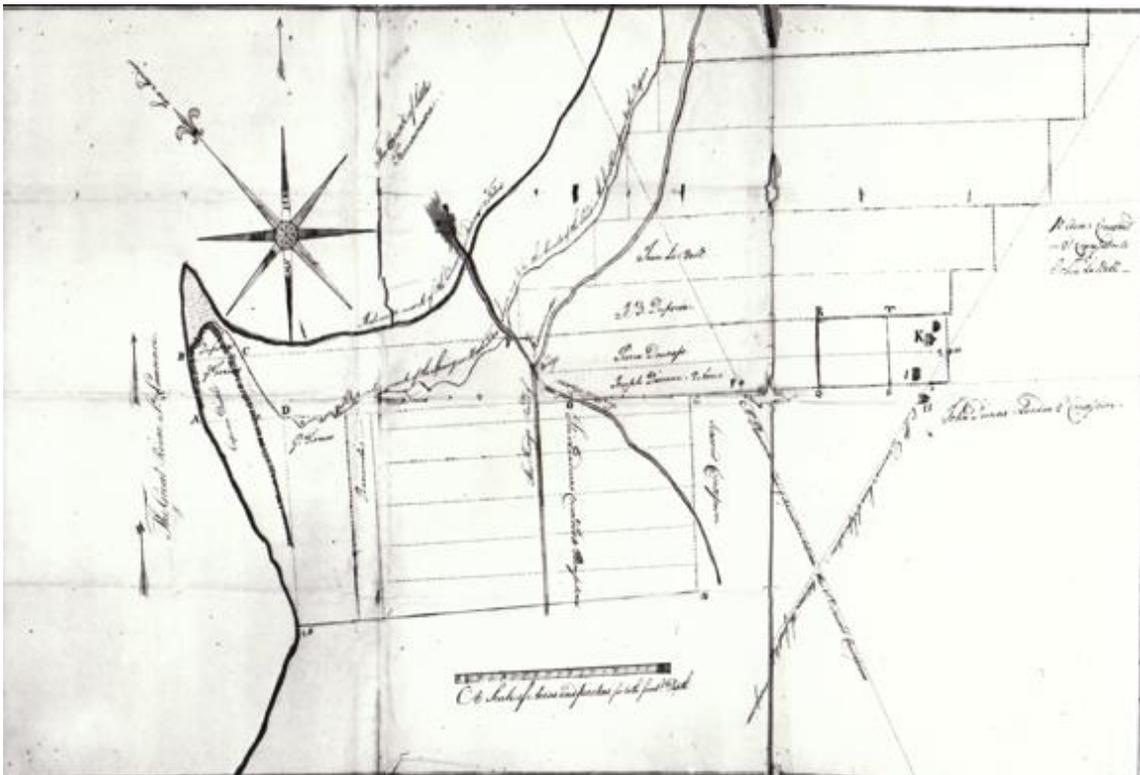


Figure 13 Carte de la baie de Kamouraska en 1781 par J. McCarthy
Source : McCarthy, 1781, BANQ.

Sur la carte on reconnaît la forme en demi-lune de la baie de Kamouraska, la pointe du Cap-au-Diable, ainsi que le ruisseau du Bras, qui traverse le marais pour se déverser dans l'estuaire Saint-Laurent. On peut lire sur la ligne qui définit la côte : « High water mark of the common or ordinary tides », ce qui réfère à la limite des hautes marées moyennes. Ensuite, entre la ligne qui définit la côte et celle qui représente le Chemin du Roy, on voit une autre ligne qui délimite le « High water of the spring or High tides », ce qui correspond à la limite des hautes marées

d'équinoxe. Il faut noter que malgré le fait que cette carte ait été réalisée avec soin, elle reste imprécise, puisqu'elle a été faite sans les instruments de précision des XIX^e et XX^e siècles. Toutefois, même s'il n'avait pas d'instruments de précision pour tracer les limites des marées, on peut remarquer que McCarthy a porté une attention toute particulière à la limite de la haute marée printanière; il s'agit là de la limite foncière commune de tous les lots donnant sur le marais. Au-delà de la limite de marée haute, il n'y a aucun droit de propriété foncière. Selon Hatvany (2009 : 60), « une ordonnance coloniale de 1665 stipule que le droit de propriété le long du littoral du Saint-Laurent était assujéti à l'utilisation publique ». La carte a été géoréférencée de la manière la plus précise possible (Figure 14), et donne un bon aperçu des limites de marées lorsqu'elles sont transposées sur une photographie aérienne du marais de 2001.

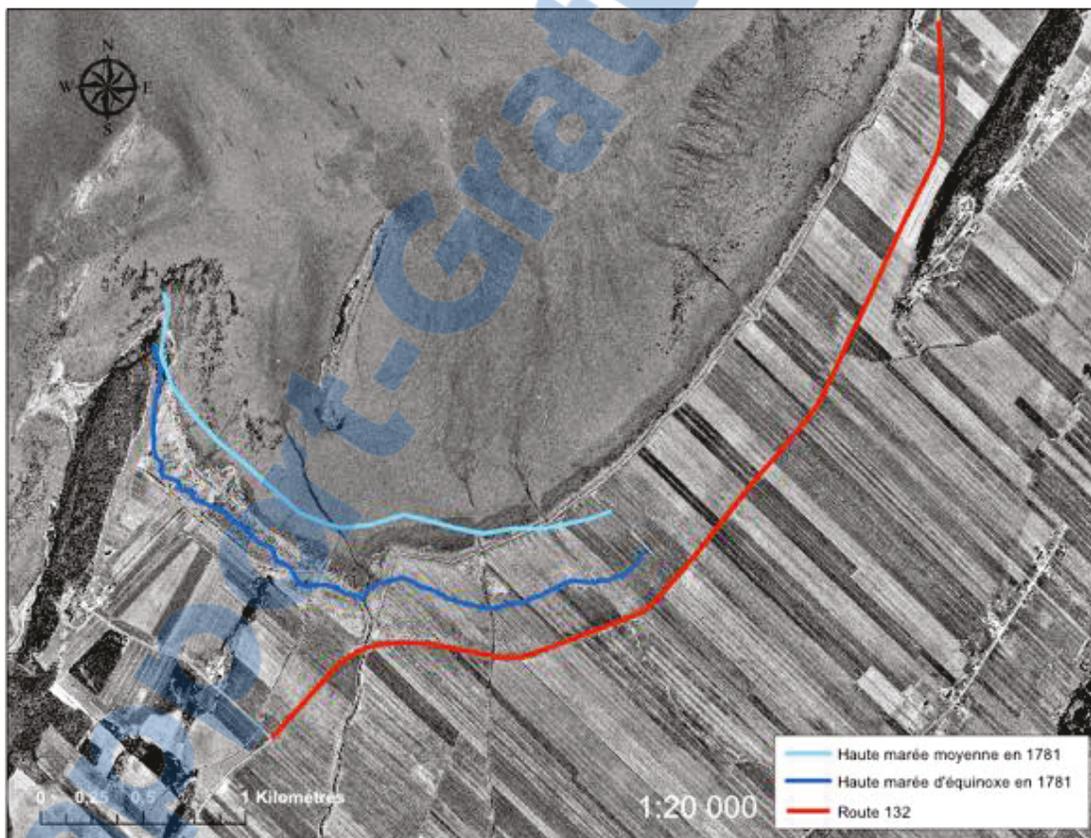


Figure 14 Limites de marées de 1781 transposées sur photographie aérienne de 2001
Source : MNRF, 2001.

4.2 Le marais en 1826

La carte de 1826 de la baie de Kamouraska (Figure 15) a été réalisée par l'arpenteur Joseph Hamel. Sur cette carte qui servait à diviser les censives de la seigneurie, il est possible d'identifier les limites des hautes marées moyennes et celles des hautes marées printanières. On voit clairement que les lots se terminent avec la limite des hautes marées printanières. Hamel a porté une attention particulière à la limite supérieure du marais, qui marquait là aussi la limite de la propriété foncière. Par contre, on sait qu'à l'époque, ce qui est indiqué ici comme « Prairies de grève » était concédé par le seigneur aux censitaires pour la pêche à la fascine, la chasse à la sauvagine, et pour la récolte du foin salé, et ce, en faisant fi du statut juridique du marais (Hatvany, 2009 : 60).

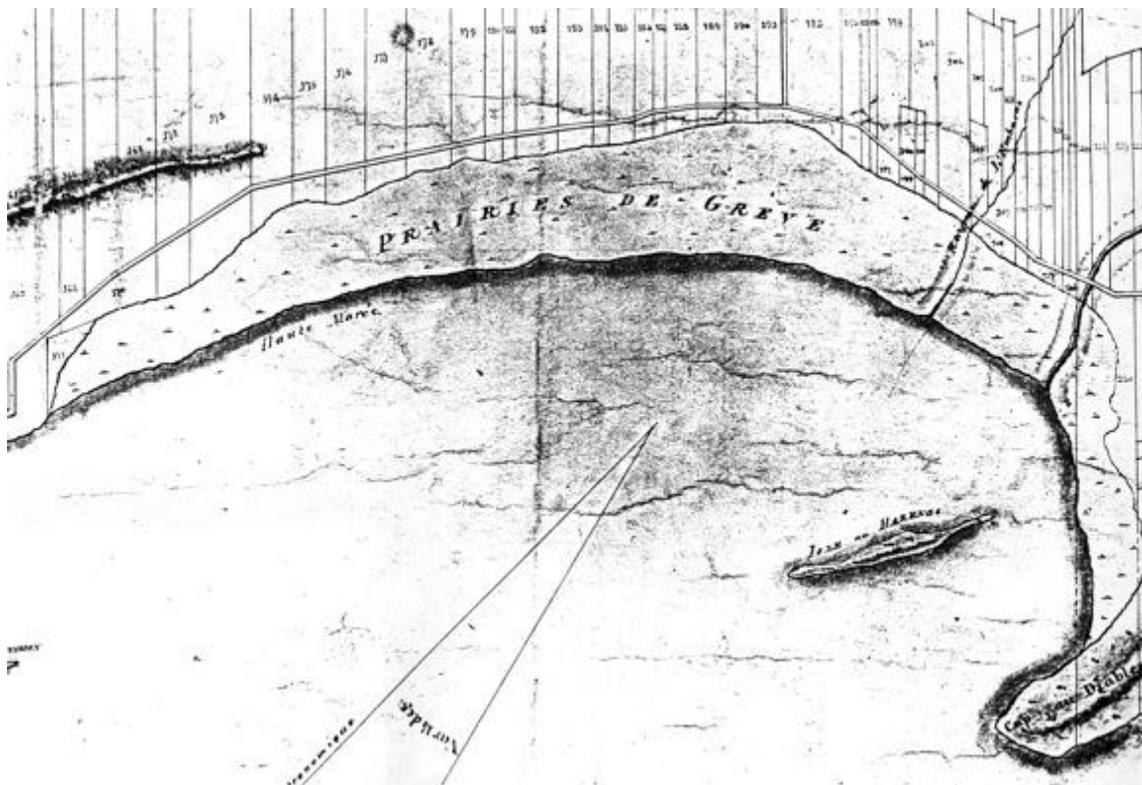


Figure 15 Marais de la baie de Kamouraska en 1826 par J. Hamel
On note l'orientation sud de cette carte.
Source : Hamel, 1826, BAnQ.

La correspondance entre les limites de 1826 et celles d'aujourd'hui est frappante. La figure 16 démontre les limites de marées transposées sur une photographie aérienne de 2001.

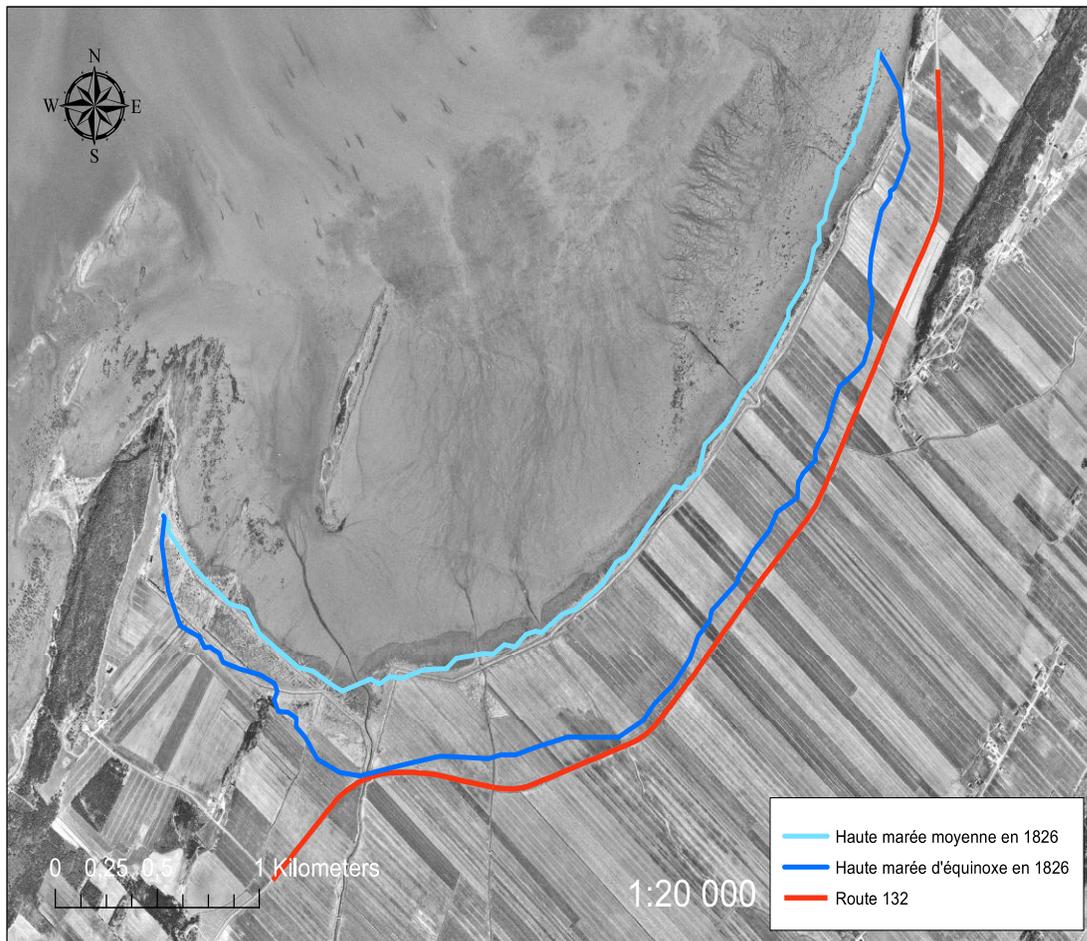


Figure 16 Limites de marées de 1826 transposées sur photographie aérienne de 2001
Source : MNRF, 2001.

La correspondance entre les détails sur la carte d'Hamel et le terrain actuel permet d'établir une ligne de base de données (*baseline data*) du marais. Grâce à cette carte, on peut établir la ligne de hautes marées d'équinoxe avant l'endiguement. Donc, la limite supérieure du marais se trouve au maximum à moins de 100 mètres au nord du Chemin du Roy, aujourd'hui la Route 132.

4.3 Le marais en 1929

C'est à partir d'une photographie aérienne de 1929 (Figure 17) appartenant à la collection du Centre Géostat de l'Université Laval que l'on peut faire une première différenciation des zones de végétation sur une partie du marais. Plus important, il est possible d'observer ces zones de végétation quelques années avant son endiguement en 1937-1938. Malgré le fait que la clarté de la photographie peut rendre le travail d'identification parfois difficile, la qualité reste tout de même suffisante pour reconnaître les espèces de plantes dans chacune des trois zones principales. La gradation des tons de gris a aidé à identifier les zones végétales. Malheureusement, cette photographie a la particularité d'être coupée en deux et couvre environ 70 % de la totalité du marais, ce qui ne permet de faire qu'une analyse partielle.

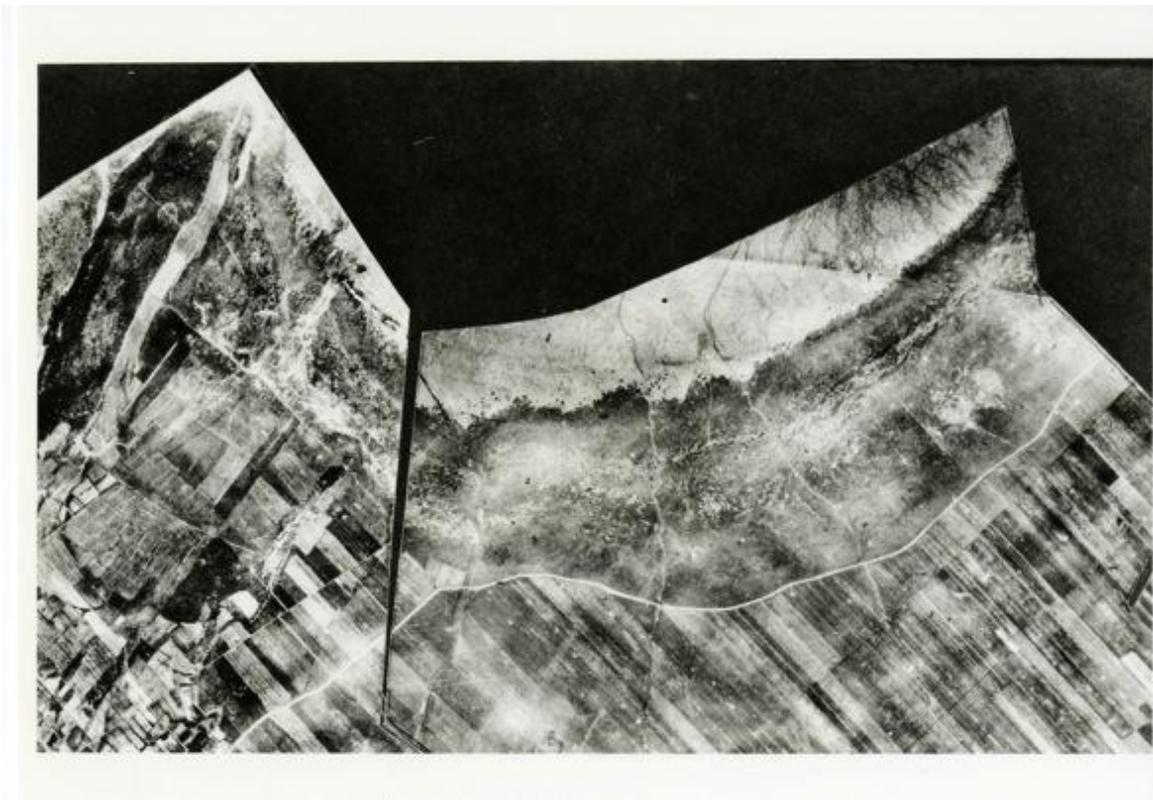


Figure 17 Photographie aérienne de la baie de Kamouraska, 1929
Source : Centre GéoStat de la bibliothèque de l'Université Laval.

Ce qui est d'abord frappant concernant le marais en 1929, c'est qu'il s'étend du fleuve Saint-Laurent jusqu'en bordure de la Route 132, ce qui n'est plus le cas aujourd'hui. Parmi les zones

de végétation qui occupent le marais, c'est la zone d'hebaçaie salée (ou *Spartina pectinata*) qui domine environ 42 % de la superficie du marais vu dans cette image, soit 92,5 hectares (Figure 18). Ensuite vient la zone à *S. patens* qui occupe environ 31,2 % du marais vu dans cette image (68,8 hectares). Enfin, c'est la zone à *S. alterniflora* qui occupe la plus petite surface - environ 58,9 hectares, soit 26,8 % du marais vu dans cette image (Tableau 2).

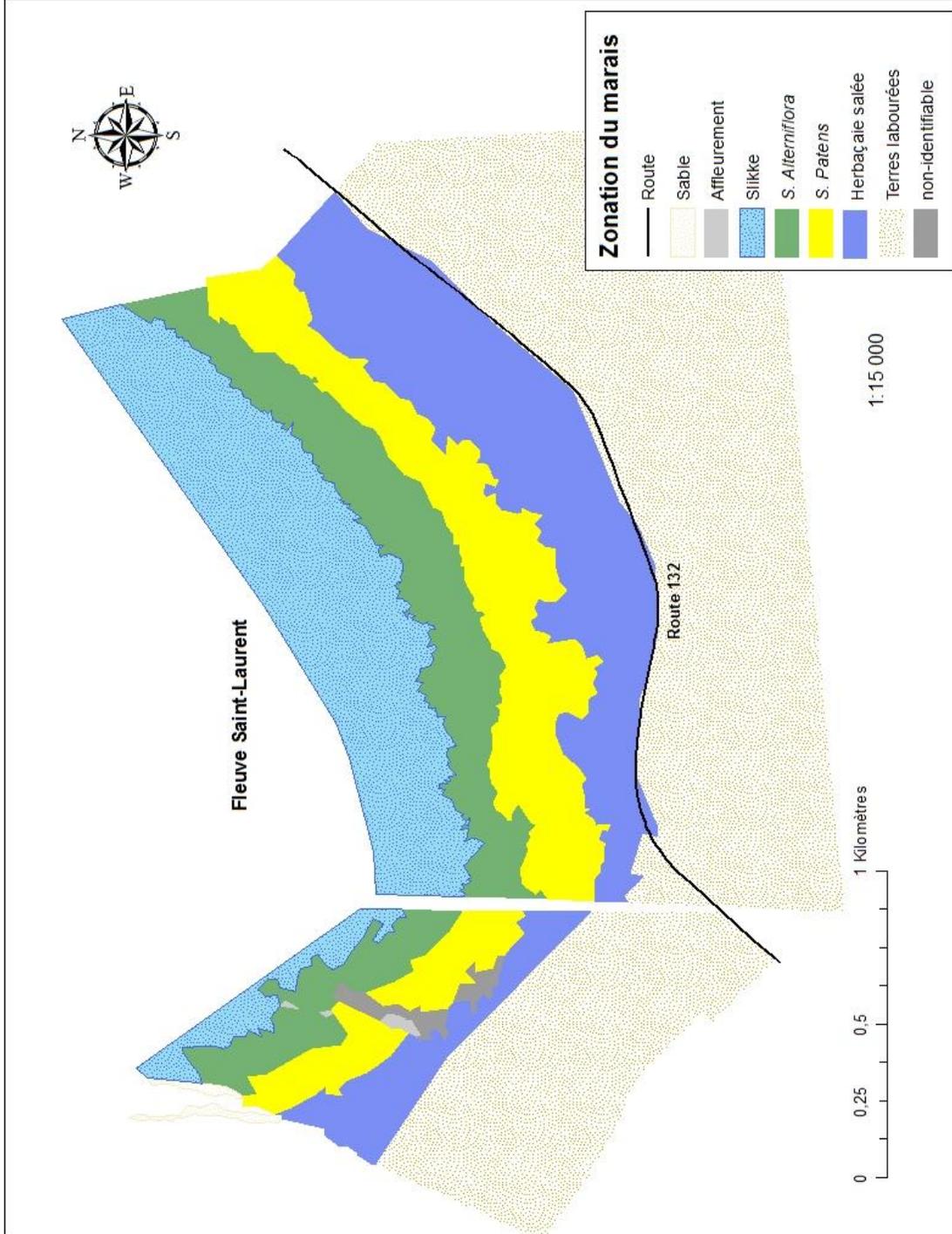


Figure 18 Zones de végétation du marais en 1929

Zone	ha	%
<i>S. alterniflora</i>	58,9	26,8
<i>S. patens</i>	68,8	31,2
Herbaciaie salée	92,5	42
Total*	220,2*	100*

Tableau 2 Superficie des zones de végétation du marais en hectares et en pourcentage en 1929

* Notez : ces données représentent la superficie partielle du marais tel que vu dans l'image de 1929.

La répartition des zones de végétation en 1929 permet de connaître les limites des marées étant donné que chaque zone de végétation correspond à un taux d'inondation différent (Fleurbec, 1985 : 152, 154, 158).

4.4 Le marais en 1948

L'identification des zones de végétation du marais de la baie de Kamouraska de 1948 s'est faite à partir des photographies aériennes qui ont été prises à marée basse (Figure 19).



Figure 19 Mosaïque de photographies aériennes, baie de Kamouraska de 1948
Source : Énergie, Mines et Ressources du Canada, 1948.

La photographie aérienne de 1948 révèle des changements de nature anthropiques importants. En effet, en 1937-1938, un aboiteau, que l'on distingue très bien par sa forme rectiligne, a été construit le long de la baie afin de pouvoir assécher le marais et le convertir en terres agricoles. Cette construction a modifié de manière significative les zones de végétation du marais, comme en témoigne la carte de zonation pour 1948 (Figure 20). Il est important de spécifier qu'en principe, à l'époque de la colonisation, les terres en deçà de la ligne des marées printanières appartenaient à la Couronne, même si cela était peu respecté. La réglementation changea en 1937

et le statut juridique du marais fut modifié : « le ministère des Terres et Forêts céda le titre de propriété des marais à l'ensemble des agriculteurs riverains ayant signé l'acte d'accord de 1937 visant la construction d'un aboiteau dans la baie de Kamouraska » (Hatvany, 2009 : 136).

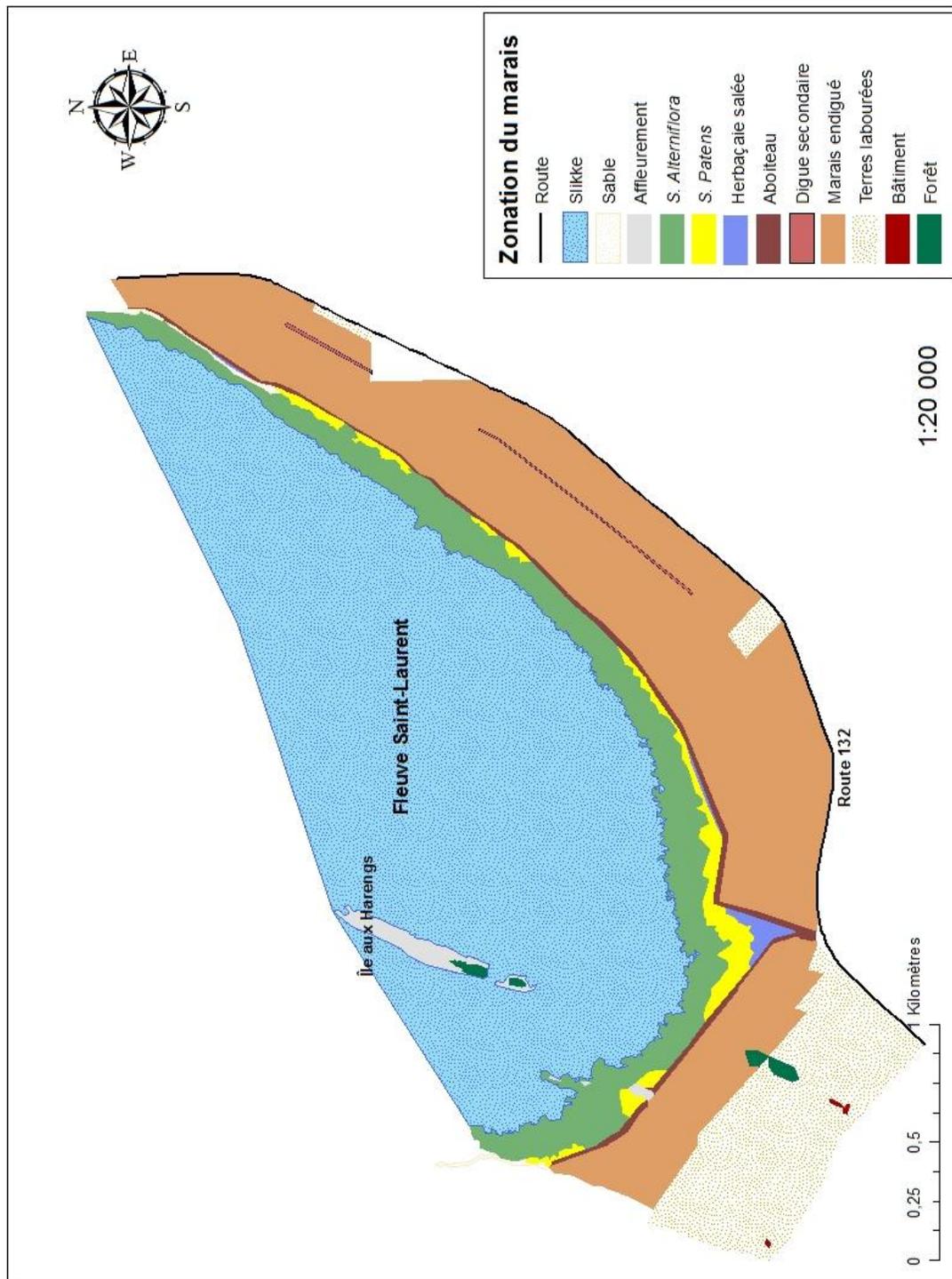


Figure 20 Zones de végétation du marais en 1948

Zone	ha	%
<i>S. alterniflora</i>	69,5	81,5
<i>S. patens</i>	13,1	15,3
Herbàçàie salée	2,7	3,2
Total	85,3	100

Tableau 3 Aire des zones de végétation du marais en hectares et en pourcentage en 1948

En 1948 la superficie du marais couvre 85,3 hectares, l'installation de l'aboteau ayant amputé le marais de 72 % de sa surface originale de 309,8 ha calculée par Hatvany à partir de la carte de 1826 (2014 : 187) (Figure 21).

Rapport-gratuit.com 
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

La zone qui a été la plus touchée par la construction de l'aboteau est celle à herbaçàie salée, qui a perdu au moins 97 % de sa superficie au profit des futures terres agricoles. On peut donc voir que la zone à *S. alterniflora*, dont l'aire occupe le 3^e rang en termes d'importance en 1929, représente maintenant plus de 81,5 % de la végétation totale du marais en 1948, soit 69,5 hectares. Quant à la zone à *S. patens*, elle a perdu au moins 81 % de sa superficie, passant de 68,8 hectares en 1929 à 13,1 hectares. Elle occupe donc maintenant 15,3 % du marais total (Tableau 3).

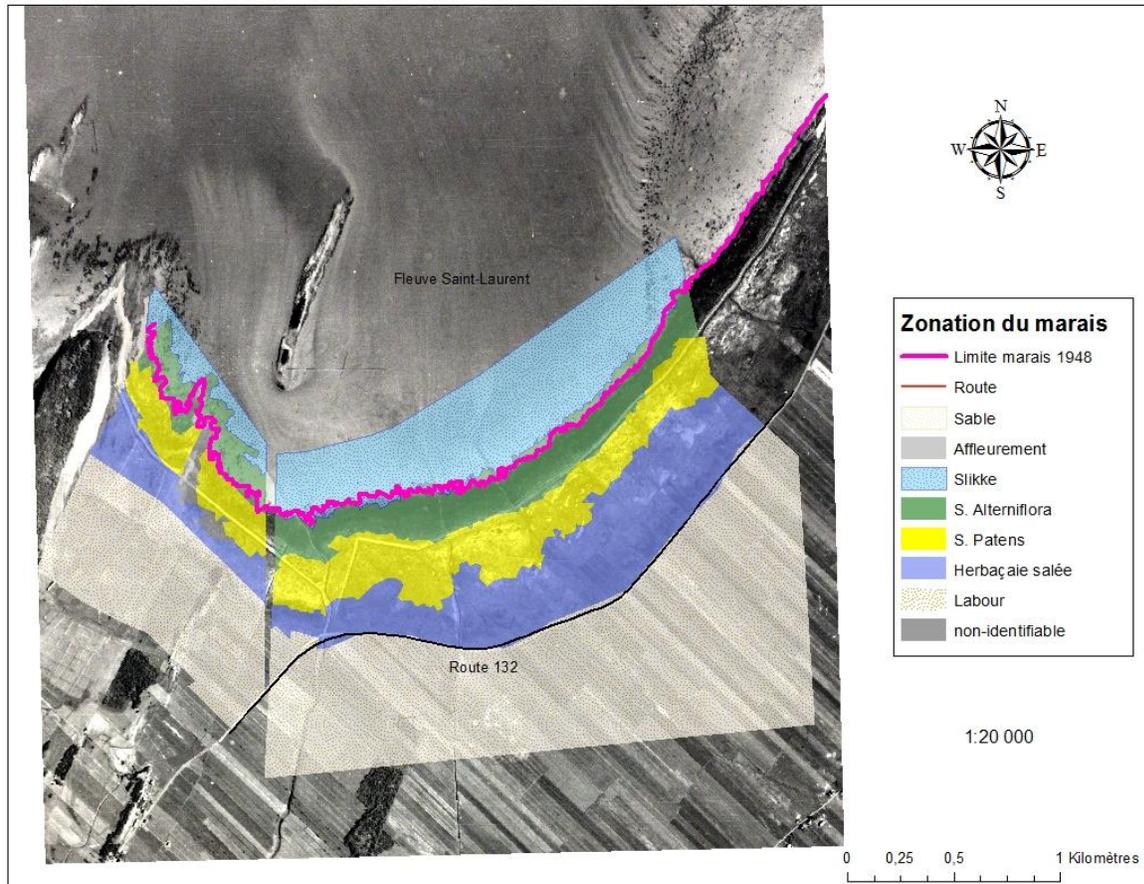


Figure 21 Zonation du marais en 1929

Superposition sur la photographie aérienne du marais en 1948 afin d'illustrer l'impact de l'aboiteau sur la réduction de la superficie des zones à *Spartina patens* et à herbaçaie salée.

Selon Hatvany (2009 : 138), une violente tempête a endommagé l'aboiteau en 1941 (Figure 22). Sur la photographie aérienne de 1948, les dommages résultant de cette tempête sont difficilement identifiables. Néanmoins, on sait qu'à cause des brèches dans l'aboiteau les agriculteurs ont construit des digues secondaires plus haut sur le marais. Ces digues secondaires sont bien visibles sur la photographie aérienne de 1948, environ à mi-chemin entre l'aboiteau principal et la Route 132. Celles-ci, construites de manière indépendante par les agriculteurs, ont été placées plus haut sur le marais afin de prévenir l'inondation par les brèches dans l'aboiteau original.



Figure 22 Aboiteau endommagé par une tempête en 1941, baie de Kamouraska
Source : BAnQ.

4.5 Le marais en 1974

Les prochaines images aériennes disponibles pour le marais, près d'un quart de siècle plus tard en 1974, démontrent des changements importants de nature anthropiques (Figure 23). Il est possible de voir comment les agriculteurs ont construit des séries de petits aboiteaux secondaires afin de protéger la partie sud du marais contre l'inondation. Cette protection se poursuit malgré le fait que l'aboiteau principal de 1937-1938 soit toujours endommagé. La superficie du marais endigué passe donc à 108,3 ha et offre encore un habitat à la sauvagine, malgré le processus bien entamé de désalinisation du marais endigué pour en faire des terres cultivables.



Figure 23 Mosaïque de photographies aériennes de la baie de Kamouraska en 1974
Source : MNRF, 1974.

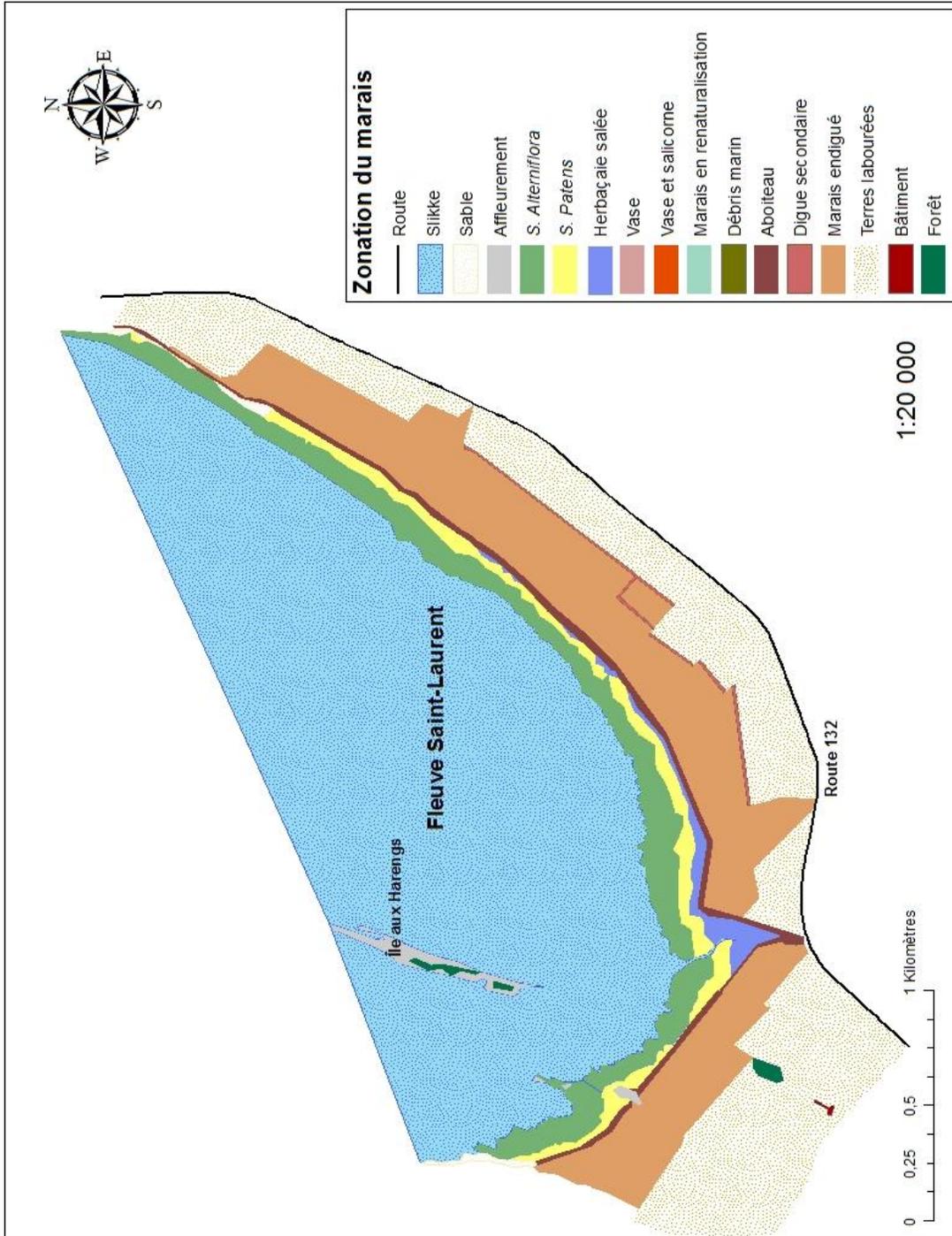


Figure 24 Zones de végétation du marais en 1974

Zone	ha	%
<i>S. alterniflora</i>	51,9	65,6
<i>S. patens</i>	20	25,3
Herbaçaie salée	6,8	8,6
Total	78,7	100

Tableau 4 Aire des zones de végétation du marais en hectares et en pourcentages en 1974

La carte des zones de végétation de 1974 révèle une diminution de la superficie de la zone à *S. alterniflora* et une augmentation de la superficie des zones à *S. patens* et à herbaçaie salée comparativement à l'état du marais en 1948 (Figure 24). On voit clairement la croissance de la zone à *S. patens* au nord de l'aboteau grâce à la hausse de l'élévation du marais causée par l'accumulation des sédiments et débris marins. Selon Gauthier (2011), la présence des digues dans ce secteur a eu pour effet d'empêcher les vagues de se dissiper sur une grande étendue de terrain. Ceci a eu pour conséquence la modification de la façon dont l'énergie des vagues se distribue sur le marais et celle de la dynamique sédimentaire. Les sédiments qui se distribuaient sur cette grande surface qu'était le marais de la baie de Kamouraska avant 1937 sont maintenant confinés à la mince bande de marais au nord de l'aboteau. Ces sédiments, qui continuent à s'accumuler, forment une pente différente de celle d'avant 1937 : elle s'est accentuée de manière à ce que les espèces des zones à *S. patens* et à herbaçaie salée puissent pousser là où l'on retrouvait uniquement la zone à *S. alterniflora*. Il est aussi possible d'observer un nouveau phénomène sur le marais, soit l'accumulation de débris marins, qui est assez importante pour être vue sur les photographies aériennes. Ces accumulations font d'ailleurs mourir la végétation qui se trouvait en dessous (Gauthier, 2011 : 6).

La nouvelle dynamique hydrologique et sédimentaire causée par la présence des digues a eu comme effet l'augmentation de la zone à *S. patens*, passant de 13,1 hectares à 20 hectares, pour une occupation de 25,3 % du marais (Tableau 4). Pour des raisons semblables, l'herbaçaie salée passe de 2,7 hectares à 6,8 hectares, pour une occupation de 8,6 %. Par contre, environ 17,5 hectares de *S. alterniflora* ont disparu au profit des deux autres zones. Cette plante occupe maintenant 51,9 hectares, soit 65,6 % du marais.

C'est donc un changement positif pour la faune aviaire, qui retrouve un peu de son habitat pour la nidification, par contre, la faune aquatique y perd au change.

Si, sur les photographies aériennes de 1974 on peut très bien identifier les brèches dans l'aboteau principal, là où sont localisées les sorties de l'eau douce (les clapets dans l'aboteau). À cause des brèches dans les digues et les résultantes inondations à chaque marée haute, on peut voir comment les agriculteurs ont réagi à cette situation en construisant des digues secondaires afin de protéger les terres agricoles au sud.

Dans le secteur ouest de la baie de Kamouraska, entre le ruisseau du Bras et le Cap-au-Diable, on peut observer des signes évidents de dégradation de l'aboteau suivant la tempête de 1941. Deux brèches à l'ouest de l'affleurement rocheux sont distinguables, ainsi qu'une brèche à l'est, beaucoup plus grosse. Il faut noter l'importante érosion et l'aplanissement de l'aboteau à l'est de l'affleurement rocheux. De plus, à l'intérieur de l'aboteau, on peut voir des accumulations de vase, signe que les marées s'infiltrèrent au-delà de l'aboteau. Il est aussi possible d'observer des marelles dans ce secteur du marais, indice de la réimplantation naturelle de la *S. patens* dans ce secteur. Par contre, il est ardu d'identifier avec exactitude tous les types de végétation halophyte dans cette enclave. Toutefois, il est facile de repérer le fossé qui a été creusé au sud-ouest du marais puisque celui-ci correspond à la limite sud du marais en 1929, soit la ligne des hautes marées d'équinoxe.

4.6 Le marais en 1980

L'année 1979 correspond au moment de la reconstruction de l'aboteau principal. Les agriculteurs ont pris la décision de reconstruire l'aboteau au même endroit que celui de 1937-1938, à l'exception du secteur ouest du marais entre le ruisseau du Bras et le Cap-au-Diable. Sans défaire l'aboteau original de 1937-1938, une digue complètement neuve a été construite dans le secteur ouest et se situe au-delà de la ligne des hautes mers de vives-eaux. En fait, elle correspond à limite originale de la fin de l'herbaçaie salée, telle qu'identifiée sur la photographie de 1929. L'identification des zones de végétation à ce moment s'est faite à partir des photographies aériennes prises en 1980 du MNRF (Figure 25).



Figure 25 Mosaïque de photographies aériennes, baie de Kamouraska de 1980
Source : MNRF, 1980.

Au sud de l'aboteau, le marais endigué a peu changé depuis 1974. Mares et marelles entourées, entre autres, de *S. patens*, sont toujours les hôtes d'une faune aviaire importante (Figure 26). Avec la reconstruction de l'aboteau principal, pratiquement toute la végétation des zones à *S. patens* et à herbaçaie salée au nord de l'aboteau a disparu. En effet, la zone à *S. patens* passe de

25,3 % à 16 % d'occupation du marais, soit une superficie finale de 17 hectares (Tableau 5). Un fait important à noter est qu'avec la reconstruction de l'aboteau, la plus importante aire à *S. patens* sera trouvée dans le secteur ouest du marais, entre l'ancien et le nouvel aboteau. Quant à la zone à herbaçaie salée, elle se voit réduite de près de la moitié, passant de 6,8 hectares à 3,7 hectares, ce qui correspond à 3,5 % du marais. Comme dans le cas de la *S. patens*, il y aura une augmentation de la zone à herbaçaie salée dans le secteur ouest du marais, entre l'ancien et le nouvel aboteau. Pour sa part, la zone à *S. alterniflora* n'a pas été touchée par la reconstruction de l'aboteau et couvre 83,1 hectares, soit l'équivalent de 78,3 % du marais (Figure 27).



Figure 26 Reconstruction de l'aboteau, baie de Kamouraska, 1980
Source : BAn-Q, 1980.

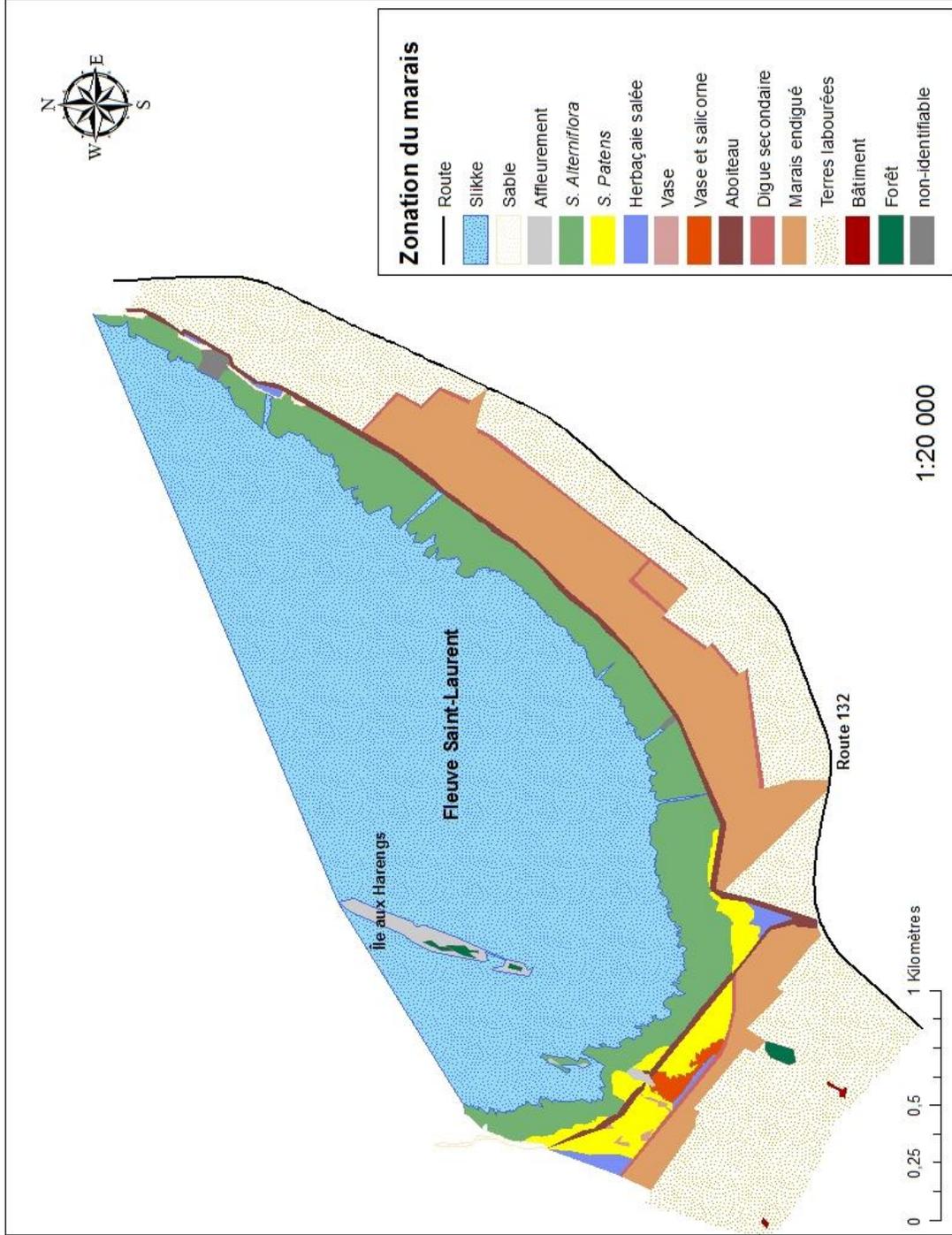


Figure 27 Zones de végétation du marais en 1980

Zone	ha	%
<i>S. alterniflora</i>	83,1	78,3
<i>S. patens</i>	17	16
Herbaciaie salée	3,7	3,5
Total	103,8	100

Tableau 5 Aire des zones de végétation du marais en hectares et en pourcentage en 1980

Les impacts de la reconstruction de l'aboteau principal en 1980 sont comparables à ceux de l'aboteau de 1937-1938 si l'on regarde les superficies de ce qui reste de chacune des zones de végétation. Il faut par contre noter la réduction marquée de superficie des zones à *S. patens* et à herbaçie salée, qui ont pratiquement disparu au nord de l'aboteau à cause de la modification de la pente du marais par la machinerie.

4.7 Le marais en 1985

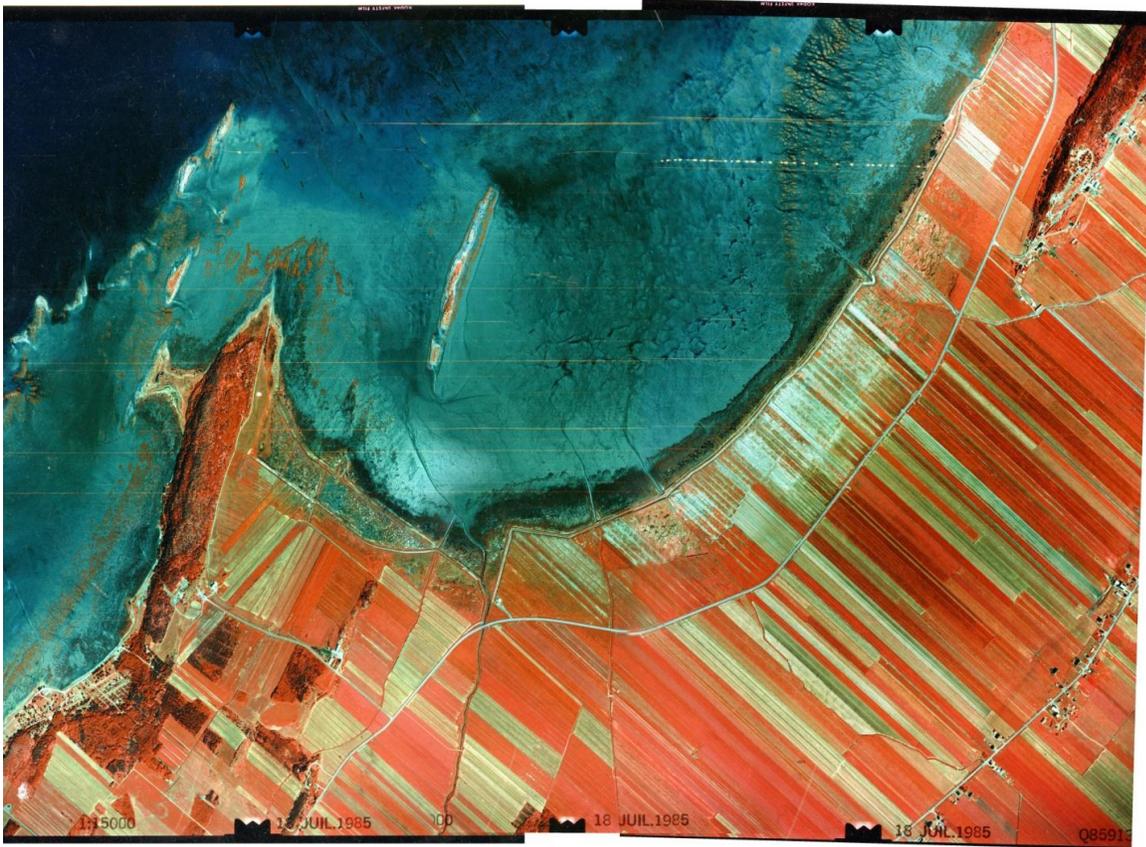


Figure 28 Photographie aérienne infrarouge de la baie de Kamouraska de 1985
Source : MRNF, 1985.

Cinq années après la reconstruction de l'aboteau principal, plusieurs changements se sont opérés sur l'ensemble du marais et ont pu être identifiés à partir de la mosaïque de photographies aériennes infrarouge de 1985 (Figure 28). Celles-ci révèlent que l'assèchement des terres derrière l'aboteau est pratiquement complété. La superficie totale du marais à ce moment a été estimée à 115,3 hectares selon Hatvany (2014 : 192). Il est possible de constater la réapparition d'une zone à *S. patens* devant l'aboteau, signe de reformation de la pente du marais au nord de l'aboteau. Cette zone passe à 27,5 % d'occupation du marais pour une surface de 22,8 hectares (Tableau 6). Par contre, il n'en est pas de même pour la zone à herbaçaiie salée, qui perd 0,6 hectare. La superficie de cette zone se réduit ainsi à 3,1 hectares, ce qui correspond à 3,5 % du marais. De plus, avec l'augmentation de l'élévation de la pente du marais qui est favorable à la *S.*

patens, la *S.alterniflora* perd en superficie pour ne plus couvrir que 70,8 % du marais, ce qui correspond à 62,7 hectares (Figure 29).

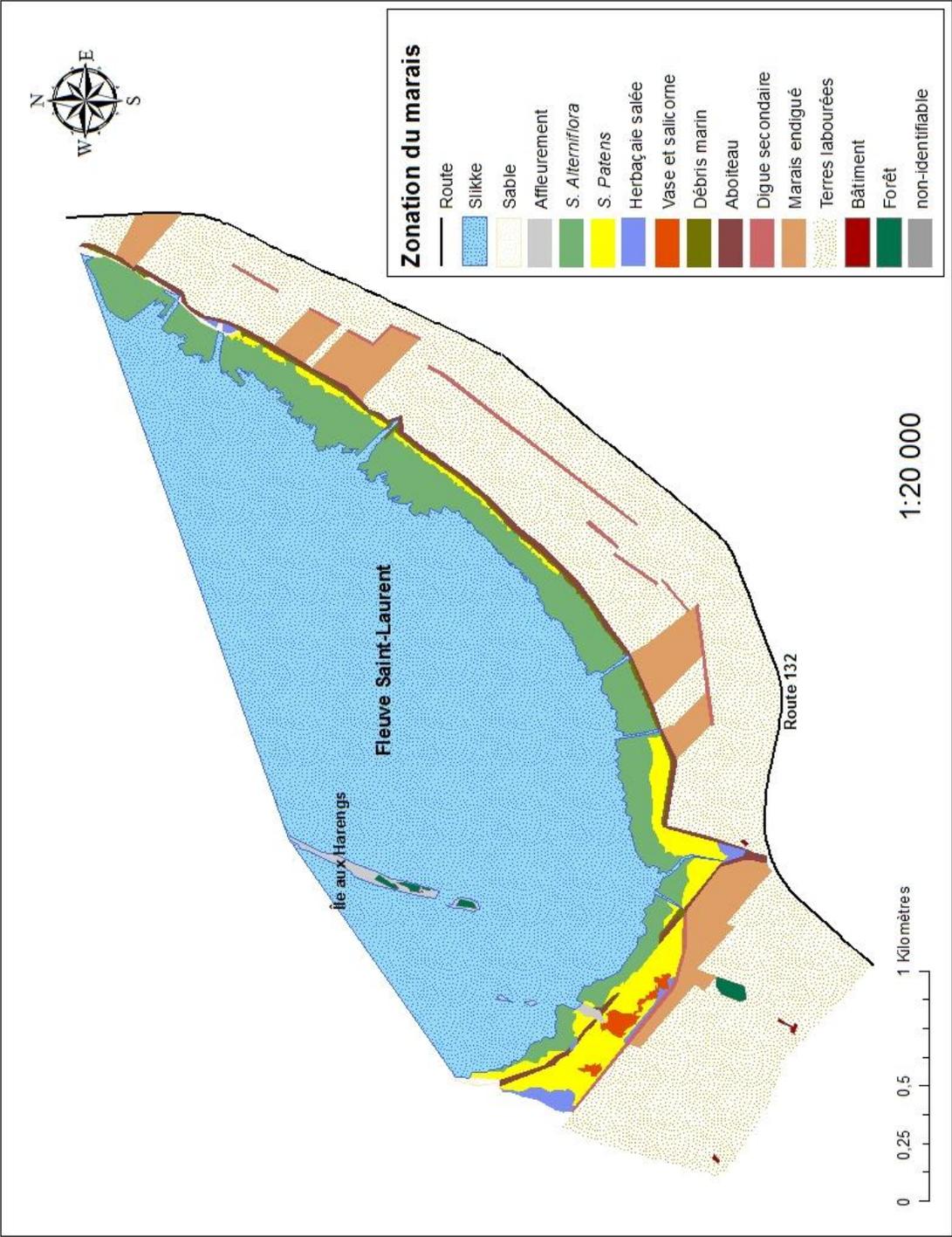


Figure 29 Zones de végétation du marais en 1985

Zone	ha	%
<i>S. alterniflora</i>	62,7	70,8
<i>S. patens</i>	22,8	25,7
Herbaçaie salée	3,1	3,5
Total	88,6	100

Tableau 6 Aire des zones de végétation du marais en hectare et en pourcentage en 1985

En ce qui concerne la partie ouest du marais, il est intéressant de noter que l'aboteau de 1937-1938 a maintenant une grande brèche, résultat probable de l'action des vagues. Cette brèche permet donc à l'eau de pénétrer à l'intérieur de cette enclave de façon plus importante, et à la *S. patens* d'accroître sa superficie sur l'ancien marais endigué. Cela permet également que ce secteur réintègre la dynamique du marais de manière significative. Lorsqu'on observe le secteur ouest, on voit que la *S. alterniflora* a perdu beaucoup de superficie, passant d'une bande très large au début du XXe siècle à un simple ruban en 1985. À partir des photographies aériennes, il semble que cette disparition ait été causée par une érosion latérale. On voit que la zone à *S. alterniflora* est devenue coincée contre les restes de l'aboteau de 1937-1938. Mais dans le secteur est du marais, c'est l'inverse qui se produit : la zone à *S. alterniflora* est en croissance, grâce à la sédimentation. Champagne *et coll.* ont noté dans leur étude que « l'examen de photographies aériennes (1960-1980) prises à marée basse révèle que la zone de spartine alterniflora a progressé aux dépens de la vasière au rythme annuel de l'ordre de 0,75 m dans la baie de Kamouraska et de 0,40 m dans l'ensemble de la région » (1983 : 39). Ainsi, l'accroissement du marais dans ce secteur vient compenser les pertes du secteur ouest et maintient le marais dans un certain équilibre. Selon Hatvany *et coll.* (2015 : 31), le marais, malgré un déplacement latéral des sédiments du schorre inférieur, est remarquablement stable depuis les 250 dernières années.

4.8 Le marais en 2009

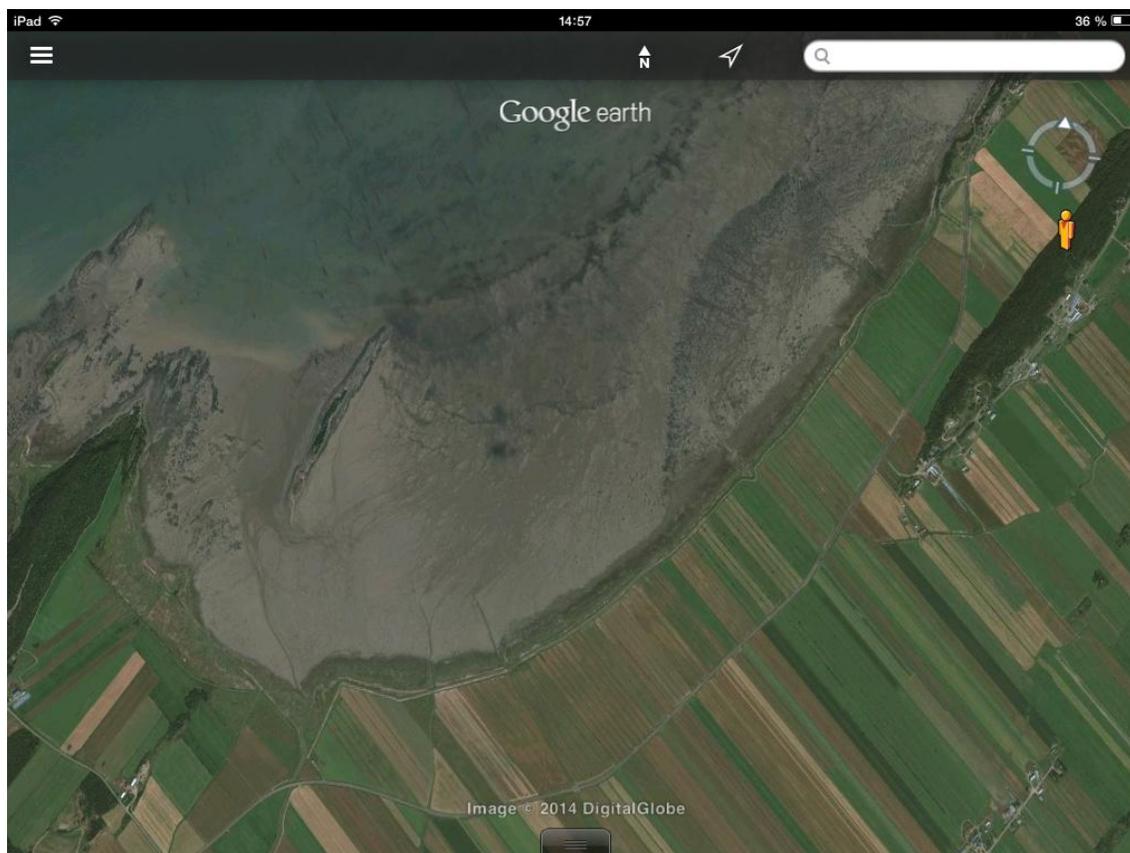


Figure 30 La baie de Kamouraska en 2009
Source : Google Earth, 2009.

La prochaine photographie aérienne analysée est celle de 2009. Les changements apparus sur les zones de végétation de la baie de Kamouraska qui y figurent ont été déterminés à partir d'images disponibles sur Google Earth (Figure 30). Il est possible de voir que toutes les sections du marais endiguées en 1980 sont maintenant complètement asséchées. Les agriculteurs profitent pleinement de l'extension des terres agricoles. Ce qui ressort lorsque l'on regarde la carte des zones de végétation de 2009 (Figure 31), c'est l'apparition d'un phénomène qui n'est pas tout à fait nouveau, mais qui a gagné en importance : l'accumulation de débris marin dans la zone à herbaçaise salée. Son importance en termes de superficie est significative : 2,8 hectares, presque la même superficie qu'occupait l'herbaçaise salée en 1985. Les débris ont d'ailleurs tendance à rester coincés entre les zones à *S.patens* et celles à herbaçaise salée. Ils y sont transportés par les

marées de vives-eaux, l'énergie des marées de jusant étant trop faible pour les ramener à la mer. Les débris marins y sont coincés, car l'aboteau les empêche de pouvoir s'étendre sur une plus grande surface. Les débris marins recouvrent une superficie importante du marais et empêchent souvent la croissance de toute végétation, mis à part l'*Atriplex* sp. qui semble s'y adapter (Gauthier, 2011 : 18).

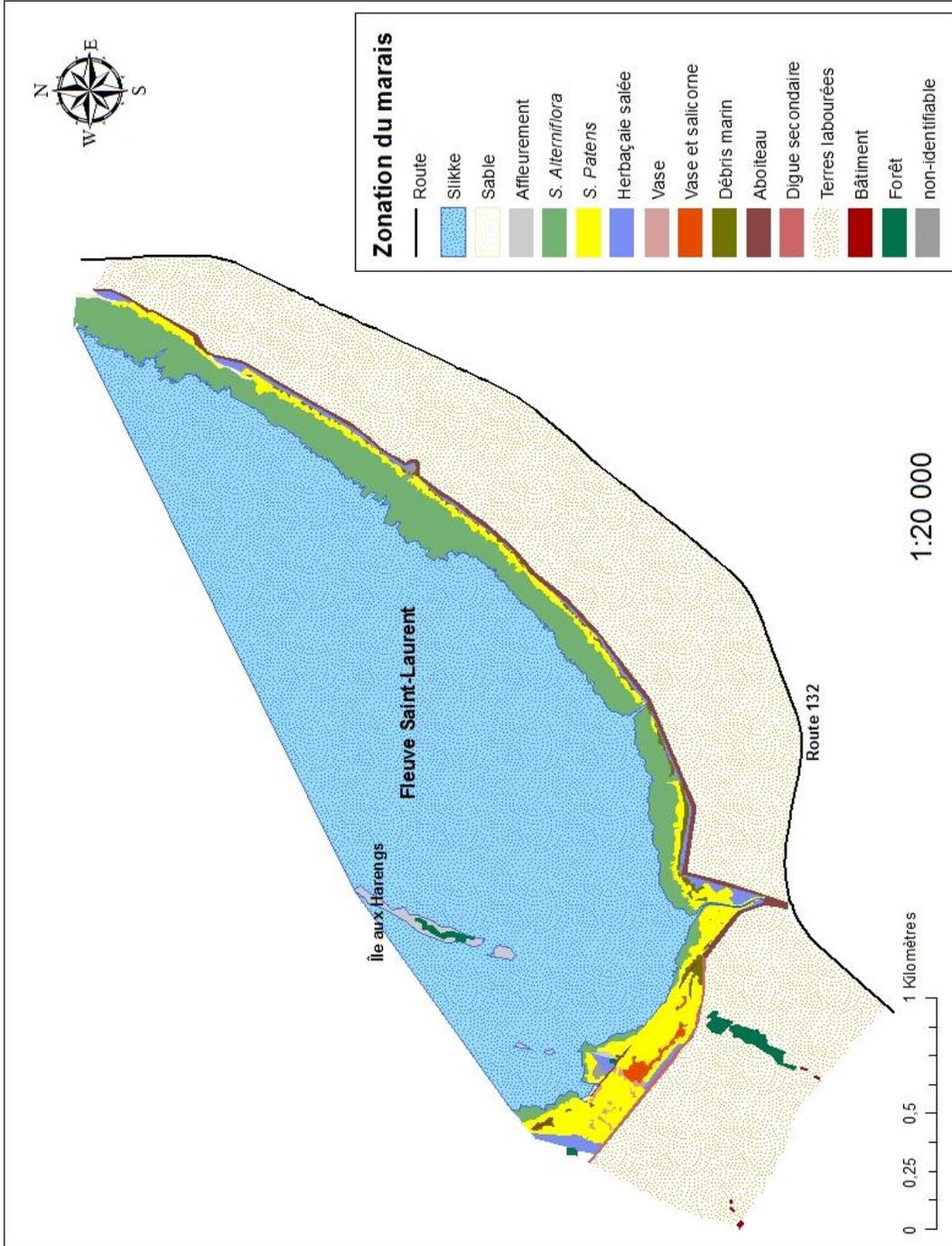


Figure 31 Zones de végétation du marais en 2009

Zone	ha	%
<i>S. alterniflora</i>	51,5	58,7
<i>S. patens</i>	25,8	29,3
Herbàçàie salée	6,6	7,5
Total	83,9	100

Tableau 7 Aire des zones de végétation du marais en hectares et en pourcentage en 2009

Malgré l'impact de la présence de débris marins sur la superficie des zones à *S. patens* et à herbaçàie salée, celles-ci sont quand même en croissance. En effet, la zone à *S. patens* occupe en 2009 29,3 % du marais pour une surface de 25,8 hectares (Tableau 7), plus grande surface occupée par cette espèce depuis l'endiguement de 1937-1938 au nord de l'aboteau. Quant à l'herbaçàie salée, sa superficie a plus que doublé depuis 1985, à environ 6,6 hectares, ce qui correspond à 7,5 % du marais. La zone à *S. alterniflora*, quant à elle, continue de diminuer, les 51,5 hectares qu'elle couvre représentent la plus petite surface pour cette plante depuis 1974, à savoir 58,7 % du marais. L'érosion qui est en cours dans le secteur ouest du marais contribue à cette diminution.

4.9 Le marais aujourd'hui

Bien qu'il n'existe pas de photographies aériennes plus récentes que celles de 2009, les visites sur le terrain permettent tout de même d'évoquer quelques observations, dont certaines difficiles ou même impossibles à voir sur les photographies aériennes. On peut affirmer que les populations importantes d'*Atriplex hastata*, documentée par M. Gauthier (2011), ont pratiquement disparu suite au passage de la tempête *Irène* en 2011. Bien que n'ayant pas complètement disparu, elles sont loin d'être aussi abondantes que dans les dernières années. Il est aussi possible de dire que dans le secteur est, le marais est très diversifié : la *S. alterniflora* s'étend sur quelques centaines de mètres et on note la présence des deux autres zones de végétation significatives, en plus d'une flèche de sable qui suggère l'accroissement de ce secteur. Ailleurs, on peut observer dans les marelles, ces dépressions que l'on retrouve partout sur le marais à la limite des zones à *S. alterniflora* et à *S. patens*, la présence de salicorne (Figure 32), ce qui démontre un processus de revégétalisation (Bertness, 1998 : 346, Gauthier *et coll.*, 1980 :

10); phénomène que l'on ne peut voir sur les photographies aériennes. L'amoncellement de débris marins a été constaté. Si parfois cela se résume à quelques débris, en général on parle plutôt d'une épaisse accumulation nauséabonde, en grande partie située dans la zone à herbaçaise salée, au pied de l'aboiteau (Figure 33). Cette zone varie de quelques mètres à une dizaine.



Figure 32 Colonie de salicorne dans une marelle, baie de Kamouraska
Source : collection privée d'Hatvany, 2012.



Figure 33 Effet de coincement de débris marins dans la zone d’herbaciaie salée
Digue du secteur ouest de baie de Kamouraska visible sur la droite.
Source : collection privée d’Hatvany, 2012.

Plusieurs phénomènes intéressants ont pu être constatés dans le secteur ouest du marais. Le premier concerne la microfalaise formée à la limite des hautes marées moyennes, qui agit comme un mur où vient se frapper la marée haute qui ne peut que poursuivre l’érosion. L’énergie des vagues semble trop importante pour que la *S. alterniflora* s’implante au bas de la microfalaise et revégétalise cette partie du marais, bien qu’à marée basse on puisse y voir de petites colonies éparses. Il est par contre difficile de dire si ces colonies vont réussir à s’accroître ou si elles sont à leur maximum d’étalement.

Le deuxième phénomène intéressant, mais somme toute inquiétant, concerne l’apparition de *Phragmites australis* à l’intérieur du secteur en renaturalisation. Le *Phragmite australis* est une plante envahissante qui produit des colonies en forme de cercle très distinctes vues du ciel. Il est difficile de dire à partir de quel moment il y a des *Phragmites australis* sur la baie de Kamouraska, puisque l’on n’observe aucune forme de cercle sur les photographies aériennes. Pourtant, lors d’une visite sur le terrain en 2012, au moins deux colonies ont été trouvées, ce qui nous indique que l’implantation du *Phragmite australis* est assez récente. De plus, dans le rapport du ZIPSE (Joubert et Bachand, 2012 : 29) neuf colonies de *Phragmites australis* ont été

répertoriées. Si cette population n'était pas encore très importante en terme de superficie, elle n'en reste pas moins inquiétante, puisque le *Phragmite australis* est une espèce très envahissante et très difficile à enlever (Lelong *et coll.*, 2007).

4.10 Retour sur les résultats

Afin de résumer les résultats obtenus à partir des photographies aériennes, la figure 34 illustre les changements qui ont eu lieu sur le marais concernant la superficie en hectares des zones de végétation. De la construction du premier aboiteau en 1937-1938, il résulte une diminution significative des zones à *S. patens* et à herbaçaie salée. Ensuite, de 1948 à 2009, les zones à *S. patens* et à herbaçaie salée fluctuent, mais de manière négligeable. Quant à la *S. alterniflora*, son évolution semble plus erratique, avec des diminutions et des augmentations significatives selon l'état d'entretien des digues. Entre autres, la reconstruction de l'aboiteau en 1980 est liée à une augmentation marquée de la *S. alterniflora*.

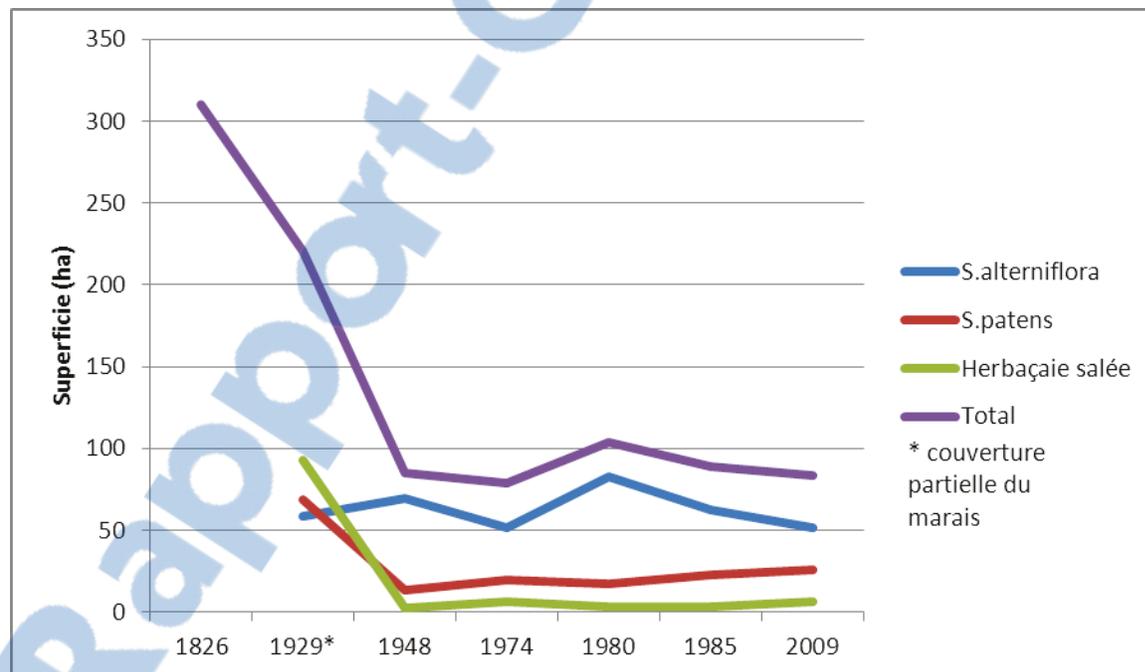


Figure 34 Évolution de la superficie des zones de végétation sur le marais de la baie de Kamouraska de 1929 à 2009

Enfin, la figure 35 résume l'évolution de la superficie des principales zones de végétation principales du marais; elle fait ressortir les changements qui ont eu lieu sur le marais entre 1929 et 2009. Il est possible de noter une corrélation inverse entre la zone à *S. alterniflora* et les zones à *S. patens* et à herbaie salée. Cette figure permet aussi au lecteur de mieux visualiser l'espace qu'occupe chacune des zones de végétation à travers le temps.

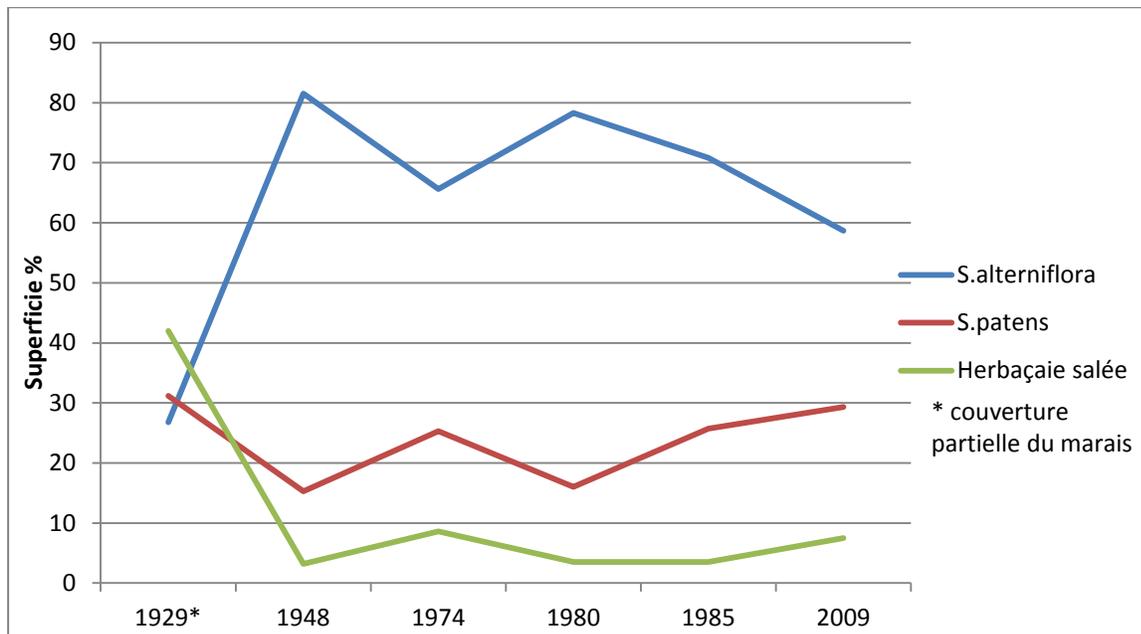


Figure 35 Évolution de la superficie des zones de végétation principale sur le marais de la baie de Kamouraska entre 1929 et 2009

Chapitre 5 – Discussion

À la lumière de l'analyse des cartes anciennes et des photographies aériennes de la baie de Kamouraska, il est possible d'affirmer que les changements anthropiques de superficie du marais à partir de 1937-1938 ont sans doute affecté les processus écologiques du milieu. La construction d'un aboiteau de 5 km de long, bien que n'ayant pas donné les résultats escomptés quant à l'assèchement des terres, a complètement modifié – sinon effacé – les hautes zones de végétation halophytique du marais, c'est-à-dire les zones à *Spartina patens* et à *Spartina pectinata*. Quarante ans après sa construction, il y aura des débats importants en 1980 entre environnementalistes et agriculteurs concernant la réfection des digues ou la renaturalisation du marais perturbé.

On constate sur les cartes anciennes de 1781 et de 1826 que les limites du schorre inférieur et supérieur du marais de la baie de Kamouraska correspondent respectivement aux limites de la marée moyenne et de la haute marée d'équinoxe. Ces limites définissent facilement la zonation de végétation halophytique du marais avant l'endiguement. Elles permettent aussi de calculer la superficie totale du marais avant l'endiguement à environ 309,8 ha avec une longueur de 6,7 km et une largeur de 535 m. Malgré le fait que la photographie aérienne de 1929 de la baie de Kamouraska ne couvre que les secteurs ouest du marais, elle permet tout de même de constater l'ampleur de celui-ci avant son endiguement. Il s'étendait de l'estuaire Saint-Laurent jusqu'en bordure du chemin du Roy, l'actuelle Route 132. Les zones à *S. patens* et à l'herbaçaie salée recouvraient la plus grande part du marais et offraient aux marées une vaste étendue pour s'échoir et étendre les sédiments et les débris marins. Quant à la zone à *S. alterniflora*, elle était plus petite que les deux dernières zones, mais d'une superficie assez importante quand même.

Suivant l'endiguement du marais en 1937-1938, les photographies aériennes du marais prises en 1948 révèlent une tout autre réalité. La construction de ce premier aboiteau a, en effet, amputé de manière drastique le marais : plus de 70 % de sa superficie a été modifiée. L'aboiteau construit par les agriculteurs, à l'aide, entre autres, de poutres et de piquets de bois, a été érigé sur toute la longueur du marais à la hauteur de la ligne de marées hautes (actuellement, la ligne de pleine mer moyenne). Le marais n'a donc plus la même superficie et ne peut plus accomplir aussi

efficacement, ou du moins à aussi grande échelle qu'avant, les fonctions auxquelles il répond, puisque la surface soumise à la dynamique des marées n'est plus la même. Si la faune aviaire peut encore, à cette époque, profiter des zones endiguées, la faune aquatique, quant à elle, n'a plus accès à toute la largeur du marais. En effet, les différents organismes (bactéries, phytoplancton, zooplancton, etc.) qui vivent dans le marais ont aussi été perturbés. Leur habitat étant diminué, ils sont moins nombreux pour effectuer leurs activités, « soit capter, sédimenter, filtrer, décomposer et recycler, équivalent, lorsque pris globalement au travail d'une véritable usine d'épuration de traitement tertiaire » (Gauthier et coll, 1980 : 44). Quant à l'établissement des zones à *S. patens* et à herbaçaille salée devant la digue, cela a été possible grâce aux vagues et à la dynamique sédimentaire qui ont modifié la pente initiale du marais, ce qui a permis aux deux zones de retrouver les conditions nécessaires pour y croître. Bien que ces deux zones soient contraintes d'occuper un espace restreint, elles participent tout de même à la dynamique du marais.

En 1941, une violente tempête a érodé les digues et détruit principalement les clapets qui laissaient l'eau salée entrer à l'intérieur des terres endiguées. À cause de cet incident d'origine naturel, le projet d'assèchement des terres des agriculteurs a été court-circuité. Néanmoins, les digues, bien qu'affectées par la tempête, continuent d'une certaine manière d'empêcher la pleine inondation des terres endiguées avec comme résultat que la zone immédiatement derrière les digues n'est ni dans un état d'assèchement, ni dans un état naturel. Devant cette situation, les agriculteurs construisirent des digues secondaires à la ligne de marées de vive-eau moyennes que l'on peut déjà observer sur la photographie de 1948. Au cours des années qui suivirent, le marais, avec l'effet des vagues, des glaces, de la sédimentation et de l'établissement de la végétation, tend vers un certain équilibre conditionné par les nouveaux facteurs auxquels il est soumis à cause de l'aboteau. La photographie aérienne de 1974, quant à elle, démontre l'utilité de ces nouvelles digues, soit l'assèchement des terres sur le haut schorre. Ces digues secondaires sont, en général, situées près de l'ancienne ligne des hautes marées d'équinoxe. Néanmoins, on note quelques parcelles qui dépassent cette limite à l'extrême est du marais où certains agriculteurs ont pu se servir de l'aboteau original.

Sur la photographie aérienne de 1980, on peut voir qu'à l'extrême est du marais, soit le Cap-Blanc, les terres asséchées sont plus larges, car les agriculteurs étaient capables de se servir de l'aboteau principal construit en 1937-1938. Cela révèle que les agriculteurs avaient soit commencé à reconstruire l'aboteau principal sans attendre l'aide gouvernementale, ou que l'aboteau était toujours fonctionnel à cet endroit. Ce qui attire l'attention, c'est la quasi-disparition des zones à *S. patens* et à herbaçaille salée devant l'aboteau à l'est du ruisseau du Bras. Est-ce l'effet direct de la machinerie durant la reconstruction, l'effet de tempêtes, le cycle de la dynamique sédimentaire ou le résultat de plusieurs de ces variables? Quoi qu'il en soit, les impacts de l'aboteau sur le marais étaient visibles avant 1980 et, avec ou sans l'aide du gouvernement, les agriculteurs avaient déjà entrepris de poursuivre l'assèchement des terres amorcé en 1937, d'autant plus que depuis cette année-là, les terres du marais leur appartenaient selon une décision du ministère des Terres et Forêts (Hatvany, 2009 : 136).

Les photographies aériennes de 1985 et de 2009 démontrent que les zones de végétation halophytiques qui étaient pratiquement disparues en 1980 sont de retour devant les digues de manière significative. Clairement, les agriculteurs ont bien profité du nouvel aboteau, puisque l'assèchement des terres est en progression. Comme il a été démontré dans le chapitre 4, le marais a maintenant un prolongement dans le secteur ouest. Celui-ci est donc en renaturalisation depuis la tempête de 1941, et ce, sans intervention humaine. Toujours comme il en a été question dans le chapitre 4, l'aspect du marais d'aujourd'hui est pratiquement le même que celui des photographies aériennes de 2009, à quelques exceptions près.

Zones	1826	1929*	1948	1974	1980	1985	2009
<i>S. alterniflora</i>	nd	58,9* (26,8 %)*	69,5 (81,5 %)	51,9 (65,6 %)	83,1 (78,3 %)	62,7 (70,8 %)	51,5 (58,7 %)
<i>S. patens</i>	nd	68,8* (31,2 %)	13,1 (15,3 %)	20 (25,3 %)	17 (16 %)	22,8 (25,7 %)	25,8 (29,3 %)
Herbaciaie salée	nd	92,5* (42 %)	2,7 (3,2 %)	6,8 (8,6 %)	3,7 (3,5 %)	3,1 (3,5 %)	6,6 (7,5 %)
Total	309,8 (100 %)	220,2* (100 %)	85,3 (100 %)	78,7 (100 %)	103,8 (100 %)	88,6 (100 %)	83,4 (100 %)

Tableau 8 Superficie des zones de végétation halophytique en hectares et en pourcentage

* La photographie aérienne de 1929 est une image partielle de l'ouest du marais.

Le tableau 8 révèle une corrélation claire entre les activités humaines et l'évolution de la superficie des zones de végétation sur le marais. On remarque que les zones à *S. patens* et à herbaçie salée diminuent drastiquement à partir de 1937-1938, suivant la construction de l'aboiteau. Ensuite, les zones à *S. patens* et à herbaçie salée augmentent sensiblement leur superficie (données de 1974), tandis que la *S. alterniflora* diminue. On peut noter ce qui semble être une anomalie liée à la reconstruction de l'aboiteau en 1980 : une augmentation substantielle de la *S. alterniflora* et une diminution des zones à *S. patens* et à herbaçie salée. On parle d'anomalie, parce que, dès 1985, la *S. alterniflora* perd en superficie et les deux autres zones de végétation en regagnent, pour continuer ces tendances jusqu'en 2009. Ainsi, l'établissement des zones de végétation devant l'aboiteau se fait sur un espace restreint, qui, avant l'endiguement, n'était occupé que par la *S. alterniflora*. Suite à la construction de l'aboiteau, les conditions nécessaires à la croissance des zones à *S. patens* et à herbaçie salée devant l'aboiteau se sont mises en place. Ainsi, chacune des zones se partage ce même espace restreint, et selon les conditions en place elles occupent un espace plus ou moins grand. Il serait intéressant de continuer l'observation pour comprendre l'impact réel de l'aboiteau et surtout l'évolution de la végétation.

La croissance naturelle du marais est donc délimitée par le fleuve et l'aboiteau; la sédimentation, quoiqu'importante, ne suffit pas au marais pour qu'il puisse prendre une expansion telle qu'il pourrait conquérir le fleuve. D'ailleurs, il faut souligner que les prédictions de la plupart des auteurs ne se sont pas réalisées, ou alors seulement partiellement. Commençons par Schmouth (1874) qui croyait que suite à la construction d'aboiteaux, les marais continueraient en croissance et que les agriculteurs pourraient continuer de conquérir du terrain sur le fleuve (Hatvany, 2009 : 121-122). Hamel (1963 : 80) a eu le même constat concernant la croissance continue des marais dans son texte « La récupération et la mise en valeur des alluvions maritimes du Saint-Laurent ». Puis, en 1980, Gaétan Gourde écrivait concernant la baie de Kamouraska : « [...] les digues sont loin de représenter une conquête des battures pour fins agricoles; en effet, la batture inférieure dite la SLIKKE n'est pas touchée; la batture intermédiaire, dite le SCHORRE, principale aire de séjour de la faune aquatique, que les biologistes qualifient de garde-manger pour la faune, est également intouchée par les travaux d'endiguement » (Gourde, 1980 : 21-30). On sait aujourd'hui que cette idée est fautive. Il ajoute aussi : « Nous sommes d'avis que les aboiteaux, tels que localisés épargnent le marais intertidal dans presque sa totalité » (Gourde, 1980 : 21-30). Nous avons pourtant vu que cela a affecté près de 70 % de sa superficie totale. De leur côté, Sérodes et Dubé (1983 : 25) ont conclu que : « les estrans de Kamouraska sont actuellement en équilibre ». Enfin, Champagne *et coll.* (1983 : 16-17) indiquent dans leur rapport une baisse de niveau marin et mentionnent que : « le marais s'accroît grâce à l'installation d'îlots de végétation qui s'étendent pour devenir continus ».

Mais, comme Hatvany *et coll.* (2015) le signalent, après les années 1983 le discours scientifique change passant des marais en croissance aux marais en régression. Dionne l'a bien décrit dans plusieurs de ses textes, dont « Érosion récente des marais intertidaux de l'estuaire du Saint-Laurent, Québec » (1988). Bernatchez et Dubois affirment aussi que « [...] les marais maritimes – le système côtier le plus riche écologiquement – sont les plus affectés par l'érosion » (2004 : 67). Plus récemment, Joubert et Bachand (2012 : 9) écrivent dans leur rapport que le marais de la baie de Kamouraska est en érosion et que les changements climatiques ainsi qu'une hausse du niveau marin vont amplifier la situation. On peut toutefois affirmer aujourd'hui que le marais de la baie de Kamouraska est en constante évolution et que, pour le moment, étant à la fois en

croissance du côté est et en érosion du côté ouest, il se trouve à être plus ou moins en équilibre (Hatvany, 2014 : 192-193).

5.1 Les marais intertidaux et le développement durable

Le marais de la baie de Kamouraska fait présentement l'objet d'une réflexion concernant une possible renaturalisation (Joubert et Bachand, 2012 : 9). Étant donné que cette réflexion porte sur des questions à la fois environnementales et socioéconomiques, il est pertinent d'évaluer les impacts d'une renaturalisation en prenant en compte le développement durable. Bien qu'il soit assez récent d'entendre parler de développement durable dans l'aménagement des environnements, le concept en lui-même n'est pas nouveau. Par exemple, les Autochtones, dans leur manière d'exploiter les ressources, pratiquaient une forme de développement durable, mais ils n'avaient pas besoin de le nommer puisque cela allait de soi pour eux et qu'ils ne connaissaient pas d'autre manière de faire. Georges Perkins Marsh a publié en 1864, ce qui est considéré comme le premier ouvrage sur l'écologie. Il a ainsi mis la table au concept de développement durable. Ce concept s'est développé dans sa forme actuelle à partir des années 1970 suite à la rencontre du Club de Rome, qui publia le rapport *Halte à la croissance?* (1972) qui se posait des questions sur la croissance démographique et économique et ses limites. Suite à cela, plusieurs rencontres, conventions ont eu lieu et plusieurs rapports ont été publiés, mais celui qui marqua un virage important dans l'évolution du concept est le rapport Brundtland (1987), dans lequel on retrouve la définition du développement durable encore utilisée : « Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins » (Rapport Brundtland, 1987). On y retrouve aussi le concept des « trois piliers » du développement durable : l'environnement, la société et l'économie. Ces piliers devraient être pris en considération de manière égale et globale pour considérer qu'une action a été posée en tenant compte d'une réflexion sur le développement durable. Aucun d'eux ne pèse plus lourd que les autres dans la balance. L'année 1992 est marquée par le troisième sommet de la Terre qui eut lieu à Rio de Janeiro. De ce sommet sortirent plusieurs documents importants : la déclaration de Rio, la convention sur les changements climatiques, la convention sur la biodiversité et le

programme d'action *Action 21* qui marquèrent la volonté mondiale d'apporter des changements aux pratiques face à l'environnement. Au Québec, la Loi sur le développement durable a été adoptée en 2006, afin de guider l'appareil gouvernemental dans la prise de décisions concernant ses activités (MDDELCC, 2013).

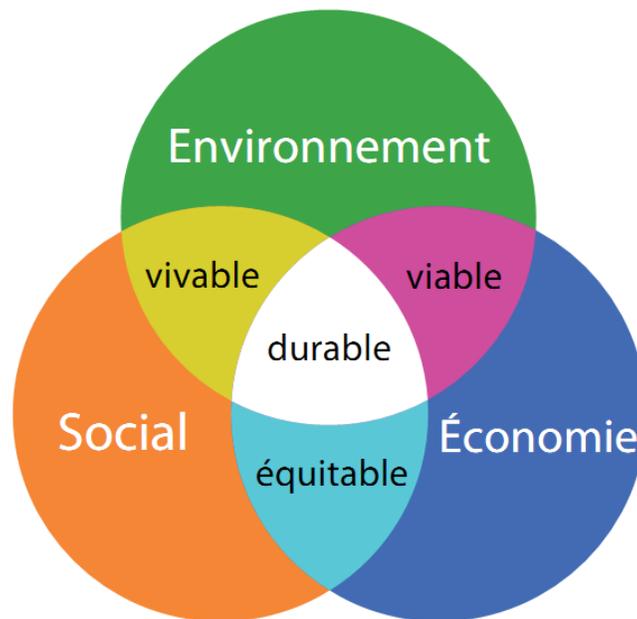


Figure 36 Les piliers du développement durable

Source : Tirée de la Société d'aide au développement de la Vallée du Batiscan, 2014.

En 2012, Joubert et Bachand ont publié un rapport subventionné par la MRC de Kamouraska intitulé « Un marais en changement, caractérisation du marais salé de la baie de Kamouraska », dans lequel ils justifient la décision de vouloir renaturaliser le marais en faisant appel surtout à des raisons environnementales. Donc, faisons l'exercice de prendre en compte le développement durable dans la décision de renaturaliser le marais de la baie de Kamouraska, afin d'apporter un angle nouveau à cette question.

5.1.1 L'environnement

Suite au réendiguement des marais de Kamouraska en 1980, le ministère de l'Environnement du Québec publia en 1982 une recommandation de protéger à l'avenir les marais intertidaux du Québec étant donné leur importance écologique (Fillion, 1982; Conseil consultatif, 1982). L'importance de ces zones, selon la recommandation, réside dans la productivité de celles-ci ainsi que dans les services écologiques qu'elles rendent : la filtration de l'eau, leur rôle comme pouponnière pour une faune variée en plus de servir de garde-manger. Seulement, malgré la protection dont ils profitent, les marais ne couvraient que 3 279 ha en 2000-2002 dans le moyen estuaire du Saint-Laurent. Il est donc évident que la préservation de chacun des sites est importante (Hatvany, 2009 : 161). Considérant la proximité du marais de Kamouraska et des terres agricoles adjacentes, il est possible d'affirmer que le marais filtre les eaux de ruissellement venant de ces terres. Celles-ci étant remplies d'engrais et de fertilisant, le marais agit donc comme une usine de traitement des eaux usées, et fait ce travail gratuitement, en diminuant la quantité de produits comme le phosphore (utilisé dans les engrais) se retrouvant dans l'estuaire. Ces propriétés filtrantes évitent des coûts reliés au traitement de ces eaux et aux conséquences qu'une eau polluée engendre sur la santé et la qualité des habitats marins (Gauthier *et coll.*, 1980 : 44 – 50). Il a été démontré dans certaines études que l'aboiteau a un impact sur la biodiversité, entre autres sur la faune aviaire et la végétation (Gauthier *et coll.*, 1980 : 75-78). Par exemple, les oiseaux qui nichent surtout dans les zones à *S. patens* et à herbaçaie salée ont perdu de leur habitat, ce qui réduit le nombre d'individus s'y trouvant. Un autre exemple est celui de la *Calamagrostis canadiensis* présente dans l'herbaçaie salée, qu'Aubert Hamel (1963 : 78) avait décrit comme ayant de vastes étendues et qui sont aujourd'hui disparues du marais.

5.1.2 L'économie

Le marais de la baie de Kamouraska a été transformé depuis 1937 afin de pouvoir répondre aux besoins économiques d'une société en plein changement démographique. Au début du XXe siècle, la rentabilité des terres n'était pas la même qu'aujourd'hui. Agrandir les terres labourables en asséchant le marais semblait être une bonne solution pour l'époque. Toutefois, comme on a pu l'observer au cours du chapitre 4, les terres se sont complètement asséchées, et donc été exploitées à pleine capacité, seulement après 1985. Avec les nouvelles techniques agricoles, le surplus fourni par ce qui était jadis un marais est-il toujours nécessaire pour que les agriculteurs rentabilisent les terres et assurent la sécurité alimentaire? En 1980, selon l'agronome Marcel Michaud, l'aboteau apportait une valeur accrue aux terres améliorées : « Dans la baie de Kamouraska, le rendement augmenterait de 34 \$ l'acre pour les cultures céréalières et le foin, et de 240 \$ pour les pommes de terre » (Michaud cité dans Hatvany, 2009 : 157). Aujourd'hui, on peut se demander si les services écologiques que rend le marais valent plus que le revenu que retirent les agriculteurs de leurs récoltes. D'un autre côté, quels seraient les impacts économiques sur les agriculteurs si l'on renaturalise le marais, et qu'en coûterait-il pour les dédommager? Dans un souci d'efficacité économique, ne serait-il pas mieux de laisser l'aboteau en place pour ne pas imposer les coûts d'une renaturalisation à la société? Toutes ces questions pourraient faire l'objet de recherches axées sur la géographie humaine (surtout économique) et naturelle (biogéographique).

5.1.3 La société

Le troisième pilier du développement durable est la société. Ce pilier est celui qui est souvent le moins pris en considération dans les études du milieu, peut-être parce que les impacts, comme l'équité ou la santé, sont plus difficiles à calculer. Il n'en demeure pas moins que ce pilier a son importance. L'un des principes de développement durable qui s'applique bien au pilier social c'est la santé et la qualité de la vie que l'on retire d'une décision (MDDELCC, 2013). Dans ce cas-ci, on peut se demander ce qu'il est préférable de faire pour la santé et la qualité de vie des citoyens : la renaturalisation du marais est-elle plus avantageuse à long terme? Ne serait-il pas mieux que l'ensemble des citoyens puisse profiter des fonctions du marais, comme la filtration de l'eau, mais aussi pour la chasse à la sauvagine, la récolte d'herbes salées, ou tout simplement pour profiter des aspects esthétiques du paysage? Pour cela, il faudrait toutefois racheter les titres de propriété du marais de certains agriculteurs (Joubert et Bachand, 2012 : 11). Pour finir, dans un souci de protéger le patrimoine culturel, ne serait-il pas mieux de conserver l'aboiteau de la baie de Kamouraska qui fait maintenant partie intégrante du patrimoine historique?

L'idée du développement durable est de bien peser chaque impact dans la balance de la prise de décision, pour finalement prendre celle qui semble la plus juste pour tous, la plus rentable et celle qui privilégie l'environnement. Mais pour en arriver à cette décision, il faut faire l'effort d'une prise en compte de chaque facteur et évaluer le poids de chacun.

5.2 Kamouraska : une question de renaturalisation

La MRC de Kamouraska est actuellement en réflexion concernant les aboiteaux qui se trouvent sur son territoire. Elle se demande si elle doit ou non renaturaliser les marais qui sont actuellement endigués. Il semble que ce questionnement n'a pas commencé en raison d'un souci environnemental, mais plutôt pour un souci économique, puisque la MRC est devenue responsable depuis 2007 de l'entretien des aboiteaux depuis l'arrivée du service intégré de l'eau (Joubert et Bachand, 2012 : 11). Ce service était autrefois sous la responsabilité du ministère de l'Agriculture, qui a transféré la compétence à la MRC en 2007. On peut lire dans le rapport du

ZIPSE (Zone d'intervention prioritaire du Sud de l'Estuaire) que « À la suite de la tempête de 2010 qui a provoqué des dégâts importants sur bon nombre de structures de défense côtière dans l'estuaire du Saint-Laurent, il fut convenu d'agir avec urgence » (Joubert et Bachand, 2012 : 11). Lors des visites sur le terrain de la baie de Kamouraska, les traces laissées par cette tempête sont encore visibles, incluant quelques réparations effectuées sur l'aboiteau.

On peut aussi lire dans le rapport du ZIPSE : « Les terres gagnées sur l'estuaire du Saint-Laurent par drainage et endiguement des marais salés depuis les années 1930 sont assujetties à la submersion côtière liée à la hausse du niveau moyen des océans et des changements climatiques. Plus précisément, la digue à clapets, communément appelée aboiteau, qui protège les terres cultivées de la baie de Kamouraska subit actuellement de l'érosion » (Joubert et Bachand, 2012 : 9). Comme il a été démontré précédemment dans le chapitre 3, il n'y a pas lieu de s'inquiéter d'une hausse du niveau marin dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent pour le moment. En ce qui concerne les changements climatiques, il est pour l'instant difficile de déterminer leurs impacts sur le marais. La raison pour laquelle l'aboiteau subit des dommages dus à l'érosion serait plutôt « prévisible » parce qu'il a été construit sur la ligne des hautes marées moyennes, c'est-à-dire dans un haut-lieu énergétique (par exemple : vagues, courants intertidaux, mouvement de glace, etc.). Lors d'une entrevue orale avec le géohistorien Matthew Hatvany (2014), il a noté que, selon les documents d'archives, les ingénieurs de l'aboiteau en 1937-1938 ont exigé un entretien régulier (saisonnier et annuel), car l'érosion de la face de la digue était considérée comme normale. De plus, la ligne des marées d'équinoxe allait plusieurs centaines de mètres plus loin à l'intérieur des terres (Figure 37). Dernièrement, les tempêtes ponctuelles comme celles de 1941 et de 2010 ont accentué les risques associés à une construction aussi près du rivage, donc des dommages sont possibles et prévisibles.

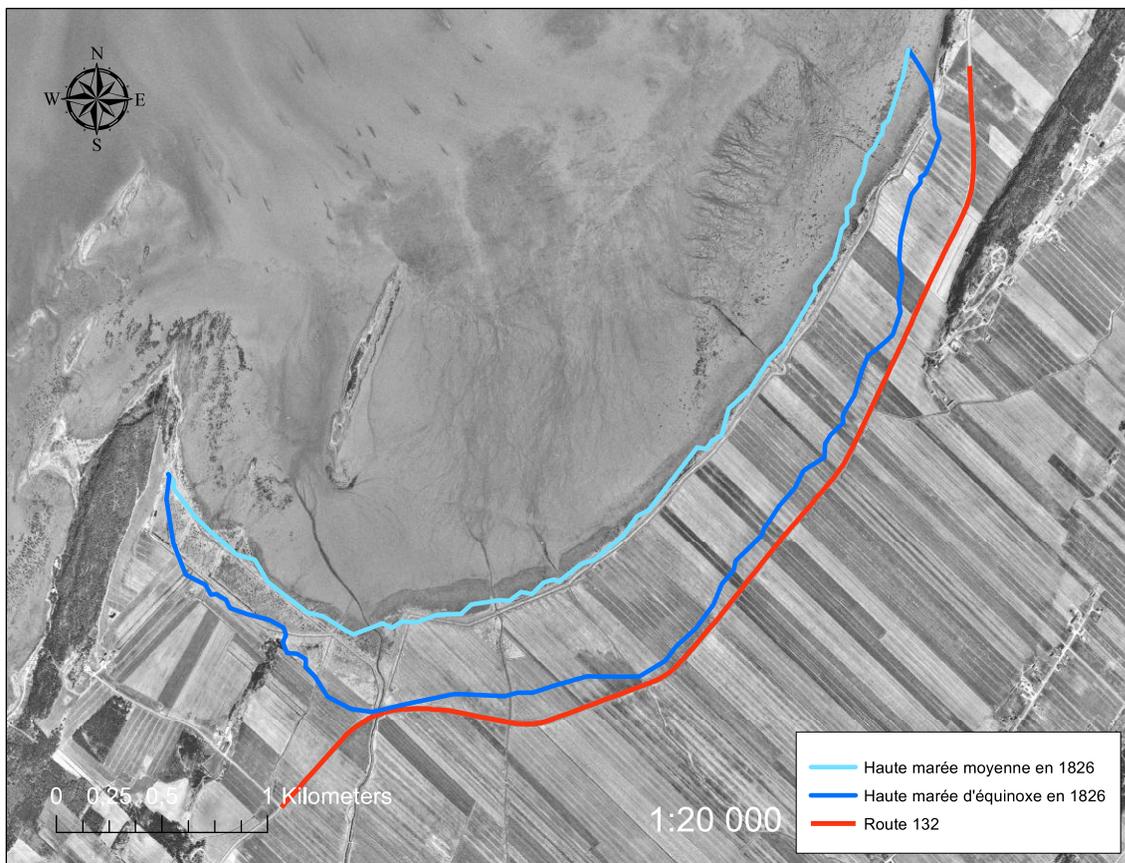


Figure 37 Limites de marées de 1826 transposées sur une photographie aérienne de 2001 de la baie de Kamouraska
Source : MNRF 2001.

S'il n'y a pas lieu de trop s'alarmer pour ces raisons, il est tout de même important de se demander si l'on devrait renaturaliser le marais de la baie de Kamouraska. Au lieu de le faire en réaction à un narratif de crise (crainte de changement climatique, rehaussement du niveau marin, submersion de la côte, etc.), il est intéressant de le faire dans une optique de développement durable, donc pour des raisons économiques, environnementales et sociales. Examinons les trois scénarios qui avaient été envisagés dans le rapport du ZIPSE afin de réparer les 100 m de digues endommagées par la tempête de 2010 : la réfection de la digue à son endroit actuel (ce qui a été fait), la restauration complète des terres agricoles en marais salé avec rachat des terres, ou le déplacement de certains tronçons de la digue actuelle vers les terres (Joubert et Bachand, 2012 : 11).

La première solution ne changerait rien à la situation actuelle : le marais se retrouverait toujours coincé entre l'estuaire et l'aboteau. Le secteur ouest serait toujours laissé à lui-même; les vagues érodant le reste de l'ancien aboteau, causant la formation d'une microfalaise et une disparition, pour le moment, de la *S. alterniflora* dans ce secteur. Seul le temps nous démontrera s'il est possible que la *S. alterniflora* puisse se rétablir au-devant de la microfalaise et rester en croissance dans le secteur est. Sur le plan économique, les agriculteurs ne voient pas leurs revenus affectés, mais doivent, avec la MRC, payer les coûts reliés à la réfection de l'aboteau en cas de dommage. Ces coûts peuvent être récurrents, puisque comme il a été mentionné précédemment, l'aboteau se situe sur la ligne des hautes marées moyennes; il n'y a alors rien d'étonnant à ce que les vagues viennent éroder régulièrement l'aboteau et causent des dommages. Sur le plan social, il faut se demander s'il est équitable de faire payer les réparations à la communauté par le biais de la MRC, puisque seuls les agriculteurs tirent profit de l'aboteau. Enfin du point de vue environnemental, il n'y a pas d'amélioration majeure potentielle pour le marais et l'ensemble de ses occupants. Il s'agit d'une solution coûteuse à long terme, puisque l'aboteau est trop près du fleuve pour ne pas subir de dommages récurrents. L'érosion progressive de l'aboteau ainsi que des dommages ponctuels sont prévisibles.

La deuxième solution, soit la restauration complète des terres agricoles et le rachat des terres, semble plus prometteuse du point de vue environnemental. En effet, cela pourrait permettre au marais de reprendre son aspect pré-1937, d'accroître son efficacité comme zone tampon et d'offrir une plus grande surface habitable pour la faune et la flore, particulièrement pour les sept espèces en péril qui ont été recensées sur le marais : le faucon pèlerin, le bruant de Nelson, le goglu des prés, le bécasseau maubèche, la sterne Caspienne, l'hirondelle rustique et le hibou des marais (Joubert et Bachand, 2012 : 41 et 44). Il a été décrit qu'elles utilisent plutôt les zones à *S. patens* et à herbaçaie salée pour y nicher, et qu'elles se trouvent pour le moment presque exclusivement dans le secteur ouest, qui a une plus grande surface de ces deux zones. Il est donc possible de penser qu'une renaturalisation du marais serait favorable pour aider les populations aviaires en péril qui vivent sur le marais. Sur le plan économique, il faut calculer les pertes de revenus que subiront les agriculteurs (et la MRC) et les dédommager en rachetant les terres (Joubert et Bachand, 2012 : 11). Il ne faut pas oublier les coûts reliés à la renaturalisation elle-même. Une fois additionnés, ces coûts peuvent être très élevés. Ils ne surviendront toutefois

qu'une seule fois. Du côté social, le marais pourra être plus accessible et ne sera plus caché derrière les digues. L'ensemble des citoyens pourra donc profiter, même si cela semble imperceptible, des fonctions d'assainissement gratuites des eaux à son plein potentiel. De cette manière, le public pourra admirer le paysage et observer une biodiversité qui pourrait éventuellement s'accroître avec un habitat plus vaste (Gauthier *et coll.*, 1980 : 75-81).

Quant à la troisième solution, celle de déplacer certains tronçons de la digue vers les terres, elle semble plus difficile d'application et sujette à plus d'inconvénients et de discordes. Quels tronçons déplace-t-on? Quels agriculteurs seront touchés et pourquoi pas les autres? Si l'on change la forme du marais, quels impacts cela aura-t-il sur sa dynamique? Il y aura des coûts pour les tronçons déplacés et pour ceux qui ne le seront pas qui risquent toujours les dommages. Les zones à *S. patens* et à herbaçaie salée pourraient s'accroître, mais on ne sait pas comment pourrait se comporter la dynamique du marais, la dynamique sédimentaire entre autres. Du côté social, les citoyens ne seront ni gagnants ni perdants.

Une autre solution n'a pas encore été envisagée : déplacer l'aboteau sur la ligne des hautes marées d'équinoxe de 1826 (Figure 37). Cela permettrait d'être plus équitable sous tous les aspects du marais. Du point de vue économique, la solution sera coûteuse, car il faudra dédommager partiellement les agriculteurs pour les terres perdues et investir pour renaturaliser le marais et reconstruire l'aboteau. Les risques de dommages à l'aboteau ne seront pas nuls, mais réduits considérablement, puisque l'aboteau sera beaucoup plus loin du fleuve. Les vagues ne pourront atteindre l'aboteau que de manière ponctuelle, éliminant ainsi l'érosion quotidienne. Seuls les dommages potentiellement causés par les marées d'équinoxe et les tempêtes exceptionnelles pourraient avoir lieu, réduisant ainsi les coûts d'entretien de l'aboteau. Du point de vue environnemental, cela permettrait possiblement de voir les zones à *S.patens* et à hebaçaie salée s'accroître de manière importante. Si l'aboteau était totalement enlevé, la pente initiale du marais pourrait se reformer. Les vagues pourraient ainsi s'échoir sur le marais et épandre les débris marins sur une plus grande surface et éviter les accumulations importantes. Comme dans la deuxième solution, cela aurait pour avantage d'offrir un plus grand habitat pour les espèces aviaires, dont celles en péril. Finalement, du point de vue social, il sera plus équitable pour la

population de pouvoir profiter pleinement du marais tandis que les agriculteurs pourront encore profiter dans une certaine mesure de l'extension des terres sur le marais.

Si l'on regarde toutes les solutions, celle qui s'approche le plus d'une vision de développement durable est la dernière. Elle est la plus équilibrée de manière théorique, car elle ne pénalise pas uniquement les agriculteurs, elle est favorable à l'environnement et elle est plus équitable socialement. Par contre, défaire l'aboteau, le refaire et racheter partiellement des terres pourrait s'avérer assez coûteux par rapport aux revenus qu'en retireraient les agriculteurs sur le long terme. Une évaluation approfondie des coûts liés aux opérations serait à effectuer avant de prendre une quelconque décision. Sinon, la solution de renaturation complète du marais semble plus judicieuse puisqu'un plus grand marais peut être mis à profit non seulement pour la faune et à la flore, mais pour l'humain aussi. « Un marais qui épure les eaux, se doit être constitué d'un énorme volume de matière vivante à la base s'il veut permettre l'existence d'organismes supérieurs » (Gauthier et coll. 1980 : 46). En somme, un plus grand marais peut, en plus de ses fonctions d'épuration, prodiguer plus de ressources halieutiques, ce qui est bénéfique pour la population en général.

Conclusion

Les marais sont en perpétuelle mutation, que ce soit de manière naturelle ou anthropique. Parfois les changements sont subtils, d'autres fois plus radicaux. Il n'y a qu'une constante, la Nature n'est jamais statique. Dans le cas des marais, ils sont soumis à des cycles et des dynamiques qui les transforment continuellement. Qu'ils soient générés par l'Homme ou par la nature, les changements ne sont pas toujours que positifs ou que négatifs du point de vue de l'être humain : le marais de la baie de Kamouraska en est un bon exemple. L'analyse du marais à travers les cartes anciennes et les photographies aériennes a permis de mieux évaluer l'impact des activités humaines sur la zonation végétale. Il est clair que la construction des aboiteaux représente le changement le plus important survenu au cours des deux siècles étudiés; même les tempêtes les plus violentes n'ont pas apporté de changements aussi significatifs. De prime à bord, au 19^e siècle et au début du 20^e, les raisons semblaient assez bonnes dans le contexte de l'époque pour endiguer le marais. Mais les choses ont changé et on est en droit de se demander s'il est toujours raisonnable d'endiguer le marais actuellement puisque l'argument de la sécurité alimentaire ne tient plus. Par ailleurs, l'enjeu environnemental semble assez important aujourd'hui, au-delà du discours à la mode, pour que l'on s'interroge sur la pertinence des aboiteaux par rapport aux questions de qualité de l'eau, de biodiversité et de protection des milieux humides. Il ne faut pas oublier qu'il y a et aura des coûts reliés à l'entretien des aboiteaux et que ces frais seront assumés par la population entière s'ils sont maintenus en place. Une renaturalisation permettrait à la nature de s'occuper de façon tout à fait gratuite du marais. Il a été mentionné à plusieurs reprises que les marais sont des milieux parmi des plus productifs au monde et qu'il est important de les conserver. Malheureusement, ils ne représentent qu'un faible pourcentage des rives du Saint-Laurent; la renaturalisation de la baie de Kamouraska n'en serait donc que plus significative.

Eric Higgs aborde, dans son ouvrage *Nature by Design* (2003), le sujet de la restauration écologique comme processus pour réparer les dommages aux écosystèmes engendrés par les activités anthropiques. Il ne faut pas oublier que la perception de l'Homme envers l'environnement a changé plusieurs fois au fil des siècles. Si, depuis le début de l'ère industrielle, la nature est vue comme un élément à contrôler et à dominer, elle devrait maintenant

être plutôt perçue comme un lieu de coopération et d'intégration de l'humain aux systèmes naturels (Higgs, 2003 : 131-177; Hatvany, 2009 : 159-163). L'histoire nous a d'ailleurs montré que d'autres modèles d'utilisation de la nature ont déjà existé et que ces derniers s'avèrent parfois meilleurs pour l'Homme et pour la nature. L'être humain, bien qu'il puisse être un élément perturbateur de l'environnement, a la capacité de réfléchir à des façons de l'utiliser sans le détruire; il l'a déjà fait et plusieurs communautés le font encore aujourd'hui. Enfin, cette étude a démontré qu'il est parfois important de regarder dans le passé afin de répondre aux questions concernant l'avenir.

Bibliographie

- Bernatchez, P., Dubois J.-M.-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.
- (2008) « Seasonal quantification of coastal process and cliff erosion on fine sediment shorelines in cold temperate climate, north shore of the St. Lawrence maritime estuary, Québec », *Journal of Coastal Research*, 24, 1A : 169-180.
- Bertness, M.D. (1998) *The Ecology of Atlantic Shorelines*. Sunderland, Massachusetts: Sinauer.
- Bhiry, N., Cloutier, D., Couillard, L., Gervais, A., Lamarre, P., Normandeau, M. et Abdoul Ousmane, D. (2013) « Évolution des hauts marais de l'estuaire d'eau douce du Saint-Laurent et stratégies de protection des espèces en situation précaire dans une perspective de changements climatiques », Consortium Ouranos du Québec.
- Bibliothèque et archives nationales de Québec (BAnQ) (1781) *Marais de la baie de Kamouraska*. Carte de Jeremiah McCarthy. 1781.
- (1826) *Marais de la baie de Kamouraska*. Joseph Hamel. Carte.
- (1941) *Aboiteaux*. Photographie.
- (1980) *Baie de Kamouraska*. Photographie.
- Bouchard, V., Digaïre, F., Lefevre, J.-C., Guillon, L.-M. (1995) « Progression des marais salés à l'ouest du Mont-St-Michel entre 1984 et 1994 », *Mappemonde*, 4/1995 : 29-34.
- Bromberg, K.D. et Bertness, M. (2005) « Reconstructing New England salt marsh losses using historical maps », *Estuaries*, 28, 6: 823-832.
- Byers, S .E. et Chmura, G.L. (2007) « Salt marsh vegetation recovery on the bay of Fundy », *Estuaries and Coasts*, 30, 5: 869-877.
- Carson, R. (1962) *Silent Spring*. New York : Houghton Mifflin.
- Carreau, C. (2010) « Les marais intertidaux du Saint-Laurent : complexités et dynamiques naturelles et culturelles », Mémoire de maîtrise, Département de géographie, Université Laval.
- Cayer, D. (2013) « L'évolution des marais littoraux du Saint-Laurent : entre la croyance de linéarité et l'hypothèse de cyclicité », Conférence Internationale du Groupe d'Histoire

des Zones Humides. Québec, 26-29 août.

Centre GéoStat de l'Université Laval (2012) Mosaïque aérienne de 1929 de la province de Québec, F82, p.3.

Champagne, P., Denis, R. et Lebel C. (1983) *Établissement de modèles caractérisant l'équilibre dynamique des estrans de la rive sud du moyen estuaire du St-Laurent*, Rapport manuscrit canadien des sciences halieutiques et aquatiques no 1711. Québec : Ministère des Pêches et des Océans.

CNRS (2015) *La montée du niveau des mers*, Centre national de la recherche scientifique, adresse URL : http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosclim1/biblio/pigb19/03_montee.htm.

Commission mondiale des Nations Unies sur l'environnement et le développement (1988) *Notre avenir à tous (Rapport Brundtland)*, Édition du Fleuve, Paris.

Conseil consultatif sur l'environnement (1982) « Mémoire sur la conservation, la protection ou l'utilisation des battures du Québec », 13 février, BAnQ-Q E22, 2D017 02-01-001A-01.

d'Anglejan, B., Ingram, R. G. et Savard, J.-P. (1981) « Suspended-sediment exchanges between the St. Lawrence Estuary and a coastal embayment », *Marine Geology* 40: 85-100.

Dionne, J.-C. (2004), « Âge et taux moyen d'accrétion verticale des schorres du Saint-Laurent estuarien, en particulier ceux de Montmagny et de Sainte-Anne-de-Beaupré, Québec », *Géographie physique et Quaternaire*, 58, 1 : 73-108.

--- (2002) « Une nouvelle courbe du niveau marin relatif pour la région de Rivière-du-Loup (Québec) » *Géographie physique et Quaternaire*, 56, 1 : 33-44.

--- (1989) « An Estimate of Shore Ice Action in a Spartina Tidal Marsh, St. Lawrence Estuary, Québec, Canada », *Journal of Coastal Research*, 5, 2 : 281-293.

--- (1988) « Érosion récente des marais intertidaux de l'estuaire du Saint-Laurent, Québec », *Géographie physique et Quaternaire*, 40, 3 : 307-323.

--- (1985) « Tidal Marsh Erosion by Geese, St. Lawrence Estuary, Québec », *Géographie physique et Quaternaire*, 39, 1 : 99-105.

--- (1985) « L'érosion anthropique des marais intertidaux du Saint-Laurent », *Comptes rendus, Conférence canadienne du littoral, St-John's, Terre-Neuve*, 547-568.

--- (1969) « Tidal Flat Erosion by Ice at La Pocatière, St. Lawrence Estuary », *Journal of Sedimentary Petrology*, 39, 3 : 1174-1181.

- (1968) « Schorre morphology on the south shore of the St. Lawrence estuary », *American Journal of Science*, 266 : 380-388.
- Drapeau, G. (1992) « Dynamique sédimentaire des littoraux de l'estuaire du Saint-Laurent » *Géographie physique et Quaternaire*, 46, 2 : 233-242.
- Environment Agency, UK. 2005. « EES – Essex Estuarine Strategies ». *Climate Change*. Adresse URL : http://www.essex-estuaries.co.uk/climate_change.htm.
- Fillion, J.-P. (1982) « Kamouraska », Association des biologistes du Québec BIO..., 1, 3 : 43-46.
- Fleubec (1985) *Plantes sauvages de bord de mer*, Fleurbec, Québec.
- Ganong, W.F. (1903) « The Vegetation of the Bay of Fundy Salt and Dikes Marshes: An Ecological Study », *Botanical Gazette*, 36, 3: 161-186, 280-302, 349-367, 429-455.
- Gauthier, J., Lehoux D. et Rosa J. (1980) *Les marécages intertidaux dans l'estuaire du St-Laurent*. Québec : Environnement Canada, Service de la faune.
- Gauthier, M. (2011) « Écologie et répartition spatiale du genre atriplex sur le marais salé de la baie de Kamouraska », Mémoire de baccalauréat, Département de géographie, Université Laval.
- GIEC (2013) *Les changements climatiques 2013*, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, adresse URL : https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_FRENCH.pdf.
- Google Earth (2013) *Baie de Kamouraska*. 47°31'20.2"N 69°55'11.8"W, juillet 2009.
- Gosselink, J.G., Odum, E.P. et Pope, R.M. (1973) *The value of tidal marsh*. Urban and Regional Planning Program, College of Architecture, University of Florida.
- Gourde, G. (1980) *Les aboiteaux, comté de Kamouraska*. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Direction du génie, Québec.
- Hamel, A. (1963) « La récupération et la mise en valeur des alluvions maritimes du St-Laurent », *Agriculture*, XX, 3 : 77-83.
- Hamelin, L.-É., Letarte, J. (1966) « Glaces de rive et haut estran, Île d'Orléans, Canada, évolution depuis 1957 » *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, 3, 2 : 112-119.
- Hartig, E.K., Gornitz, V., Kolker, A., Mushacke, F., Fallon, D. (2002) « Antropogenic and climate-change impacts on salt marshes of Jamaica Bay, New York City », *The society of wetlands scientists*, 122, 1 : 71-89.
- Hatvany, M., Cayer, D. et Parent, A. « Interpreting Salt Marsh Dynamics: Challenging Scientific

Paradigms », *Annals of the Association of American Geographers*, en ligne août 2015: DOI: 10.1080/00045608.2015.1059172

Hatvany, M. (2014) « Growth and Erosion : A Reflection on Salt Marsh Evolution in the St. Lawrence Estuary using HGIS », in Jennifer Bonnell and Marcel Fortin, (eds) *Historical GIS in Canada*. Calgary University of Calgary Press « Canadian History & Environment » Series.

--- (2012) *Collection privée de photographies des aboiteaux de Kamouraska*. Département de géographie, Université Laval.

--- (2009) *Paysage de marais : Quatre siècles de relations entre l'humain et les marais de Kamouraska*. La Pocatière, Québec : Société historique de la Côte-du-Sud et Ruralys.

--- (2009b) « Wetlands and reclamation », dans Kitchin R., Thrift N., (eds) *International Encyclopedia of Human Geography*, 12 : 241-246. Oxford : Elsevier.

--- (1997) « Un paysage agraire original : les aboiteaux de Kamouraska », 64-65, dans Boudreau C., Courville S., Séguin N., (eds) *Atlas historique du Québec : Le territoire*. Sainte-Foy : Les Presses de l'Université Laval.

Higgs, E. (2003) *Nature by Design : People, Natural Processes and Ecological Restoration*. Cambridge : The MIT Press.

Johnson, E.A., Miyanishi, K. (2008) « Testing the assumptions of chronosequences in succession » *Ecology Letters*, 11 : 419-431.

Joubert, J.-É., Bachand, É. (2012) « Un marais en changement, caractérisation du marais salé de la baie de Kamouraska ». Rimouski, Québec : Comité ZIP du Sud-de-L'Estuaire.

Kirwan, M.L., Murray, A.B., Donnelly, J.P., Corbett, D.R., (2011) « Rapid wetlands extention during european settlements and its implication for marsh survival under modern sedimentdelivery rates », *Geological Society of America*, 39, 5 : 507-510.

Lavoie F. (1982) *Flore et faune des battures du Kamouraska*. Saint-André de Kamouraska.

Lucotte, M., d'Anglejan, B. (1986) « Seasonal Control of the Saint-Lawrence Maximum Turbidity Zone by Tidal-Flat Sedimentation », *Estuaries*, 9 (2) : 84-94.

Lelong, B., Lavoie, C., Jodoin, Y., Belzile, F. (2007) « Expansion pathways of the exotic common reed (*Phragmites australis*) : a historical and genetic analisys », *Diversity and Distribution*, 13 : 430-437.

Le Monde.fr (2015) « Comment la « marée du siècle » s'explique-t-elle ? »
adresse URL : http://www.lemonde.fr/planete/article/2015/02/20/qu-est-ce-qui-provoque-une-grande-maree_4580814_3244.html#iQmks4cfkvYXZz5u.99

Mathieu, K. (2008) « Évolution du marais de Kamouraska : l'effet de coincement », Essai de maîtrise, Programme de Biogéosciences de l'environnement, Département de géographie Université Laval.

McKee, K.L., Patrick W.H. Jr. (1988) « The relationship of smooth cordgrass (*Spartina alterniflora*) to tidal datums: a review », *Estuaries*, 11, 3: 143-151.

Meadows D., Meadows D., Randers J. et Behrens W.W. (1972) *Halte à la croissance*, New York, Universe Books.

Michaud, M. (1980) « Les aboiteaux de Kamouraska : influence sur le revenu brut agricole », BAnQ-Q E22, 2 D 017 02-01-001A-01.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte aux Changements Climatiques (2013) Développement durable. Gouvernement du Québec. Adresse URL : www.mddelcc.gouv.qc.ca.

Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources du Canada. 1948. Photographie aérienne de la baie de Kamouraska, A11660-290. 1 : 35 000. Photothèque Nationale de l'Air. Québec.

MRNF (Ministère des Ressources naturelles et de la Faune). 1974. Photographie aérienne de la baie de Kamouraska, Q74316 #94-95-96 et Q74313 #133-134-135. 1 : 15 000. Québec.

--- 1980. Photographie aérienne de la baie de Kamouraska. Q80116 #47, 48 et 117. 1 : 15 000. Québec.

--- 1985. Photographie aérienne de la baie de Kamouraska. Q85919 #141 à 144 et #147. 1 : 15 000. Québec.

--- 2001. Photographie aérienne de la baie de Kamouraska. Q01800-022-F07. 1 : 40 000. Orthophotographie. Québec.

Nations Unies (2013) *Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement*. Organisation des Nations Unies. Adresse URL : <http://www.un.org/french/events/rio92/rio-fp.htm#three>

--- (2013) *Action 21*. Nations Unies, Développement durable. Adresse URL : <http://www.un.org/french/ga/special/sids/agenda21/>

Observatoire de l'environnement de Poitou-Charentes (2015) *Slikke et schorre*. Adresse URL: http://www.environnement-poitou-charentes.org/spip.php?page=document&id_document=400

- Pêches et Océans Canada (2010) *Marais salés*. Gouvernement du Canada. Adresse
URL : www.mpo-dfo.gc.ca
- Poulin, P., Pelletier, É., Koutitonski, V.G., Neumeier, U. (2009) « Seasonal nutrient fluxes variability of northern salt marshes: examples from the lower St-Lawrence estuary », *Wetlands Ecological Management*, 17 : 655-673.
- Quintin, C., Bertnachez, P., Buffin-Bélanger, T. (2006) « Géomorphologie et diversité végétale des marais du Cap-Marteau et de l'Isle-Verte, estuaire du Saint-Laurent, Québec », *Géographie et physique du Quarternaire*, 60, 2 : 149-164.
- Schmouth, J.-D. (1874) « Mise en culture des terrains envahis par les eaux salées », texte non publié de 1874, réédition sous le titre « Endiguements ou aboiteaux », *La Gazette des Campagnes*, 15 septembre 1942, 152-154.
- Sérodes, J.-B. et Dubé, M. (1983) « Dynamique sédimentaire d'un estran à spartines (Kamouraska, Québec) », *Le Naturaliste canadien*, 110 : 11-26.
- Société d'aide au développement des collectivités de la Vallée de la Batiscan (2014) *Développement durable*. Adresse URL : <http://sadcvb.ca/developpement-durable/cest-quoi-le-developpement-durable/>
- Teal, J. et Teal M. (1962) « Energy flow in the salt marsh ecosystem of Georgia », *Ecology*, 43, 4: 614-624.
- USGS et NASA (2011). Photographie thermique Landsat-5 TM du marais de l'Île-aux-Coudres, LT50120272011229EDC00, Prise le 17 août 2011 à 15h14, UTM zone 19N, WGS 84, Virginie.
- Verger, F. (2011) « Digués et polders littoraux : réflexions après la tempête Xynthia », *Physio-Géo*, 5 : 95-105.
- (1968) *Marais et wadden du littoral français : étude de géomorphologie*
Bordeaux : Biscaye Frères.
- Xu, Z., Saucier, F.J. and Lefaivre, D. (2006) Water Level Variations in the Estuary and Gulf of St. Lawrence. Présentation au Understanding Sea-level Rise and Variability Workshop, 6-9 juin, Paris, France.