

## CHAPITRE VI

### TRANSGRESSION MARINE ET AJUSTEMENTS DES ENVIRONNEMENTS CÔTIERS

[MCours.com](https://www.mccours.com)

À l'image des provinces Maritimes, le plateau Madelinien, localisé au centre sud du golfe du Saint-Laurent, subit aussi la transgression marine des deux derniers millénaires. L'analyse des données marégraphiques des Îles-de-la-Madeleine et celle des différents indices de submersion recensés sur l'archipel nous permettent de confirmer l'hypothèse cette hausse du niveau marin relatif pour ce secteur. Cette transgression marine fera l'objet de la discussion dans cette première partie de chapitre.

Les variations du niveau marin relatif forcent un ajustement de la part des systèmes côtiers qui s'exprime de diverses façons sur les littoraux de l'archipel des Îles de la Madeleine tel que détaillées au chapitre précédent. Cette étude a permis d'identifier quatre scénarios d'ajustement des environnements terrestres côtiers qui font l'objet de la discussion dans la deuxième partie du chapitre.

## 6.1 La hausse du niveau marin relatif

Le littoral de l'archipel des Îles de la Madeleine expose de nombreux indices rappelant un niveau marin relatif inférieur à l'actuel, et ce, autant du côté marin que lagunaire. Les environnements terrestres ennoyés inventoriés et présentés dans la section 5.1 ont permis de dresser un portrait de la position du niveau marin relatif pour les deux derniers millénaires.

Alors que les environnements terrestres se développent au-dessus du niveau des pleines mers supérieures de grandes marées (PMSGM), il est intéressant de visualiser à la figure 6.1 qu'à l'exception du site de la plage du Bassin Ouest sur île de la Grande Entrée, la distribution altitudinale des souches de tous les sites se situe en partie ou totalement sous le niveau des PMSGM. L'on remarque aussi que la distribution altitudinale de l'ensemble des souches du cap à Isaac et du cap de l'Église, aussi situés sur l'île de la Grande Entrée, se situe sous le zéro géodésique. Le tableau 6.1 complète la figure 6.1 et permet de comparer les altitudes des souches pour chacun des environnements forestiers répertoriés sur l'archipel. Les plus basses ont été enregistrées au site de cap à Isaac (-0,45 m), au cap de l'Église (-0,36 m) et à la baie du Bassin, secteur nord-ouest (-0,34 m).

Un regard sur la position altitudinale du contact basal des séquences organiques a permis de quantifier la hausse du niveau marin pour les deux derniers millénaires. Le plus profond a été atteint à -3,10 m au site de la baie du Bassin (secteur nord-ouest) sur l'île du Havre Aubert, suivi par celui du site du cap à Isaac avec une altitude de (-1,05 m). Dans le premier cas, 3,74 m séparent la base du contact basal de la position de la ligne de rivage actuelle alors que 2,06 m les séparent au second site. Ces informations ont permis de cerner la hausse du niveau marin à 20,7 cm/siècle pour les deux derniers millénaires et à 17,9 cm/siècle pour le dernier millénaire (tableau 6.2).

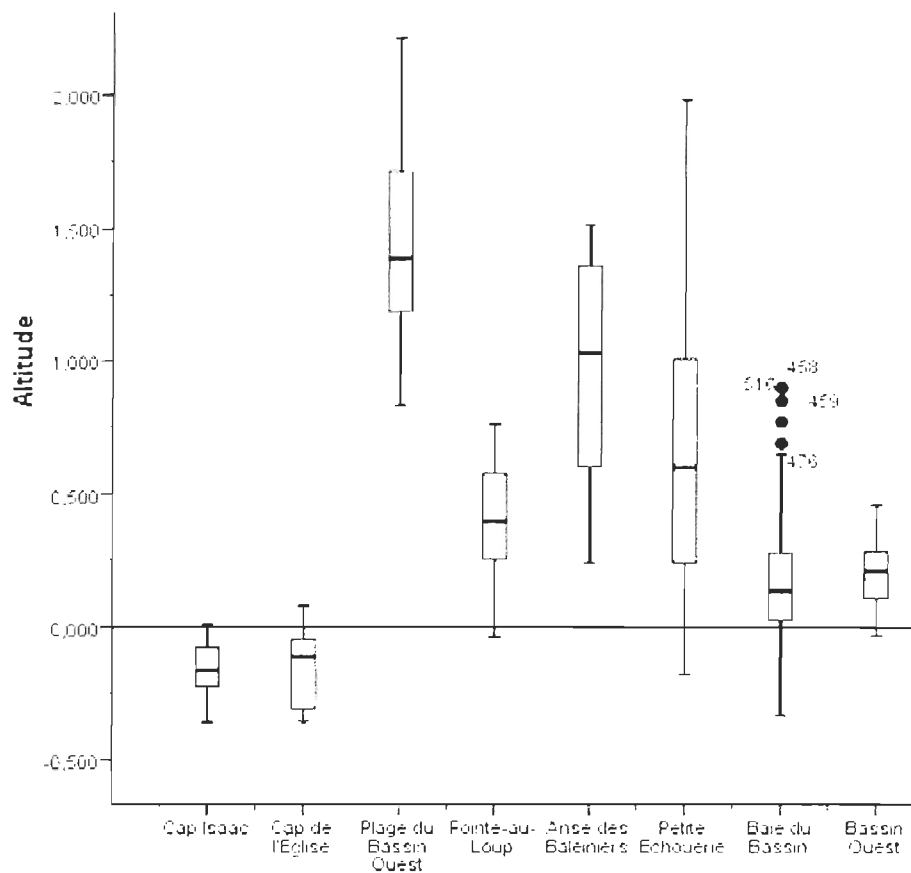


Figure 6.1 Comparaison des distributions altitudinales des souches relevées sur l'archipel des Îles de la Madeleine (altitude exprimée en mètre au-dessus du NMM)

Tableau 6.1 Compilation des altitudes relatives aux environnements forestiers submergés répertoriés sur l'archipel (altitude exprimée en mètre au-dessus du NMM)

Altitude des souches (m)	Cap à Isaac	Cap de l'Église	Plage du Bassin Ouest	Bassin aux Huitres	Anse aux Renards	Grand Barchois	La Petite Échouerie	Anse aux Baleiniers	Baie du Bassin	
									Secteur n-o	Secteur s-o
N	81	10	11	1	30		231	20	158	49
Min	-0,45	-0,36	0,83		-0,04		-0,18	0,24	-0,34	-0,03
Max	0,01	0,08	2,21		0,76		1,98	1,52	0,90	0,46
Moy	-0,15	-0,14	1,48	-0,07	0,40	0,56	0,66	0,99	0,17	0,20
Médiane	-0,16	-0,11	1,39		0,40		0,60	1,03	0,14	0,21
Contact basal	-1,05				-0,14	-0,47				-3,10

Tableau 6.2 Compilation des taux de submersion suggérés par les environnements forestiers ennoyés retrouvés sur l'archipel des Îles de la Madeleine

Site	Diff. alt. (m)	Différentiel calculé à partir de	Datation B.P.			Datation cal. B.P.			Datation cal. B.P. + 57 ans (2007)		
			Âge	Taux cm / siècle	Taux mm / an	Âge	Taux cm / siècle	Taux mm / an	Âge	Taux cm / siècle	Taux mm / an
<b>Cap à Isaac</b>											
Arbre (-0,28 m)	1,29	Ligne de rivage (1,01 m)	860 ± 15	15,0	1,5	761 ± 28	17,0	1,7	818	15,8	1,6
Horizon forestier (-0,82 m)	1,83	Ligne de rivage (1,01 m)	1135 ± 15	16,1	1,6	1023 ± 44	17,9	1,8	1080	16,9	1,7
<b>Cap de l'Église</b>											
Arbre (-0,13 m)	1,16	Ligne de rivage (1,03 m)	930 ± 15	12,5	1,3	853 ± 58	13,6	1,4	910	12,7	1,3
<b>Anse aux Renards</b>											
Arbre (0,10 m)	0,52	Limite inférieure végétation terrestre de l'arrière-côte (0,62 m)	625 ± 15	8,3	0,8	606 ± 50	8,6	0,9	663	7,8	0,8
<b>Grand Barachois</b>											
Racine (-0,18 m)	1,06	Ligne de rivage (0,88 m)	1140 ± 60	9,2	0,9	1080 ± 148	9,8	1,0	1137	9,3	0,9
<b>Plage de la Petite Échouerie</b>											
Arbre (0,56 m)	1,28	Ligne de rivage (1,84 m)	930 ± 20	13,8	1,4	854 ± 61	15,0	1,5	911	14,1	1,4
<b>Baie du Bassin, secteur nord-ouest</b>											
Contact basal (-3,10 m)	3,74	Ligne de rivage (0,64 m)	1885 ± 15	19,8	2,0	1811 ± 70	20,7	2,1	1868	20,0	2,0
Arbre (-0,16 m)	0,80	Ligne de rivage (0,64 m)	625 ± 15	12,8	1,3	606 ± 50	13,2	1,3	663	12,1	1,2
Idem	0,96	Environnement homologue (0,80 m)	625 ± 15	15,4	1,5	606 ± 50	15,8	1,6	663	14,8	1,5
Sommet unité forestière (-0,31 m)	0,33	Ligne de rivage (0,64 m)	120 ± 15	27,5	2,8	144 ± 123	22,9	2,3	201	16,4	1,6
Idem	0,49	Environnement homologue (0,80 m)	120 ± 15	40,8	4,1	144 ± 123	34,0	3,4	201	24,4	2,4

Le tableau 6.2 permet de comparer les taux de submersion suggérés pour chacun des sites présentant un environnement forestier ennoyé. L'on remarque que le taux de submersion varie en fonction de l'échelle de temps. Rappelons que les taux générés en comparant la position altitudinale de l'environnement submergé à son environnement homologue

contemporain devraient refléter le mieux la réalité de la submersion marine. Les taux générés à partir de la position de la ligne de rivage indiquent des taux minimaux de submersion étant donné que les environnements forestiers s'établissent au-delà de cette limite.

Voici en résumé la tendance de la hausse du niveau marin relatif tirée de nos résultats. À l'échelle des deux derniers millénaires, la hausse du niveau marin relatif a été de 20,7 cm/siècle (2,1 mm/an) tel que proposé par l'information recueillie au site de la baie du Bassin. À l'échelle du dernier millénaire, le taux de submersion réduit pour atteindre 17,9 cm/siècle (1,8 mm/an) (cap à Isaac), puis réduit encore à 15,8 cm/siècle (1,6 mm/an) pour les 600 dernières années (baie du Bassin). Une accélération de la hausse s'opère ensuite pour atteindre 24,4 cm/siècle (2,4 mm/an) à l'échelle des 200 dernières années et pour enfin atteindre 34,4 cm/siècle (3,5 mm/an) pour le dernier siècle tel que suggéré par les enregistrements marégraphiques.

La présence de souches datant du dernier millénaire et localisées dans la zone intertidale a aussi été rapportée dans les Maritimes, plus spécifiquement dans le sud de golfe du Saint-Laurent. Rappelons le site de Nicholas Point situé au sud de l'Île-du-Prince-Édouard rapporté par FRANKEL et CROWL (1961) et celui de Cape Spear (Nouveau-Brunswick), rapporté par GRANT (1970a), qui lui fait face sur la rive sud du détroit de Northumberland. Tel que présenté au chapitre 2, la présence de ces souches et autres environnements terrestres ennoyés ont permis d'établir des taux de submersion spatialement variés pour la région des Maritimes. Le tableau 6.3 rapporte ici spécifiquement les taux relatifs à la région du sud du golfe du Saint-Laurent et à l'échelle des deux derniers millénaires.

Tableau 6.3 Compilation des taux de submersion rapportés dans la littérature pour le sud du golfe du Saint-Laurent à l'échelle des deux derniers millénaires

Région	Datation B.P. / Période	Taux (cm) / siècle (tendance linéaire)	Références
Côtes du sud du golfe du Saint-Laurent et de la côte atlantique	1 000-2 000	15 (min)	Grant, 1970a
<b>Nouveau-Brunswick</b>			
Cape Spear	930 ± 130	12,9	Grant, 1970a
<b>Nouvelle-Écosse</b>			
Wallace Basin	1 510 ± 145	12,3	Scott <i>et al.</i> (1987b)
<b>Île du Prince-Édouard</b>			
Nicholas Point	915 ± 90	16,4 à 26,2	Frankel et Crowl (1961); Scott <i>et al.</i> (1981)
Orwell Bay	900	13,7	Scott <i>et al.</i> (1981)
<i>Idem</i>	1 800	14	Scott <i>et al.</i> (1981)
Basin Head Harbour	1 060	3,6 à 10,4	Scott <i>et al.</i> (1981)
Pisquid	2 100	19	Scott <i>et al.</i> (1981)

Il est d'abord intéressant de constater que le taux de 20,7 cm/siècle pour les deux derniers millénaires enregistré au site de baie du Bassin et similaire à celui de 19 cm/siècle pour les 2 100 dernières années rapporté par SCOTT *et al.* (1981) pour le site de Pisquid, situé au nord-est de l'Île-du-Prince-Édouard. À la même échelle de temps (1800 ans B.P.), le site de Orwell Bay sur la face sud de l'Île-du-Prince-Édouard indique un taux de l'ordre de 14 cm/siècle (SCOTT *et al.*, 1981). Ce taux est encore inférieur au site de Wallace Basin (12 cm/siècle) sur la rive sud du détroit de Northumberland. Sur la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse, le site de Chezzetcook évoque un taux légèrement supérieur pour les 2 000 dernières années (22 cm/siècle) d'après SCOTT *et al.* (1995a) et GEHRELS *et al.* (2004) (voir tableau 2.1). La variabilité des taux reflètent la variabilité régionale des ajustements glacio-isostatiques (SCOTT *et al.*, 1981).

À l'échelle du dernier millénaire, nos résultats proposent une décélération du taux de submersion passant de 17,9 cm/siècle (1,8 mm/an) à 15,8 cm/siècle (1,6 mm/an) pour les 600 dernières années. Cette fourchette de taux se trouve toujours sous les taux enregistrés au site de Chezzetcook, situé sur la face atlantique de la Nouvelle-Écosse (20 cm/siècle) mais

supérieure à ceux enregistrés à Wallace Basin, au sud du détroit de Northumberland (12 cm/siècle) (voir tableau 2.1). Ils s'avèrent encore supérieurs au taux millénaire de Orwell Bay (13,7 cm/siècle), situé au sud-est de l'Île-du-Prince-Édouard (SCOTT *et al.*, 1981). Ces informations signifient qu'à l'échelle du dernier millénaire, les Îles-de-la-Madeleine ont vécu une submersion marine supérieure (environ 4 cm/siècle) à la région sud-est du golfe mais inférieure (environ 4 cm/siècle) à celle de la côte est atlantique.

À l'échelle du dernier siècle, la hausse du niveau marin se fait toujours sentir, cette fois à un taux qui grimpe à 3,5 mm/an pour la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle (1964-2010). Le taux exprimé par les enregistrements marégraphiques de Cap-aux-Meules se rapproche de celui observé dans le secteur nord-ouest de la baie du Bassin sur l'île de Havre Aubert (3,4 mm/an) proposé par l'ennoisement de l'environnement forestier datant d'environ 200 ans cal. B.P. Le site de Havre Aubert est le seul site ayant fourni une datation à l'échelle du dernier siècle permettant une comparaison avec les données enregistrées par le marégraphe de Cap-aux-Meules.

Il est aussi intéressant de mentionner que l'accrétion verticale de 17 cm du marais maritime abrité dans le secteur nord-ouest de la baie du Bassin correspond de près à la hausse du niveau marin de 16,7 cm enregistrée par le marégraphe de Cap-aux-Meules entre 1964 et 2010. Cette accrétion semble être directement liée à la hausse enregistrée pour la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle. Notons que cette observation a aussi été rapportée par CLARK et PATTERSON (1985) dans une étude sur le développement des marais maritimes.

La hausse du niveau marin relatif de 3,5 mm/an dévoilé par les enregistrements marégraphiques de la station de Cap-aux-Meules entre 1964 et 2010 s'avère comparable à celle de Charlottetown qui s'élève à 3,3 mm/an pour le dernier siècle (1905-2003) tel que proposé par KOOZHARE *et al.* (2008) (voir tableau 2.3). Notons que le marégraphe de Rustico, localisé sur la face nord de l'Île-du-Prince-Édouard, indique une hausse de l'ordre de  $3,92 \pm 0,68$  mm/an pour la période 1972-1996 alors que celui de Halifax, sur la face

atlantique de la Nouvelle-Écosse, exprime un taux de submersion de  $3,27 \pm 0,05$  mm/an (1919-2003) (KOOZHARE *et al.*, 2008).

Bien sûr, l'ajout des données archivées sur les microfilms de 1959 à 1963 pour la station de Cap-aux-Meules fournirait une séquence mieux pourvue à l'analyse réalisée ce qui permettrait d'allonger la série de données à analyser et de compléter la série des années 1960. Ces informations sont d'autant plus intéressantes qu'elles couvrent quelques mois datant de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle (voir tableau 4.1).

Ainsi, l'archipel des Îles de la Madeleine serait aussi dans la zone de forte subsidence liée à l'ajustement glacio-isostatique postglaciaire, tel que mentionné par Dubois depuis 1992. Si l'on se fie aux travaux de CHURCH *et al.* (2004) qui ont estimé la hausse mondiale du niveau marin à environ 17 cm pour le dernier siècle, la subsidence dans ce secteur s'élèverait à 18,5 cm pour le dernier siècle.

## 6.2 Comment s'exprime la transgression marine sur les côtes

### 6.2.1 Le développement récent de marais dans les lagunes

Les marais côtiers seraient les types de côte les plus sensibles aux changements climatiques (BERNATCHEZ et DUBOIS, 2004). Leur évolution est conditionnée par un grand nombre de processus (le sapement par les vagues et les courants de marée, l'affouillement et l'arrachement par les glaces littorales, les processus cryogéniques, la dessiccation et les activités anthropiques et biologiques) (BERNATCHEZ et DUBOIS, 2004) mais aussi par la position du niveau de la mer (STEVENSON *et al.*, 1986; ORSON *et al.*, 1985; REED, 1990, 1995; PASKOFF, 1998). Lorsque les conditions le permettent, l'accrétion verticale du marais suivra le rythme de la hausse du niveau de la mer (CLARK et PATTERSON, 1985; DELAUNE *et*



*al.*, 1983, 1986). Dans le cas contraire, le marais sera submergé, entraînant la perte d'habitat qui lui est associé.

Les côtes de l'archipel exhibent plusieurs sites où les marais maritimes dissimulent les vestiges d'un environnement forestier qui évoluaient jadis dans des secteurs hors d'atteinte par les eaux saumâtres de celle-ci. Ces marais se sont développés récemment tel qu'observé au site de la baie du Bassin. La présence d'environnement terrestre forestier couvert par une unité de marais maritime contemporaine s'observe aux sites de bassin aux Huîtres et de Old Harry sur l'île de la Grande Entrée, au site du Grand Barchois sur l'île du Havre aux Maisons et au site de baie du Bassin sur l'île du Havre Aubert. Ces marais évoluent tous à l'intérieur des lagunes, à l'abri des assauts de la mer et au gré des battements de marée. Étant donné le faible développement du réseau de drainage pour alimenter ces marais en sédiments, leur évolution est essentiellement commandée par les conditions propres au milieu lagunaire. L'accrétion verticale des marais est possible lorsque la sédimentation minérale et organique suit la hausse du niveau de la mer (PASKOFF, 1998). Les conditions en milieu lagunaire sont tout à fait appropriées à l'accumulation de sédiments fins.

Le site de baie du Bassin fournit quelques éléments d'interprétation afin de mieux cerner le développement récent de marais maritime en milieu lagunaire (section 5.1.6.1). Nous y avons observé que l'enneigement de l'environnement forestier s'est fait au profit du développement d'un marais maritime. La datation de  $144 \pm 123$  ans cal. B.P. fournie par le sommet de l'unité forestière nous situe dans le temps à savoir que le développement du marais est récent et date tout au plus de deux siècles. Rappelons aussi que la base du marais a fourni une datation moderne et que l'accrétion verticale du marais (17 cm) correspond de près à la hausse enregistrée par le marégraphe de Cap-aux-Meules (16,7 cm entre 1964 et 2010).

Il existe peu de données sur l'accrétion verticale des marais dans l'est du Canada à l'exception de récentes recherches dans la baie de Fundy (DIONNE, 2004). À l'abri au creux de la baie de Fundy, SHAW et CEMAN (1999) ont rapporté une accrétion verticale d'un marais suivant la hausse du niveau marin au site d'Amherst Point en Nouvelle-Écosse. De leur côté,

CHMURA *et al.* (2001) rapportent le même constat, comme quoi les taux d'accrétion des marais correspondent de près aux enregistrements marégraphiques. Sur la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse, le site de Chezzetcook a aussi enregistré le développement récent d'un marais abrité (JENNINGS *et al.*, 1993).

Dans le secteur du Grand Barachois, situé dans la lagune du Havre aux Maisons, un lambeau de marais localisé au creux de l'anse demeure l'unique indice de son établissement passé. De toute évidence, ce marais s'est développé postérieurement à l'établissement d'un environnement forestier tel qu'en témoigne la présence de racines et de souches sous l'interface du bas estran. Dans ce cas, le contexte géomorphologique de la côte peut expliquer la disparition du marais. La présence d'une falaise rocheuse derrière le marais n'a pas permis le déplacement de celui-ci (coastal squeeze). À l'image du site du Grand Barachois sur l'île du Havre aux Maisons, il est possible que d'autres vestiges de marais maritimes aient disparu sous les effets imputables à la hausse actuelle du niveau marin et aux facteurs érosifs qui en découlent. De plus, les marais des Îles-de-la-Madeleine sont généralement peu épais en raison de faibles apports en sédiments fins et reposent souvent directement sur une unité sableuse, de sorte qu'ils sont très sensibles aux variations du niveau marin relatif.

### 6.2.2 La paludification des environnements forestiers côtiers

Lorsque les secteurs de faible dénivelé ne sont pas envahis par les eaux marines au profit du développement de marais maritimes, les microfalaises taillées par l'érosion côtière exposent une modification des environnements terrestres, affichant un passage net entre le domaine forestier et l'établissement d'une tourbière à éricacées puis à sphaigne. Ce phénomène, mieux connu sous le nom de paludification, fait référence à l'enneigement progressif d'un environnement forestier au profit de l'établissement d'une végétation tolérant les nouvelles conditions édaphiques du milieu. Par définition, la paludification se résume à une accumulation de matière organique, par exemple la tourbe, occasionnée par une augmentation

de l'humidité du sol et par la colonisation par les sphaignes (LAVOIE *et al.* 2005). Le phénomène, aussi appelé entourage, se produit principalement dans les environnements de pente faible caractérisés par un mauvais drainage et mène notamment à la conversion de peuplement forestier en tourbière (PAYETTE et ROCHEFORT, 2001 ; LAFLEUR, 2010).

La paludification d'environnements forestiers a été observée aux sites du cap de l'Église et de la plage du Bassin Ouest sur l'île de la Grande Entrée, de l'anse aux Renards sur l'île de Pointe-aux-Loups et à l'anse aux Baleiniers sur l'île du Cap aux Meules. Ces forêts, toutes localisées à proximité de la côte, ont été ennoyées, non pas par les eaux marines mais bien par les eaux du domaine terrestre. Ainsi, elles ont subi de manière indirecte la hausse du niveau marin. Rappelons d'abord que le contexte topographique dans lequel s'insère la colonisation de ces forêts fait référence à des vallées creusées dans le grès qui sont reliées à la mer ou encore à l'eau des lagunes. En zone littorale, la hausse du niveau marin affecte de deux façons les environnements côtiers. D'une part, en occasionnant la migration de la ligne de rivage vers l'intérieur des terres et d'autre part en forçant la nappe phréatique à s'élever afin de maintenir l'équilibre hydrostatique (NUTTLE et PORTNOY, 1992).

### 6.2.3 Dégradation récente des bordures forestières

Plusieurs secteurs côtiers présentent actuellement des bordures forestières en dépérissement dans les Maritimes, le golfe du Saint-Laurent et la côte est des États-Unis (ROBICHAUD et BÉGIN, 1997; BÉGIN *et al.*, 1989; CLARK, 1986). Dans un contexte de transgression marine, ces environnements forestiers positionnés en zone côtière subissent de nouvelles conditions de croissance et se retrouvent plus fréquemment immergés dans les eaux saumâtres par l'action combinée des vagues et des marées de hautes eaux, et se retrouvent aussi plus fréquemment perturbées par les poussées glacielles. De telles conditions se traduisent par « *la progression lente d'un front de mortalité suivant le déplacement de la zone d'influence littorale vers l'intérieur des terres* » (BÉGIN *et al.*, 1989). C'est ainsi que la transgression des

eaux marines joue un rôle sur l'évolution du milieu forestier côtier en modifiant les conditions de drainage des sols supra-riverains, ce qui a notamment pour effet de diminuer la croissance secondaire des arbres et de limiter la régénération forestière suite à une perturbation due aux feux et aux épidémies.

Aux Îles-de-la-Madeleine, la dégradation des bordures forestières liée aux assauts de la mer s'observe essentiellement du côté lagunaire tel que recensé à la baie de Old Harry et dans la baie du Bassin. À l'heure actuelle, les agents évolutifs côtiers continuent leur travail dans un contexte de hausse du niveau marin et d'hivers caractérisés par une courte période de couverture de glace et une augmentation de la fréquence des cycles de gel-dégel (BERNATCHEZ *et al.*, 2008). Tel que présenté au chapitre 5, le secteur de la baie de Old Harry signe un portrait distinctif exposant tous les stades d'une frange forestière en submersion. Alors que l'horizon organique et les souches localisées dans la zone intertidale rappellent une époque où le niveau de la mer était inférieur à l'actuel, la frange forestière dévitalisée témoigne des processus actuels de submersion. Rappelons que, dans ce secteur, la frange forestière bordière est inondée à marée haute et que, dans le secteur à basse falaise rocheuse, le sapement basal par les vagues vient déchausser l'horizon forestier qui bascule vers la mer. Le portrait observé à la baie de Old Harry ressemble de près à celui rapporté par ROBICHAUD et BÉGIN (1997) dans leur étude au Nouveau-Brunswick, portant sur le déclin d'une forêt bordière en réponse à la progression de la zone de perturbation vers l'intérieur des terres en lien avec la hausse du niveau marin. Ainsi, la dégradation de la marge forestière s'opère, d'une part, sous les effets directs de la proximité de la mer (embruns, érosion par les vagues et forts vents lors des événements de tempête) et, d'autre part, sous l'effet de la hausse de la nappe phréatique qui accompagne la hausse du niveau marin. À ce sujet, ROBICHAUD et BÉGIN (1997) ont repéré des impacts jusqu'à 450 m du littoral près de Shediac, au Nouveau-Brunswick.

#### 6.2.4 La migration de la crête de plage

La crête de plage, aussi nommée cordon de plage, est une accumulation de matériel grossier (sable, gravier, galets) déposé sur le haut de la plage sous l'action des vagues, à l'endroit du niveau atteint par les hautes eaux (LEATHERMAN, 1979). Les crêtes qui persistent dans le paysage sont ceux déposés au-delà de la limite atteinte par les pleines mers supérieures de grande marée (PMSGM), les autres étant lessivées par l'action des marées. Sous l'effet répété des événements de tempête, et particulièrement dans un contexte de hausse du niveau marin relatif, ce cordon peut migrer vers l'intérieur des terres (HÉQUETTE et RUZ, 1986). On parlera alors d'un cordon transgressif témoignant de l'invasion du domaine terrestre par la mer. Il est à noter que la migration des cordons de plage ne s'opère pas nécessairement en contexte de transgression marine tel que démontré par CARTER et ORFORD (1984). Le phénomène de la migration des cordons par le processus répétés de débordements de tempête a été étudié autant sur les côtes de gravier et de matériel grossier que sur les côtes sableuses (CARTER et ORFORD, 1981; ORFORD et CARTER, 1982, 1985; HÉQUETTE et RUZ, 1986; DAGNEAU, 2002).

Selon ORFORD et CARTER (1982, 1985), la formation d'un cordon transgressif est conditionnée par la présence d'une rampe de déferlement sur le haut estran, un plan incliné qui permet au jet de rive d'atteindre la zone supra-tidale et d'y déposer le matériel de plage par perte de compétence, participant du coup à l'accrétion verticale du cordon. Pour atteindre la zone supra-tidale, des conditions de hautes mers sont nécessaires. On parlera ainsi d'événements de surcote. La surcote peut être liée à une période de pleines mers supérieures de grande marée (PMSGM), à un événement de tempête ou de basse pression lié à un système dépressionnaire, à une période prolongée de vents forts en direction de la côte ou encore à la conjugaison de l'ensemble de ces conditions. La sédimentation peut d'abord prendre la forme de lobes, lobes qui à force de répétitions formeront un cordon. Ainsi, sa position témoigne de la limite atteinte par les eaux lors d'événement de submersion. À force de répétition et dans un contexte de transgression marine, les événements de surcote pénètrent de plus en plus profondément sur le domaine terrestre faisant migrer le cordon de

plage vers l'intérieur des terres. Cette migration du cordon littoral vers l'intérieur des terres vient donc à enfouir progressivement le domaine terrestre à l'arrière-côte. Ultiment, la poursuite du phénomène viendra découvrir ce sol enfoui dans la zone de battements de marée.

Ce phénomène a été observé dans les lagunes du bassin aux Huîtres (île de la Grande Entrée) et de la baie du Bassin (île du Havre Aubert) mais aussi du côté marin au site du cap à Isaac (île de la Grande Entrée), sur la plage de la Pointe de l'Est (île de l'Est) et aux sites de la plage de Petite Échouerie et l'anse aux Étangs (île du Cap aux Meules). Dans ces secteurs de faible dénivelé, particulièrement dans les lagunes mais aussi du côté marin, on peut observer la formation d'un cordon de sable ou de gravier qui migre sur la basse terrasse. Ce cordon a pour effet de contraindre l'écoulement des eaux de surface à l'arrière-côte, occasionnant l'inondation de l'arrière-côte. Au fur et à mesure que le cordon migre sur le domaine terrestre, les souches de l'arrière-côte se retrouvent exposées, toujours en position de vie, sur le haut estran et éventuellement sur le bas estran. Au site du cap à Isaac (île de la Grande Entrée), le cordon littoral isole une petite lagune. La migration du cordon de plage y a entraîné une perte en superficie de plus de 60 % de la lagune entre 2001 et 2008 (section 5.1.1.1).

Les profils topographiques réalisés sur l'archipel nous ont permis d'obtenir l'altitude atteint par les eaux marines lors d'évènements de submersion (tableau 6.4). L'on remarque que les eaux atteignent leur maximum au site de la plage de la Petite Échouerie, sur la face sud-est de l'île du Cap aux Meules avec 2,99 m au-dessus du NMM (0,7 m).

Tableau 6.4 Compilation des niveaux atteints par les eaux lors d'évènements de submersion aux Îles-de-la-Madeleine (altitude exprimée en mètre au-dessus du NMM)

Exposition	Site	Niveau atteint (m)
Mer	Plage du Bassin Ouest	1,32
	Plage de la Petite Échouerie	2,99
	<i>idem</i>	2,83
	<i>idem</i>	2,86
	Anse aux Étangs	1,76
	<i>idem</i>	1,46
	<i>idem</i>	1,30
	<b>moyenne</b>	<b>2,08</b>
Lagune	Anse aux Renards	0,89
	Baie du Bassin, secteur nord-ouest	0,74
	Baie du Bassin, secteur sud-ouest	1,04
	<i>idem</i>	1,02
	<b>moyenne</b>	<b>0,92</b>

Il faut mentionner que les évènements de surcote sont aussi à l'origine de la formation de brèches de tempête. Selon HÉQUETTE et RUZ (1986) le cordon littoral connaîtra une accrétion verticale tant que la lame d'eau montante pourra s'infiltrer dans le substrat de la crête par percolation. Lorsque cette dernière sera saturée en eau, « *le jet de rive franchira la crête en l'entaillant, lessivera les sédiments et les entraînera vers l'intérieur où ils se déposeront en s'étalant en éventail* » (HÉQUETTE et RUZ, 1986, p. 200). La présence de lagune à l'arrière-côte participe à la saturation en eau du sol facilitant le phénomène de brèches de tempête.

Les indices retrouvés le long du littoral de la plage de la Pointe de l'Est témoignent du dynamisme de la zone littorale à l'heure actuelle. Le rapide recul de la ligne de rivage est certifié par la présence d'arbres complets et en position de vie exposés par la dune tronquée par l'érosion et ceux dressés sur le haut estran ayant fourni une datation moderne. La présence d'unités organiques appartenant à l'arrière-côte localisées dans la zone de battement de marée et ayant aussi fourni une datation moderne va dans le même sens. Nos résultats fournissent les premières datations réalisées dans le secteur.

Rappelons qu'une dynamique de recul de la dune s'observe aussi au sud de l'archipel tel que proposé par l'horizon organique découvert dans la zone de battement de marée sur la plage du Havre, île du Havre Aubert (section 5.1.6.3).